

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/283018235>

Study of Semantic Web in Embedded Devices for Internet of Things (IoT)

Conference Paper · October 2015

CITATIONS

0

READS

239

4 authors:



Mayka Lima

Instituto Federal Sergipe

10 PUBLICATIONS 65 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Wanderson Roger Azevedo Dias

Instituto Federal Sergipe

35 PUBLICATIONS 56 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Admilson Ribeiro

Universidade Federal de Sergipe

13 PUBLICATIONS 23 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Edward David Moreno Ordenez

Universidade Federal de Sergipe

138 PUBLICATIONS 175 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Uma Revisão Da Fog Computing e Seus Desafios de Pesquisas [View project](#)



Security in Embedded Systems with SIP Protocol [View project](#)

ESTUDO DA WEB SEMÂNTICA EM DISPOSITIVOS EMBARCADOS PARA INTERNET DAS COISAS (IOT)

Mayka de Souza Lima

Departamento de Computação (DCOMP) – Universidade Federal de Sergipe (UFS)
maykalima@hotmail.com
<http://lattes.cnpq.br/4540312796926633>

Wanderson Roger Azevedo Dias

Departamento de Computação (DCOMP) – Universidade Federal de Sergipe (UFS)
wanderson.dias@ifs.edu.br
<http://lattes.cnpq.br/3742491905469878>

Admilson de Ribamar Lima Ribeiro

Departamento de Computação (DCOMP) – Universidade Federal de Sergipe (UFS)
admilson@ufs.br
<http://lattes.cnpq.br/0659299380542839>

Edward David Moreno

Departamento de Computação (DCOMP) – Universidade Federal de Sergipe (UFS)
edwdavid@gmail.com
<http://lattes.cnpq.br/8377190526783442>

RESUMO

A Web semântica é uma nova maneira de atribuir um significado ao conteúdo da Web com um vocabulário. Atualmente existem várias pesquisas a respeito da construção de ontologias ou vocabulários que visam à interoperabilidade entre dispositivos heterogêneos servindo diversos domínios de aplicação: adaptáveis, sensíveis ao contexto, autônomicas, com descoberta e gerenciamento de dispositivos, escaláveis e que possuam gerenciamento de grandes volumes de dados. Alguns esforços podem ser vistos em pesquisas em relação à utilização dos vocabulários semânticos em serviços da Web, demonstrando alguns problemas que persistem na detecção clara destes serviços. Os dispositivos embarcados interligados na Internet necessitam buscar conteúdos mais eficazes. Para realizar esta busca foi necessário analisar alguns trabalhos que utilizam a Web semântica a partir de um vocabulário capaz de interagir com os diversos dispositivos embarcados conectados na IoT. Sendo assim, este artigo apresenta um estudo da Web semântica em diferentes aplicações nos dispositivos embarcados que se conectam às aplicações ou coisas na Internet, assim como disseminar um vocabulário semântico para dispositivos embarcados baseados em arquitetura ARM e no arduino, e realizar uma simulação utilização a aplicação Contiki. Com isso, realizar um comparativo das principais características dos trabalhos relacionados com a Web semântica, vocabulário e dispositivos embarcados.

PALAVRAS-CHAVE: web semântica; Internet; embarcados; vocabulário.

STUDY OF SEMANTIC WEB IN EMBEDDED DEVICES FOR INTERNET OF THINGS (IOT)

ABSTRACT

The Semantic Web is a new way to assign a meaning to web content with a vocabulary. Currently there are several research into the construction of ontologies and vocabularies aimed at



interoperability between heterogeneous devices serving different application areas: adaptive, context-sensitive, autonomic, with discovery and device management, scalable and that have managing large volumes of data . Some efforts can be seen in research on the use of semantic vocabularies in Web services, demonstrating some problems persist in the clear detection of these services. Embedded devices interconnected on the Internet need to search for more effective content. To perform this search was necessary to analyze some works that use the Semantic Web the left of a vocabulary able to interact with the various embedded devices connected to the IoT. Thus, this paper presents a semantic web study in different applications in embedded devices that connect to applications or things on the Internet, as well as disseminating a semantic vocabulary for embedded devices based on ARM architecture and Arduino, and perform a simulation using the Contiki application. With this, perform a comparison of the main features of the work related to the Semantic Web, vocabulary and embedded devices.

KEYWORDS: semantic web; Internet; embedded; vocabulary.

INTRODUÇÃO

A *Web* armazena uma enorme quantidade de dados e informações criadas por diferentes organizações, comunidades, usuários e outros, oferecendo assim uma variedade de serviços como comércio, turismo, notícias, ensino, movimentações bancárias e etc. Este rápido crescimento torna cada vez maior a quantidade de páginas indisponíveis, devido aos acessos simultâneos dificultando em alguns momentos a localização destas informações na rede.

Apesar de algumas deficiências, como a resposta de um conteúdo pesquisado com maior clareza, a *Web* possui um papel importante para a sociedade como um todo, e seu desenvolvimento contínuo constitui um desafio para a comunidade científica. De acordo com Lima (2004), o esforço na tentativa de integrar o entendimento semântico das informações ocorrerá o mais breve possível. Desta forma, várias iniciativas são buscadas por intermédio da criação de padrões, arquitetura de metadados, serviços de inferências e ontologias, sendo uma melhor forma de tornar as informações processáveis pelas máquinas.

Para entender melhor os conceitos abordados dentro da *Web* semântica, deve-se compreender que uma ontologia é um documento ou um arquivo onde estão definidas formalmente as relações entre os conceitos. Uma das definições mais conhecidas para ontologias é apresentada por Gruber (2009, p. 199) entende que:

Uma ontologia é uma especificação explícita de uma conceitualização. [...] Em tal ontologia, definições associam nomes de entidades no universo do discurso (por exemplo, classes, relações, funções, etc. com textos que descrevem o que os nomes significam e os axiomas formais que restringem a interpretação e o uso desses termos) [...]. Ou seja, ontologia é uma descrição (como uma especificação formal de um programa) dos conceitos e relacionamentos que podem existir para um agente ou comunidade de agentes.

Logo, é considerada como uma taxonomia formada de classes e subclasses de objetos relacionados entre si e com mais de um conjunto de regras de inferência que podem utilizar uma linguagem como a DAML (*DARPA Agent Mark-up Language*) desenvolvida como ontologia e

inferência baseada em RDF (*Resource Description Framework*), conforme descrito em Lima (2004).

Esta arquitetura da *Web* semântica está incorporada no paradigma da IoT, visto que todas as camadas devem ser implementadas para que as tecnologias possam criar redes de "coisas inteligentes" que são encontradas no mundo físico, como tecnologias que tornam a IoT realizável, como a RFID (*Radio Frequency Identification*), WSN (*Wireless Sensor Network*) e WSAN (*Wireless Sensor and Actuator Network*).

Existe uma tendência em tratar a IoT em WoT (*Web das Coisas*), nos quais os padrões abertos da *Web* são empregados para prover o compartilhamento de informação e a interoperabilidade entre dispositivos, tendo alguns motivos que favorecem a WoT, como: a tecnologia integradora dos serviços *Web* que tem se mostrado indispensável na criação de aplicações distribuídas interoperáveis para Internet; coisas inteligentes (*smart things*), com servidores *Web* incorporados, que podem ser abstraídas como serviços *Web* e perfeitamente integradas em dispositivos embarcados.

O aumento da utilização de aplicações na *Internet* favorece para que diversas pesquisas sejam realizadas com aplicações integradas a sistemas embarcados. Assim, são necessários que sejam criados vocabulários semânticos que interajam com a *Web* e possam oferecer esta integração. Portanto, o objetivo deste artigo é apresentar um vocabulário semântico na utilização da *Web* semântica em dispositivos embarcados. Demonstrar que este vocabulário pode ser criado pela ferramenta Protegé e posteriormente testado numa simulação com o Contiki para sistemas embarcados e assim realizar a conexão destes com as aplicações das "coisas" através de API robustas. Além de processar o conteúdo semântico de forma rápida e também de efetuar buscas dos resultados com maior eficiência.

O restante do artigo está organizado em seis seções sendo: a Seção 2 apresenta uma fundamentação teórica dos conceitos necessários ao entendimento do trabalho, a Seção 3 apresenta os trabalhos correlatos, na Seção 4 é abordado a proposta de uma nova semântica. Já na Seção 5 os resultados analisados nos trabalhos correlatos. E por fim as conclusões com sugestões de trabalhos futuros são apresentadas na Seção 6.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção são apresentados os principais conceitos empregados na utilização da *Web* semântica no funcionamento dos dispositivos embarcados para *Internet* das coisas. A presença generalizada de coisas e objetos que nos rodeiam e que são capazes de interagir refere-se a este conceito de *Internet* das coisas (IoT). Esta tecnologia ainda não alcançou a consciência das massas, mas, que tem vida longa.

O domínio tecnológico da IoT é construído por objetos inteligentes interligados, que pode direcionar mais o interesse para as tecnologias de comunicação e preservação ambiental. A IoT

permite que “coisas” possam ser conectadas a qualquer hora e em qualquer lugar, conforme Atzori (2014).

Web Semântica

Com o crescente aumento da interação das pessoas com a *Internet* surge a necessidade de obtenção de informações, mas processáveis pelos computadores. Um simples computador consegue manter as informações em hierarquias, porém o raciocínio humano tem a habilidade de integrar pequenas unidades de informações de forma aleatória. Com base nessa constatação, surgiu em 2001 a *Web* semântica publicada em um artigo na revista *Scientific American* denominado “*The Web Semantic: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities*”, de acordo com Berners et al. (2014).

Para funcionar, a *Web* semântica deve ter o acesso às coleções de informações estruturadas e aos conjuntos das regras de inferências que poderão ser usadas para conduzir a um raciocínio automático. As linguagens utilizadas para as regras deverão ser tão expressivas quanto possíveis para permitir que se possa raciocinar sobre a *Web* tão amplamente quanto necessário, portanto, a *Web* semântica é vista como uma solução extraordinária para resolver problemas da *Web* atual.

Analisando a arquitetura da *Web* semântica, percebe-se que seus princípios são implementados em camadas de tecnologias e padrões *Web*, conforme se pode observar na Figura 1.

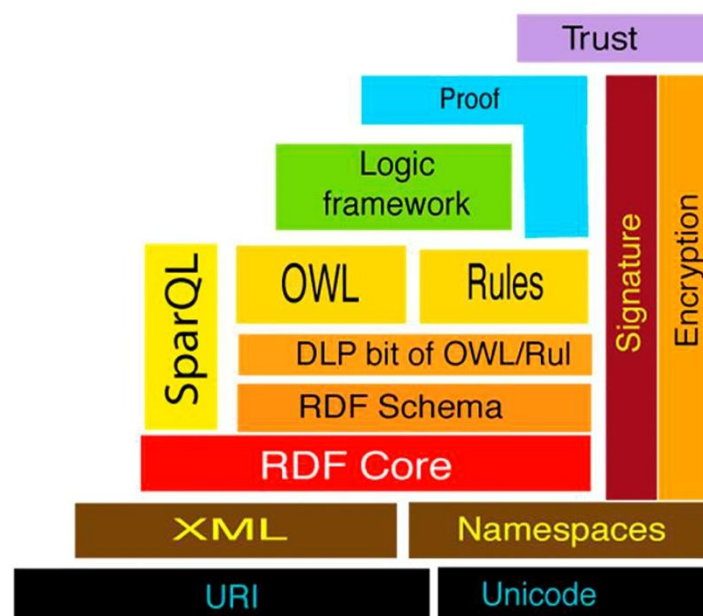


Figura 1. Estrutura de camadas da Web Semântica.

A seguir apresentam-se detalhes de cada componente da estrutura de camadas da *Web* semântica, apresentado na Figura 1.

- Identificador – URI (*Uniform Resource Identifier*): define uma maneira padronizada de nomear recursos. Está ligado a algum tipo de arquivo publicado na *Web*, como: foto; página, mas seu uso na *Web* semântica é apenas identificar recursos;
- Conjunto de caracteres – Unicode: padrão internacional para representação de caracteres, fornece um único número para cada caractere;
- Sintaxe – XML (*Extensible Markup Language*): pode ser definida como uma linguagem de marcadores como a HTML (*HyperText Markup Language*) e foi desenvolvida para escrever dados;
- Intercâmbio de Dados – RDF (*Resource Description Framework*): é uma linguagem que esta apta a prover um modelo de afirmações e citações em que se podem mapear os dados em qualquer novo formato;
- Taxonomias – RDFS (*Resource Description Framework Schem*): é um framework que fornece meios para a criação de vocabulário RDF, onde é possível descrever novas classes e propriedades e relacionamentos entre elas;
- Consulta – SPARQL (*SPARQL Protocol and RDF Query Language*): pode ser definido como o protocolo e linguagem para consultas a modelos RDF. Sua sintaxe é similar à linguagem SQL (*Structured Query Language*);
- Ontologias – OWL (*Web Ontology Language*): é uma extensão do RDF, que inclui termos de vocabulário para descrever classes, fatos e relacionamentos sobre estas classes e características destas relações atrás de axiomas lógicos;
- Regras – SWRL (*Semantic Web Rules Language*): são regras que visam novos conhecimentos em modelos RDF/OWL.

Dispositivos Embarcados

Um dispositivo pode ser classificado como embarcado quando interage continuamente com o ambiente a sua volta por meio de sensores e atuadores, segundo Ball (2005). Por exigir uma interação contínua com o ambiente, este tipo de dispositivo necessita que o projetista tenha um conhecimento em programação, sistemas digitais, noções de controle de processos, sistemas de tempo real, tecnologias de aquisição de dados atuadores e cuidados especiais na eficiência de estruturação do projeto e do código produzido.

Assim, a denominação “sistemas embarcados” (do inglês *Embedded Systems*) vem do fato de que estes sistemas são projetados geralmente para serem independentes de uma fonte de energia contínua, conforme Ball (2005). As principais características de classificação desses sistemas são: capacidade computacional e independência de operação. Outros aspectos relevantes dependem dos tipos de sistemas, modos de funcionamento e dos itens desejados nas aplicações embarcadas.

A arquitetura ARM (*Advanced Risc Machine*) tem sido amplamente utilizada nos últimos anos, devido à simplicidade e a eficiência das instruções de seus microcontroladores. Assim, esta arquitetura são amplamente utilizados em aparelhos eletrônicos modernos, como *smartphone*, *tablets* e etc, e os sistemas embarcados, cada vez mais, têm se tornado atraente para o desenvolvimento de novas tecnologias, pois é dedicado a tarefas específicas, podendo-se um projeto ser aperfeiçoado reduzindo tamanho, recursos computacionais e custo do produto.

Um exemplo de dispositivo que utiliza a tecnologia embarcada é o arduino que está conectado a uma rede Ethernet por *wireless* para acessar a *web* e assim utilizar uma API. Um exemplo, de aplicação embarcada usando arduino conectado a uma rede *wireless* é mencionando por Franz et al. (2011), no qual o projeto se focaliza no monitoramento de agentes poluentes em cinco locais diferentes no noroeste de Indiana, Estados Unidos.

TRABALHOS CORRELATOS

Nesta seção são elucidados alguns dispositivos embarcados que utilizam a *web* semântica para a IoT e suas principais características. Estas estão relacionadas com as exigências que foram vistas anteriormente e com alguns trabalhos que pesquisados e estudados correspondem ao assunto tratado.

Cosm

É uma ferramenta desenvolvida para gerenciar diversos dispositivos através de recursos REST *ful* (*Representational State Transfer*) em uma plataforma como serviço para a IoT. De acordo com Franz et al. (2014), no processo de enriquecimento do conteúdo semântico para dispositivos embarcados conectados a IoT, este sistema integra um dispositivo como entrada e gera uma representação XML do dispositivo com uma descrição de texto em linguagem natural. O XML *mark-up* é utilizado como uma representação semântica do dispositivo embarcado usado como entrada para vários sistemas, como por exemplo, para tarefas de engenharia e sistemas automáticos de geração 3D.

Como um projeto prático pode-se citar um arduino com sensores que recolhem dados de agentes poluentes em cinco diferentes localidades, conectados a uma rede *wireless* transmitindo informações para um servidor *web* que realizará a correlação dos dados com o servidor Cosm semanticamente.

Comunicação Móvel 3G

A agregação dos dados entre diferentes tipos de Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) e transmissão de longa distância através dessas redes de dados móveis favorece o envio das informações adquiridas por qualquer nó sensor na RSSF a qualquer lugar do mundo.

O projeto de um *gateway* 3G embutido com base em na arquitetura ARM, conforme descrito por Zhang et al. (2014), realiza a agregação de dados heterogêneos com a estreita combinação de RSSF e rede 3G. Possui como vantagens: a elevada confiabilidade; forte capacidade de processamento de dados; taxa de transferência de dados rápida; e capacidade de resposta em tempo real. Segundo o autor no futuro próximo esta fusão melhorará a qualidade de aplicações IoT e proporcionará um futuro com dispositivos mais inteligentes para a vida das pessoas.

Gateway IoT

Como surgimento da IoT, um novo tipo de equipamento de rede foi inventado, chamado de *gateway* IoT, cujo objetivo é resolver a heterogeneidade entre as diversas redes de sensores sem fio e de comunicação ou *internet* móvel, conforme Zhu et al. (2014). Portanto, as questões-chave da execução de um sistema IoT *Gateway* é a resposta de diferentes redes e diversidade de protocolos no sensor WSN e redes de telecomunicações tradicionais. Além disso, é necessária a construção de um conjunto de instruções e normas identificados para todos os *gateways* IoT, a fim de perceber a funcionalidade de gerenciamento e controle IoT.

Este projeto de um *gateway* IoT é baseado em alguns requisitos como: transmissão de uma rede por 2G/3G; comunicação por redes DSL; conversão de protocolo IEEE 802.15.4/ZigBee; e controle e gerenciamento de nós dos sensores de redes.

Arquitetura de Protocolos

Os dispositivos são esperados para “superarem” os humanos e se tornarem os maiores geradores e receptores de tráfego. Muitos ligados à Internet, como *smartphones*, laptops e suas várias combinações, possuem a tecnologia RFID que tem sido apontada como uma das tecnologias que permitem a conexão com Internet das coisas, assim como a robótica e a nanotecnologia.

A prevalência da *internet* como meio de comunicação e a disponibilidade de custo de ferramentas eficazes, favoreceu o desenvolvimento de uma grande variedade de aplicações e protocolos de rede. De acordo com Silverajan (2009), tais desenvolvedores implementaram o *software* de rede e aplicações dos protocolos de comunicação. Com isso, os protocolos tendem a impactar no tamanho, desempenho e robustez das aplicações resultantes. Por isso, é importante entender como exatamente estes protocolos de comunicação são desenvolvidos.

O desenvolvimento de um *framework* que entenda o conteúdo semântico na *web* e esteja interligado com cada protocolo de aplicação é fundamental para que se obtenha um desempenho significativo nas aplicações de IoT, de acordo com Zhexuan et al. (2010).

Emulador QEMU

Uma arquitetura de sistema usando vários tipos de virtualização embarcada foi proposta em Kovacshazy et al. (2013). Mantendo questões de construtibilidade e operabilidade, além de avaliar a arquitetura do sistema proposto utilizando um protótipo construído de uma única placa de computador, sensores e atuadores. Além disso, utiliza *software* de código aberto, como Linux e QEMU.

Para a virtualização do processador é utilizado o emulador QEMU que possui como principal vantagem da emulação em modo usuário, permitindo que execute o programa com maior velocidade de processamento, passando a responsabilidade de entrada e saída para o *Kernel* do Linux.

Steer

Um sistema computacional implementado para dar suporte a mecanismos de descobertas de serviços, além de ferramentas e serviços da Web semântica, foi criado composto do STEER (*Task Semantic Editor execution*) e PIPE (*Pervasive Instance Provision Environment*). Um cliente *Web* com uma interface em *Java* classifica os serviços com base nos seus dados de entrada e nas saídas semânticas. Através de um gerenciador GUI os serviços do PIPE são facilitados para os usuários para que desta forma possam executar serviços *Web* para tarefas comuns.

A OWL é a linguagem ontológica utilizada pela semântica desta aplicação com modelagem poderosa é suficiente para descrever naturalmente muitos domínios. Assim, facilita os metadados da RDF (Resource Description Framework) e OWL descreverá de forma eficaz todos os tipos de recursos da *Web* para ambos os seres humanos e programas, proposto em Masuoka (2003).

Middleware IoT

Adicionando a tecnologia RFID em objetos foi dito que teríamos a IoT (*Internet* das Coisas), embora tornou-se uma realidade abrangendo em outros dispositivos como sensores, dispositivos móveis, entre outros. Considerando que existe uma série de desafios como: a escala de análise de milhares de dispositivos; a heterogeneidade entre os dispositivos integrando muitos componentes; a topologia desconhecida, com várias características e serviços diferentes; os metadados incompletos desafiando o uso da semântica; e a resolução de conflitos com as mudanças incompatíveis com os ambientes de acordo com Zhexuan et al. (2010).

A solução seria talvez uma arquitetura de middleware para IoT que consiste em três módulos conforme a Figura 2.

Neste *middleware* o pedido ou um serviço faz uma detecção, que obtém uma composição ou estimação do objeto manipulado. Para resolver a solicitação, este módulo acessa o módulo de descoberta (*Discovery*) e faz o conhecimento da base, realizando a criação de uma composição de serviços de acordo com Hachem (2011).

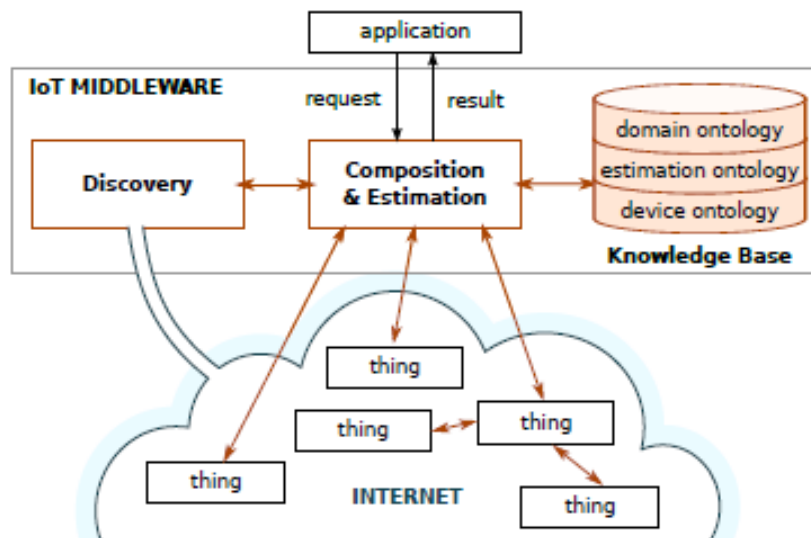


Figura 2. Arquitetura de *middleware* para IoT.

Ontonym

Os sistemas invasivos possuem a necessidade de interpretar grandes quantidades de dados a partir de muitas fontes. Um modelo de contexto foi criado para apoiar desenvolvedores que trabalham com esses dados, fornecendo dessa maneira um compartilhamento com o ambiente em que se baseiam essa interpretação. O *Ontonym* foi desenvolvido para abordar as propriedades temporais de contexto desses dados como requisito. Então, o critério para que funcione é utilizar um conjunto de ontologias para representar os conceitos fundamentais em computação pervasiva. Avaliando as ontologias no domínio da computação pervasiva através da combinação de técnicas reconhecidas a partir da literatura de acordo com Stevenson (2009).

As ontologias são descritas no *Otonym* para fornecer a interoperabilidade semântica entre os diferentes sistemas descrevendo a computação pervasiva no núcleo da sua literatura. Os conceitos que o envolvem para realizar uma comparação com as ontologias da computação pervasiva são: o tempo, usando a linguagem ontológica OWL-Time para representação temporal; a localização, representando a posição física gerada por um GPS; as pessoas, onde são coletadas as informações pessoais e das redes sociais; os sensores ontológicos gerando os dados.

PROPOSTA DA SEMÂNTICA

Neste artigo propomos desenvolver um conteúdo vocabulário semântico que obtenha um melhor resultado para os dispositivos embarcados que utilizam conexão sem fio para IoT.

O teste desta conexão sem fio com a IoT será realizado através de um simulador chamado *Contiki* encontrado no site www.contiki-os.org, sistema operacional de código aberto, desenvolvido para IoT pelo Instituto de Computação da Suécia de acordo com Barros (2014). As principais características do *Contiki* são o carregamento e descarregamento dinâmico de código em tempo de execução e programação concorrente no *Kernel*.

Com este simulador são utilizadas bibliotecas para criar motes que simulam a baixa capacidade de processamento e a economia de energia dos sistemas embarcados como pode ser observado na Figura 3. Em seguida, a ideia é utilizar uma ferramenta, chamada de *Protegé*, para desenvolver o novo vocabulário semântico onde os diversos dispositivos embarcados que se comunicam com aplicações da IoT e possam trazer a correlação dos conteúdos da *web* de maneira mais robusta e eficaz, facilitando assim a busca dos usuários na utilização das informações nos aplicativos com a IoT.

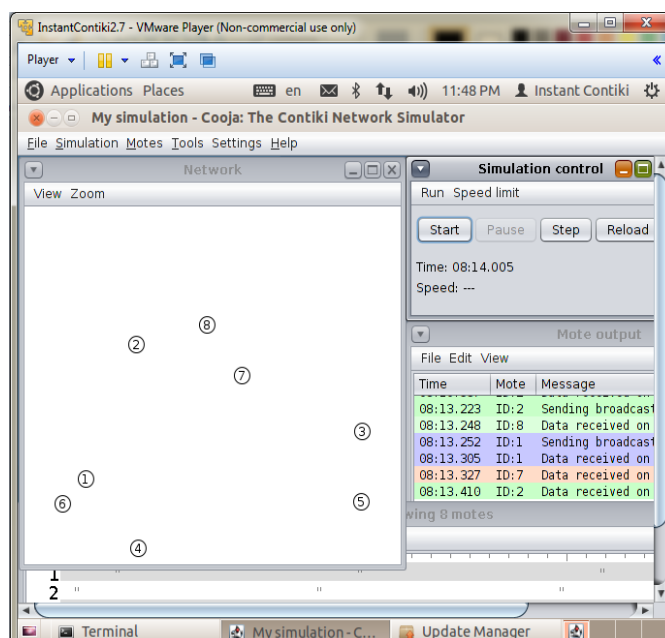


Figura 3. Interface do simulador Contiki.

Esta plataforma foi desenvolvida pelo grupo de pesquisa *Stanford Medicina Informatics* da escola de medicina da Universidade de *Stanford* e permite construir ontologias, que são os vocabulários utilizados na *web* semântica.

Baseada na linguagem Java, é extensível e conta com uma forte comunidade de desenvolvedores, acadêmicos e usuários, os quais se utilizam do *Protegé* para soluções de conhecimento de áreas diversas como a biomedicina. Neste artigo, ele foi escolhido como ferramenta de criação da semântica devido a vários fatores, sendo: um editor de ontologias de código aberto, onde suporta a edição via *Web Client* ou via *Desktop Client*, ou seja, o acesso pode ser feito via *web* ou aplicativo instalado na máquina, permitindo o desenvolvimento de ontologias em vários formatos, como: OWL, RDF e XML *Schema*. Permite também a utilização de

vocabulários já existentes durante a criação da própria ontologia e a exportação da ontologia para o formato desejado, além de possuir uma interface gráfica de fácil manipulação.

A interface gráfica provê acesso à barra de menus e à barra de ferramentas, além de apresentar cinco áreas de visualização (*views*) que funcionam como módulos de navegação e edição de classes, atributos, formulários, instâncias e pesquisas na base de conhecimento, propiciando a entrada de dados e a recuperação das informações. A interface da plataforma *Protegé* pode ser visualizada na Figura 4.

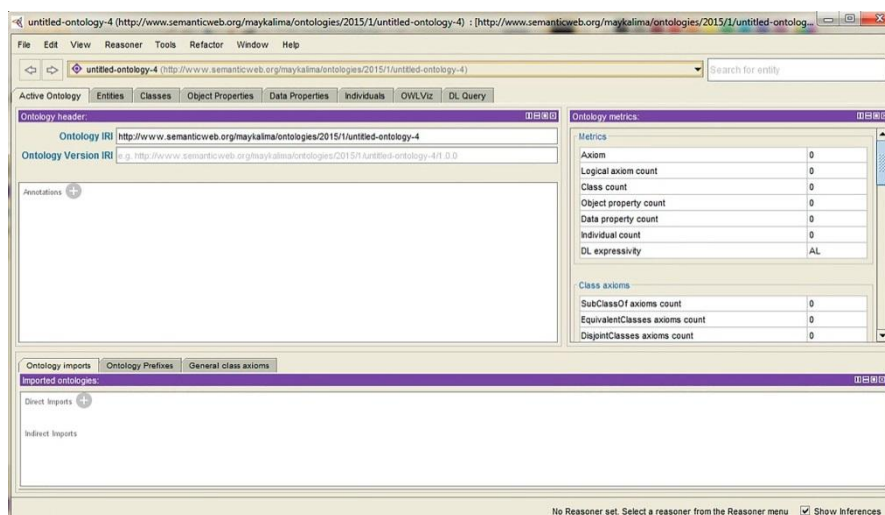


Figura 4. Interface da plataforma Protegé.

A semântica a ser criada deverá seguir os padrões definidos anteriormente para que possam ter maior interação com aplicações IoT e com o dispositivo embarcado. Toda a estrutura a ser montada deverá possuir sistemas abertos, como o Linux, na criação de um servidor *web* para a aplicação de teste.

A arquitetura embarcada a ser utilizada pode ser um processador ARM para os testes com o vocabulário semântico, integrado a uma aplicação *web* como o *Cosm*, para interagir com o usuário na comunicação e pesquisar o conteúdo semântico desejado. Diminuir a quantidade da intervenção humana na busca das informações, agilizar a análise semântica e executar os comandos solicitados pelos usuários com melhor compreensão são as métricas necessárias para obter um resultado eficaz nas aplicações de IoT nos sistemas embarcados.

Um exemplo de utilização de vocabulário padrão, seria a utilização de alguns objetos do lado do cliente com um serviço que fazem por meio de uma classe *proxy* que “imita” as chamadas de métodos do serviço *web*. Trabalhando com o *proxy* em vez de escrever mensagens SOAP (*Simple Object Access Protocol*) diretamente. A classe *proxy* gerencia a construção, envio e recebimento de mensagens SOAP e a linguagem OWL-S tem o propósito de possibilitar a automação da descoberta, invocação e composição de serviços *web* através de descrições semânticas. Os axiomas de OWL-S são definidos em OWL e o OWL-S possui descrições de

classes, hierarquia de sub-classes e definições de tipos e relações entre as classes. A descrição das funcionalidades de um serviço é referenciada por uma ontologia de perfil da OWL-S externamente com os conceitos definidos em OWL na ontologia de domínio ao qual pertence o serviço *web* em questão.

Analisando os trabalhos existentes nesta área podemos constatar os problemas das aplicações que envolvem IoT com os dispositivos embarcados e assim chegar a uma necessidade de melhorar a *web* semântica para comunicação entre os mesmos criando novos vocabulários que possam interagir com diferentes dispositivos conectados às coisas. O simulador *Contiki* gerará alguns testes para avaliar o processamento e consumo de energia das aplicações utilizadas por estes dispositivos.

RESULTADOS E ANÁLISES

A utilização de ferramentas como o *Cosm* e o *Contiki*, é de suma importância para testar aplicações que envolvem semântica em dispositivos embarcados, por serem de código aberto, e do Protegé para criação de vocabulários que possam se comunicar com estes dispositivos.

De acordo com a análise obtida no trabalho de Franz et al. (2014), na utilização dos sensores MQ131 e MQ7, os dispositivos embarcados conectados à IoT podem ser enriquecidos com a semântica construída, tendo os resultados da tarefa de classificação (poluído vs. não-contaminada), e extraída as *meta-tags* do servidor da aplicação *Cosm*. Desta maneira, produz uma representação semântica, e uma descrição do dispositivo embutido na linguagem natural.

Estas características que podem ser utilizadas para prever se a área onde o dispositivo está localizado é poluído ou não contaminado, conforme pode se observar no código da semântica (ver Figura 5) construída incorporada no dispositivo embarcado.

Observando a Figura 5, destaca-se que as classes resultantes por dispositivo são combinados com a *tag* extraída do arquivo baixado do servidor *Cosm* html para criar uma lista de informação associados ao dispositivo, gerando uma representação em XML da iteração do sistema, dos sensores, das inferências semânticas e do dispositivo microcontrolador.

Alguns dos trabalhos necessitam de maiores testes de comunicação. Como por exemplo, pode-se citar a estrutura de comunicação 3G, onde necessita que as RSSFs estejam corretamente configuradas para não afetar o desempenho na transmissão dos conteúdos para as aplicações na internet.

```

<?xml version="1.0" encoding="ANSI_X3.4-1968"?>
<embedded_device>
  <semantic>
    <inference>
      <location at_location="university"/>
      <location at_location="factory"/>
    ...
  </inference>
  <sensor orderid="3" MarkableID="D001">
    <class is_fixed="1" polluted_site="1" >
  <type f="MQ7"/>
  </class>
  </sensor>
  ...
  <raw_features>
    <feature f=pressure value="30">
    <feature f=dew_point value="28">
    <feature f=relative_humidity value="0.45">
    <feature f=time value="12">
  </raw_features>
  ...
  </semantic>
</embedded_device>

```

Figura 5. Representação semântica incorporada

No trabalho pesquisado por Silverajan et al. (2009), envolve os protocolos de comunicação utilizados nas tecnologias RFID. No entanto, possui uma arquitetura de *framework* chamada de DOORS que implementa um subsistema CORBA, alguns protocolos de transporte como RTP (*Real-Time Transport Protocol*) e RTCP (*Real-Time Transport Control Protocol*), bem como o UDP (*User Datagram Protocol*) e TCP (*Transmission Control Protocol*) nas classes auxiliares para IPv4 e IPv6. Esta integração com o *framework*, *middleware* de código aberto e tecnologias RFID integraram com a IoT obtendo maior produtividade e eficiência no resultado da capacidade de interação com as “coisas”. Este por sua vez, oferece alguns problemas na utilização de alguns protocolos de comunicação, pois dependerá se o mesmo suportará um vocabulário criado para a *web* semântica mais interativa.

Ainda tratando-se dos trabalhos aqui analisados, primeiramente, nenhum deles incorpora mecanismos de que garantam que os vocabulários semânticos utilizados nas descobertas dos serviços supram os termos suficientes a realizar uma comparação livre de falhas. Caso o sistema, que utiliza o vocabulário para a descoberta de um serviço, que estiver sendo testado, dê um resultado não coerente, ocasionará em um retorno ao usuário inadequado a solicitação realizada.

Existem algumas diferenças evidentes quando comparamos estes trabalhos. Na Tabela 1 é possível visualizar a comparação entre características analisadas nos trabalhos relacionados neste artigo.

Tabela 1. Comparação entre arquiteturas para vocabulário semântico na IoT.

Característica	STEER	Middleware IoT	Ontonym
Análise de similaridade semântica	X	X	X
Classificação de serviços	X	-	-
Simulação do vocabulário	X	-	-
Linguagem Ontológica	X	X	X
Testes com dispositivos da IoT	-	-	-

Fonte: Autoria própria

CONCLUSÕES

Este trabalho realizou o estudo da *web* semântica em dispositivos embarcados utilizados na IoT. A partir desse estudo pode-se perceber que a *web* semântica e sua aplicação em sistemas embarcados ainda são pouco difundidas. Atualmente carece de usuários, experiências e informações sobre o mesmo. Por outro lado, proporcionou um conhecimento e aprofundamento sobre o assunto. Dessa forma, grande parte do tempo dedicado a este estudo foi voltado para a análise das técnicas, ferramentas e arquiteturas criadas que são utilizadas com aplicações IoT para oferecer melhor desempenho na obtenção dos conteúdos buscados pelos usuários nas aplicações das coisas.

Novos cenários para integração de dados tornam-se cada vez mais inter-relacionados, mas em contrapartida, traz novos desafios, como por exemplo, a aplicação das linguagens próprias, RDF e SPARQL para o padrão da semântica. Trabalhos futuros sugeridos são aplicados a novos vocabulários semânticos e metodologias integradas às redes sem fios e aos dispositivos embarcados gerando conteúdos mais claros nas aplicações da IoT.

Atualmente as arquiteturas como: ARM e a plataforma Arduino fornecem a capacidade de monitoramento do ambiente no mercado interligados a IoT. É importante ressaltar que o Arduino, por exemplo, é uma plataforma de prototipagem eletrônica *open-source* baseada em *hardware* e *software* flexível e de fácil utilização. Também possui um microcontrolador que consome pouca energia e assim fornece ao usuário o controle completo do seu *hardware*. Outros microcontroladores possibilitam uma forma rápida de desenvolvimento de protótipos como as arquiteturas ARM utilizadas na maioria dos sistemas embarcados. Portanto, desta forma observa-se que a *web* semântica pode ser utilizada em qualquer dispositivo embarcado, permitindo assim sua expansão na interligação com as coisas inteligentes.

REFERÊNCIAS

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of things: A survey. Itália, 2010. Disponível em: <http://www.science.smith.edu/~jcardell/Courses/EGR328/Readings/loT%20Survey.pdf>. Acessado em 15 de setembro de 2014.

BALL, S. Embedded Microprocessor Systems: Real World Design, 3rd edition: MCPros, EUA, 2005.

BARROS, E. B. C.; RIBEIRO, A. de R. Jemadarius: Uma Web-API Autoconfigurável para Internet das Coisas. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2014.

BERNERS, T. L.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The Semantic Web. Magazine Scientific American. 2001.

FRANZ, D. R.; CALLIX, R. A. Semantic Content Enrichment of Sensor Network Data for Environmental Monitoring. In *Proceedings of the Twenty-Seventh International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference*. Purdue University Calumet. 2014.

GRUBER, T. R. What is an ontology? Springer-Verlag, 2009. *Knowledge Acquisition*, 5(2):199-220.

HACHEM, Sara; TEIXEIRA, Thiago; ISSARNY, Valeria. Ontologies for the Internet of Things. INRIA Paris-Rocquencourt. HAL Id: hal-00642193. 2011

KOVÁCSHÁZY, T.; WACHA, G. System Architecture for Internet of Things with the Extensive Use of Embedded Virtualization. Inter-University Centre for Telecommunications and Informatics Debrecen, Hungary. Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), 2013 IEEE 4th International Conference.

LIMA, J. C. de; CARVALHO, C. L. de. Uma Visão da Web Semântica. Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2004.

MASUOKA, Ryusuka; et al. Ontology – Enabled Pervasive Computing Applications. University of Maryland. 2003 IEEE.

SILVERAJAN, B.; HARJU, J. Developing Network Software and Communications Protocols Towards the Internet of Things. Department of Communications Engineering Tampere University of Technology. Comsware 2009.

STEVENSON, Graeme; et al. Ontonym: A Collection of Upper Ontologies dor Developing Pervasive Systems. 2009.

ZHEXUAN, S.; CARDENAS, A. A.; MASUOKA, R. Semantic Middleware for the Internet of Things. Fujitsu Laboratories of America, Inc. IEEE. 2010.

ZHANG, Y. Y. The Design of Embedded 3G Gateway for Internet of Things. School of Communication and Information Engineering Chongqing University of Posts and Telecommunications Chongqing, China. 5th International Conference on BioMedical Engineering and Informatics (BMEI 2012).

ZHU, Q.; WANG, R. IOT Gateway: Bridging Wireless Sensor Networks into Internet of Things. School of Software and Microelectronics, Peking University, Beijing, China. IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (IFIP 8th).

