

Localizador de RFIDs para Ambientes Internos

Julio Cezar Rutke, Janine Kniess, Maurício Pillon

¹Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada - PPGCA
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)
Joinville – SC – Brasil

rutke.julio@gmail.com, {janine.kniess, mauricio.pillon}@udesc.br

Abstract. *This paper describes an approach to identify different RFID tags profiles. Data are collected from different tags, sent to a cloud and handled, analyzed through a middleware and displayed in a web interface. The objective is to develop an RFID locator able of assembling the profile of the tags present in the environment to make decisions if it identifies actions outside this profile. Depending on the decision complexity and the amount of collected data, the IoT components processing capacity is not enough. The results obtained show that the developed environment keeps updated data from tags and can be integrated with cloud computing.*

Resumo. *Este artigo descreve uma abordagem para identificar etiquetas RFIDs de diferentes perfis em ambientes internos. Dados são coletados de diferentes etiquetas, enviados para uma nuvem onde são tratados, analisados através de um middleware e exibidos em uma interface web. O objetivo é desenvolver um localizador de RFIDs capaz de montar o perfil das etiquetas, presentes no ambiente, e tomar decisões, caso identifique atuações sob comportamentos atípicos. Em determinadas situações, devido a complexidade na tomada de decisões, a capacidade de processamento de componentes IoT não é suficiente. Os resultados obtidos permitem concluir que o ambiente desenvolvido mantém atualizado os dados das etiquetas e pode ser integrado com nuvem computacional.*

Palavras-chave: RFIDs, Localização, Nuvem Computacional

1. Introdução

O conceito de Internet das Coisas (*IoT*) tem se popularizado devido ao crescimento de tecnologias sem fio, como Identificadores de Radio Frequência (*RFIDs*), Sensores de Comunicação sem fio e Atuadores. De acordo com [Shah and Yaqoob 2016], a Internet das Coisas capacita objetos a ver, ouvir, pensar e executar trabalhos se comunicando com outros objetos para compartilhar e sincronizar informações. A ideia é transformar objetos convencionais, tornando-os inteligentes, capazes de manipular suas tecnologias para tomada de decisões. Nesse contexto, este artigo propõe uma abordagem para localizar etiquetas RFIDs em ambientes internos, tais como um escritório comercial. O sistema é composto de um *middleware* que coleta periodicamente dados dos RFIDs, analisa, armazena os dados e emite alertas ao identificar uma anomalia no perfil dos dados coletados. Por exemplo, o sistema mantém um histórico da presença de movimentos no ambiente e os horários em que os mesmos são percebidos. No momento em que identifica um

comportamento fora do perfil conhecido, emite um alerta para uma central e para uma interface web que pode ser acessada de qualquer lugar com qualquer dispositivo.

A leitura e o armazenamento frequente de informações obtidas através das etiquetas RFIDs resulta em um número significativo de dados que devem ser processados. Dessa forma, o uso de recursos computacionais que possibilitam reduzir o armazenamento e o processamento local são essenciais para garantir a escalabilidade, portabilidade e sobretudo a disponibilidade do serviço. Ambientes não especializados de médio porte, tais como pequenos comércios ou residências, não contam com fontes de energia redundantes. Quando isso ocorre, as fontes são pequenos geradores e/ou nobreaks que sustentam a energia por curto espaço de tempo. Neste âmbito, a tecnologia de nuvem computacional vem sendo largamente utilizada para atender a demanda de alto processamento e armazenamento com baixo custo e sob demanda.

O consumo computacional de localizador de RFIDs em ambientes internos varia de acordo com o perfil dos moradores, se for uma residência, ou de colaboradores e clientes, se for uma empresa. A aderência a utilização de serviços de nuvem computacional nestes sistemas é evidenciada com a característica de elasticidade [Mell and Grance 2011]. Solicitação de aumento, redução e migração de recursos virtuais podem ser feitas a qualquer momento sem impacto perceptível ao usuário do sistema de Localização de RFID. Estas características de nuvem são oferecidas através de modelos de serviços: IaaS (Infraestrutura como Serviço), PaaS (Plataforma como Serviço) e SaaS (Software como Serviço).

A utilização do modelo de serviço SaaS permite a integração com Localizador de RFID possibilitando, ao usuário do sistema, monitoração, gerência e atuação mesmo quando ele está geograficamente distante do ambiente. Este trabalho apresenta: (i) a arquitetura do sistema de localização de RFID; (ii) a análise do comportamento do sistema de etiquetagem (via Cooja); e (iii) a análise do tempo de resposta a ocorrência de eventos na nuvem (via *CloudSim*).

Este artigo está organizado como segue: na Seção 2 encontra-se a motivação estabelecendo-se o vínculo entre *IoT* e RFID; na Seção 3, apresenta-se os trabalhos relacionados; a descrição da arquitetura do sistema Localizador de RFID está descrita na Seção 4, seguida dos resultados experimentais, que são apresentados na Seção 5. Finalmente, as conclusões na Seção 6.

2. Internet das Coisas com RFID

A tecnologia é onipresente no mundo moderno, uma variedade de dispositivos espalhados por locais públicos e privados fazem a vez dos sentidos (olhos, ouvidos, etc) digitais. De acordo com [Teixeira et al. 2015] em *IoT*, as coisas ou objetos tornam-se participantes ativos em processos de negócio, informacionais e sociais, onde são capazes de interagir e comunicar entre si, trocar informações coletadas do ambiente, reagir de forma autônoma aos eventos do mundo físico real, bem como influenciar esse contexto com ou sem intervenção direta do ser humano.

Uma das formas para se coletar dados através de meio sem fio é utilizando componentes RFID. Segundo [Gikas et al. 2016], um sistema RFID é composto por leitores (*READER*) com uma antena que interroga etiquetas (*TAG*) dentro de um campo de alcance. As etiquetas contém informações pertinentes ao sistema, como informações de um

carro e seu dono em sistemas de cobrança automática de pedágios em estradas. Conforme [Aydos and Ferreira 2016], RFID é uma tecnologia de identificação automática de objetos sem a necessidade do contato físico, baseado na emissão de sinais de rádio capaz de identificar e acessar informações contidas nas etiquetas. Segundo [Colella et al. 2016], Identificadores por Rádio Frequência tem grande aplicabilidade em Internet das Coisas pela capacidade de identificar pessoas/objetos, bem como permite a integração com outros sensores. Outro ponto importante na coleta de dados é a confiabilidade de identificação, um ponto a favor dos RFID.

Através da distribuição de RFIDs em ambientes, dos mais variados, e detectando-os, pode-se ter um histórico de presenças no local, seja pessoas, animais ou objetos. A partir dos dados coletados podem ser tomadas decisões. Dessa forma o presente artigo propõe um sistema localizador de etiquetas RFIDs em um ambiente capaz de definir seu perfil como móvel (entra e sai do ambiente com regularidade), fixo (não sai do ambiente, como algum equipamento eletrônico, pode ser uma televisão por exemplo) ou desconhecido (uma etiqueta onde as informações contidas não são possíveis de interpretar pelo leitor). O sistema visa tornar um ambiente interno mais inteligente. Neste sentido, propõe-se distribuir RFIDs de diferentes tipos em um mesmo ambiente. O sistema tem o papel de detectar o perfil dos RFIDs e atuar no ambiente de acordo com a análise deste perfil.

Neste trabalho, o conceito de Internet das Coisas, objeto do sistema de Localização de Etiquetas proposto, é aplicado em nuvem computacional. Neste contexto, os trabalhos relacionados estão divididos em duas categorias: (i) Internet das Coisas; e (ii) nuvem computacional.

2.1. Internet das Coisas

[Ahmed et al. 2016] apresenta o conceito de *IoT* baseado em ambientes inteligentes. Classifica taxonomicamente os ambientes inteligentes baseado na comunicação (WiFi, 3G, 4G), tipo de rede (WLAN, WPAN, MAN), tecnologias (Fusão de dados, Detecção, Segurança), padrões de rede sem fio (802.11, 802.15), objetivos (Redução de Custo, Melhorias) e características (Capacidades de Previsão, Monitoramento Remoto) do ambiente. Define ambiente inteligente como lugares capazes de obter e aplicar conhecimentos. A classificação do autor está dividida nas seguintes áreas: *smart cities*, *smart homes*, *smart grids*, *smart building*, *smart transportation*, *smart health* e *smart industry*. O artigo presente está baseado na classificação mostrada enquadrando-se no conceito de *smart homes*, pois apresenta características de *IoT* voltadas para residências domésticas.

Em seu artigo, [Ko et al. 2014] apresenta um serviço de recomendação em um ambiente que possui objetos inteligentes. O serviço busca identificar gostos e preferências das pessoas, baseando-se no histórico de utilização de objetos inteligentes no local, para recomendar futuramente alguma oportunidade. Com o mesmo objetivo, este trabalho busca utilizar desta abordagem para produzir um histórico de atividades de pessoas ou objetos, através de etiquetas RFIDs. Esse histórico irá ser utilizado para tomada de decisões, como emitir alertas em caso de detecção de comportamento fora do padrão. [Sgouropoulos et al. 2015] aborda em seu trabalho a contagem e o rastreamento de pessoas em *Smart Room*, em situações de eventos, por exemplo. Apresenta um sistema com 3 tipos de serviços: S, composto por sensores e medidores, capazes de coletar informações; P, responsável pelo processamento e tratamento dos dados coletados, e A, atuadores que

irão tomar decisões baseados no processamento. A arquitetura proposta no presente trabalho inspirou-se nesta abordagem.

Por fim, [Baldini et al. 2016] apresenta um sistema de identificação de objetos inteligentes em determinado ambiente, baseado na Força do Sinal Recebido (RSS) utilizando a lógica Fuzzy. Embora este sistema utilize objetivos inteligentes, ele não identifica nem processa a localização do objeto no ambiente. Como contraponto, [Fortin-Simard et al. 2012] apresenta um modelo multi-camada e um algoritmo para posicionamento com maior precisão de etiquetas RFIDs passivas, baseando-se em lógica fuzzy. O trabalho surge da necessidade de auxiliar pessoas idosas nas atividades cotidianas. A relação deste trabalho com a arquitetura proposta está na forma de tratamento do sistema utilizando RFIDs passivas. Dentre as tecnologias estudadas, essa se mostrou a mais adequada no que se refere custo e benefício. Ambientes de médio porte, tais como escritórios e residências, necessitam de componentes com preços acessíveis e fácil manipulação do sistema.

2.2. Nuvem Computacional

O conceito de nuvem computacional gerou discussões na comunidade acadêmica entre os anos 2008 e 2013 [Foster et al. 2008], [Hoefler and Karagiannis 2010], [Zhang et al. 2010] e [Aceto et al. 2013]. Atualmente, a definição mais utilizada é a de [Mell and Grance 2011]:

”Um modelo que permite acesso sob demanda a um conjunto de recursos compartilhados, onde os mesmos podem ser facilmente provisionados e liberados com mínimo esforço de gerenciamento ou interações com provedores de serviço. Ou seja, é um ambiente onde os recursos podem se ajustar às necessidades do cliente. Estes recursos podem ser redes, servidores, armazenamento, aplicações ou serviços.”

Segundo NIST, nuvem computacional caracteriza-se por ter: Auto atendimento sob demanda; Acesso via rede; Pooling de recursos; Elasticidade; e Serviço monitorado. Os modelos de serviço de nuvem são: SaaS (Software como serviço), PaaS (Plataforma como Serviço) e IaaS (Infraestrutura como serviço). O modelo de serviço mais aderente ao sistema é o SaaS, onde a aquisição e implantação é facilitada. O usuário, morador ou administrador da empresa, precisam simplesmente contratar uma licença ou registro do produto, sem necessidade de compra, manutenção e suporte de equipamentos e sistemas, tais como sistemas operacionais, segurança, entre outros.

A integração do sistema de localização RFID em ambientes internos a nuvem computacional justifica-se pela necessidade de processamento de alto desempenho e armazenamento elásticos. O ambiente contará com períodos de movimentação intensa de pessoas, onde a coleta de processamento dos dados também serão intensos, hora do almoço ou finais de semana, por exemplo, e outros em que as atividades são raras, por exemplo, na madrugada de uma segunda-feira.

3. Sistema Localizador de RFIDs em Ambientes Internos

Apresentado os conceitos de Internet das Coisas e nuvem computacional implantada via RFIDs, buscando aproveitar-se das características de elasticidade, disponibilidade e acesso via rede, esta seção, descreve a arquitetura do sistema localizador de RFIDs em ambientes internos.

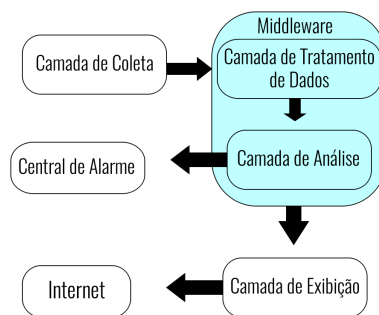


Figura 1. Arquitetura Geral - Localizador de RFIDs.

A arquitetura geral do sistema Localizador de RFIDs, demonstrada através da Figura 1 é composta de quatro camadas: Coleta, Tratamento de Dados, Análise e Exibição. Os componentes da arquitetura foram concebidos atendendo aos preceitos dos sistemas de RFIDs. Um típico sistema de RFIDs divide-se em duas camadas: física e software [Rampim 2016]. Na camada física, encontram-se os leitores cujas funções compreendem: (i) criar os sinais de radiofrequência e enviá-los por meio de antenas; (ii) receber as respostas das etiquetas RFID; (iii) organizar os dados recebidos das etiquetas RFIDs; e (iv) enviá-los a nuvem computacional. A camada de software constitui os aplicativos necessários para o sistema RFIDs e seus equipamentos destinados às suas funções [Rampim 2016]. Ela consiste de um sistema que é disponibilizado na nuvem computacional como SaaS.

Na arquitetura proposta, a camada de Coleta atua na camada física, sendo composta de etiquetas RFIDs e leitores responsáveis para coletar dados. As demais camadas operam na camada de software. A camada de Tratamento de Dados opera na camada de software e tem por função tratar, filtrar os dados coletados e armazená-los. A terceira camada, a de Análise, examina os dados fornecidos pela camada de Tratamento de Dados, e produz perfis das etiquetas presentes no ambiente. A última camada, Exibição, tem a atribuição de apresentar as informações coletadas do ambiente para o usuário final.

Para entender o funcionamento do sistema para a localização de RFIDs, observe-se a Figura 2, quando uma etiqueta entra no ambiente. Neste ponto, a etiqueta é identificada pelo (s) leitor (es) distribuídos neste espaço. Uma vez que, uma etiqueta esteja no raio de alcance de um leitor, ele captura o sinal emitido pela etiqueta. Os leitores estão configurados para constantemente monitorar o ambiente. Após a coleta, o leitor envia os dados para a camada de Tratamento de Dados. Nesta camada, o sistema, busca entre os registros já armazenados, se existe algum que corresponda ao da etiqueta em análise. Entre os dados armazenados citam-se, identificação, perfil da etiqueta, o horário em que ela acessou ou saiu do ambiente e identificação do leitor que efetuou a leitura.

Conforme essa representação gráfica, se a camada de Tratamento de Dados encontrar o registro em um banco de dados, fará uma comparação do horário atual com o previamente cadastrado no sistema. Após, ele verifica se a diferença entre os dois horários é maior que um valor limite de comparação. Esse número pode ser configurado conforme o interesse do usuário do sistema. Caso o valor limite seja menor ou igual que a diferença obtida, admite-se que não houve alteração no perfil da etiqueta. Se for maior, considera-se

que a etiqueta havia saído do ambiente. O sistema atualiza as informações em banco de dados e registra a entrada da etiqueta.

Neste contexto, desenvolveu-se um algoritmo que executa varreduras periódicas, aferindo se o campo nomeado "presença" é verdadeiro ou falso. O sistema mantém este campo atualizado com base no monitoramento efetuado pelos leitores. Neste cenário, admite-se que o campo "presença" é igual a "verdadeiro" se a etiqueta está no espaço do escritório ou residência.

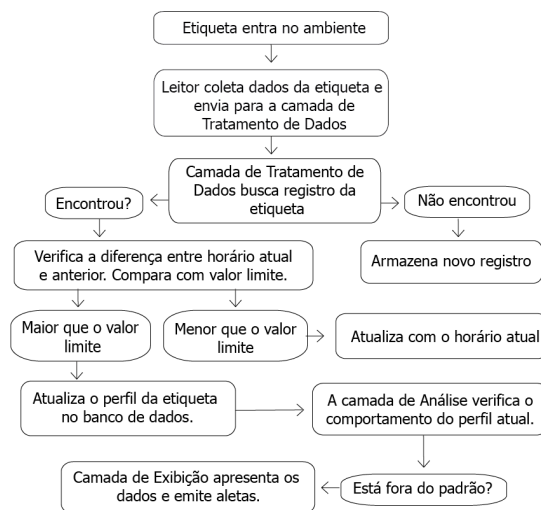


Figura 2. Diagrama de Funcionamento.

Uma vez que o perfil atual da etiqueta esteja preparado, ele será enviado para a camada de Análise. Quando a camada de Análise recebe as informações sobre o perfil, ela verifica se o perfil atual corresponde ao histórico armazenado. Neste ponto do texto, é importante explicar que uma etiqueta é caracterizada como móvel quando entra ou sai do ambiente. Quando a etiqueta não apresenta um histórico de movimentação por um tempo limite, é tipificada como tendo o perfil fixo. Ainda neste esquema, definiu-se que, o tempo limite pode ser ajustado pelo usuário da aplicação. Vale ressaltar que a importância em tipificar com o perfil "fixo" ou "móvel", se dá pois na identificação da movimentação de uma etiqueta com perfil "fixo" é passível da emissão de um alerta, pois ocorreu algo fora dos padrões esperados, seu comportamento deveria ser estático. Por fim, a camada de Análise envia um relatório sobre os perfis (e.g. anomalias) detectados para a camada de Exibição. Esta última, envia alarmes para uma Central de Comando e apresenta os dados em uma interface web.

4. Análise Experimental

Nesta seção são apresentados os resultados experimentais, divididos em duas subseções: (i) modelagem interna do sistema de localização de etiquetas, com o simulador Cooja voltado para o desenvolvimento de aplicações de IoT; e (ii) modelagem do sistema de tratamento das informações em uma nuvem computacional, com o simulador *CloudSim*.

4.1. Sistema de Localização de Etiquetas

O simulador Cooja [Cooja 2016] permite a modelagem de ambientes de RFID, tecnologia utilizada na concepção do sistema de localização de etiquetas. Ele foi baseado no pro-

jeto Contiki [Contiki 2016] e desenvolvido na linguagem Java [Kugler et al. 2013]. Neste contexto, programou-se um cenário de simulação de uma rede RFID composta por dois ambientes. A arquitetura do sistema com seus respectivos componentes estão descritos na Figura 1. As etiquetas tem a funcionalidade de sensoriamento de mobilidade ou coleta de dados. Cabe ao sistema, o tratamento dos dados de coleta, cujo principal tarefa é caracterizar perfis que serão conferidos com comportamentos do dia-a-dia. A parte de atuação, é possível através de sistemas de alerta, caso os perfis de comportamento sejam violados.

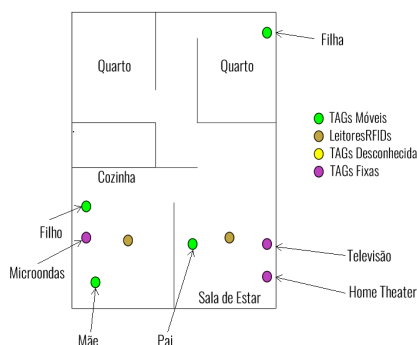


Figura 3. Cenário de Simulação de RFIDs

O ambiente simulado compreende uma residência monitorada por um total de 9 sensores (Figura 3). A residência é composta por 4 cômodos e a família constituída por 4 pessoas, devidamente identificadas como: pai, mãe, filho e filha. O perfil de comportamento de cada integrante da família foi previamente identificado e armazenado em um banco de dados MYSQL. No entanto, o sistema está em constante atualização do perfil. Os leitores realizam varreduras a cada 2 (dois) segundos. O valor limite utilizado na comparação entre o horário de entrada da etiqueta e o previamente cadastrado, foi ajustado em 5 (cinco) minutos. O resultado da simulação do Cooja, ilustrado na Figura 4, estabelece o comportamento desta família em um determinado dia/hora do ano. Pode-se observar a movimentação dos membros da família, o tempo de leitura de cada sensor e, portanto, mapear o comportamento desta família neste momento. O número de informações e a variedade de combinações tem grandezas computacionais que exigem poder computacional de plataformas de alto desempenho. Estes resultados demonstram o interesse do uso de RFID em ambientes de localização de etiquetas e evidencia a integração destes sistemas com plataformas computacionais de alto desempenho.

#	Tempo	Leitor	Etiqueta	Ação	Tipo	Erro
17	Cozinha	Microondas	Fixo	ENTROU NO AMBIENTE	TAG de perfil fixo movida de no ambiente	
28	Sala de Estar	Televisão	Fixo	ENTROU NO AMBIENTE	TAG de perfil fixo movida de no ambiente	
87	Cozinha	Filho	Móvel	ENTROU NO AMBIENTE		
222	Cozinha	Mãe	Móvel	ENTROU NO AMBIENTE		
408	Sala de Estar	Mãe	Móvel	ENTROU NO AMBIENTE		
431	Cozinha	Mãe	Móvel	SAIU DO AMBIENTE		
1105	Cozinha	Filho	Móvel	SAIU DO AMBIENTE		
1549	Cozinha	Filho	Móvel	SAIU DO AMBIENTE		
1549	Sala de Estar	Mãe	Móvel	SAIU DO AMBIENTE		
1902	Cozinha	Filho	Móvel	ENTROU NO AMBIENTE		
5678	Cozinha	Desconhecido	Desconhecido	SAIU DO AMBIENTE	TAG desconhecida encontrada no ambiente	
2310	Cozinha	Microondas	Fixo	SAIU DO AMBIENTE	TAG de perfil fixo movida de no ambiente	
2310	Cozinha	Filho	Móvel	SAIU DO AMBIENTE		
2977	Sala de Estar	Televisão	Fixo	SAIU DO AMBIENTE	TAG de perfil fixo movida de no ambiente	
2977	Sala de Estar	Mãe	Móvel	SAIU DO AMBIENTE		

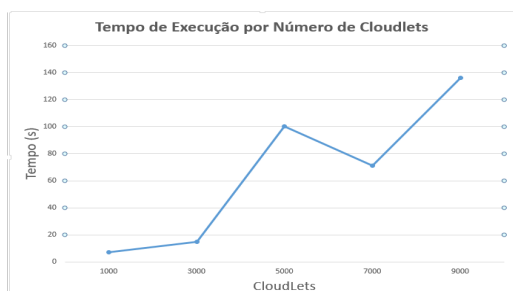
Figura 4. Informações Apresentada pela Camada de Exibição.

4.2. Provisionamento em nuvem computacional

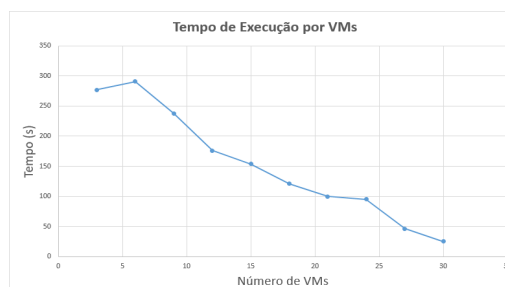
A implantação de um sistema de localização de etiquetas em um ambiente real, necessita um número de etiquetas na ordem de dezenas ou centenas. A coleta de informações destas etiquetas é tratada por micro-ambientes isolados, porém o processamento e armazenamento destas informações necessitam de alto processamento. Portanto, o objetivo desta seção é descrever, no simulador *CloudSim* [Goyal et al. 2012], a carga de um sistema de localização de etiquetas.

O cenário foi constituído de dois *data centers* homogêneos, ambos compostos por 3 *hosts*, totalizando 6 máquinas físicas. Os resultados foram obtidos em um conjunto de 1 à 30 máquinas virtuais com 1vCPU, 2GB de memória RAM e com capacidade de armazenamento de 10GB. A amostra é de tamanho 5 e os pontos aplicados aos gráficos são oriundos da média, sendo que o desvio padrão foi desprezível. O ambiente descrito na seção 4.1 tem baixa complexidade, devido ao número restrito de sensores utilizados. Na maioria das simulações, somente um dos dois *data centers* disponíveis foi ativado. Mesmo neste contexto, o número de combinações processadas, variou entre 1000 e 9000 *cloudlets*.

Os resultados obtidos encontram-se na Figura 5. O eixo *y* representa tempo em segundo para o processamento das solicitações, tanto na Figura 5(a) quanto na Figura 5(b). No entanto, o eixo *x* representa o número de *Cloudlets*, na Figura 5(a), e número de máquinas virtuais, na Figura 5(b). Na Figura 5(a), é perceptível o incremento no tempo total de processamento com o aumento de *Cloudlets*. Se o tempo gira em torno de 20 segundos para 1000 *Cloudlets*, ele atinge 140 quando a carga chega a 9000, portanto, aumenta 7x. Na Figura 5(b), observa-se o comportamento inverso, a medida que o poder de cálculo aumenta, o tempo reduz. Com uma única máquina virtual, o tempo era de pouco mais 270 segundos, chegando a menos de 30 com 30 máquinas virtuais.



(a) *Cloudlets* vs. tempo em segundos.



(b) Máquinas Virtuais vs. tempo em segundos.

Figura 5. Sistema Localizador de Etiquetas no *CloudSim*.

Os resultados preliminares são promissores, pois demonstram que o processamento das solicitações de um sistema de localização de etiquetas não é compatível com a capacidade de processamento local de componentes IoT. Com isso, a proposta de trabalho, integração com nuvem computacional, torna o processamento do sistema passível de resolução em um tempo de resposta aplicável em ambiente real.

5. Conclusão

A presença de componentes de Internet das Coisas em ambientes de médio porte é uma realidade, o trabalho está no melhor aproveitamento destes dados, transformando-os em

informações e atuação. Existem sistemas que trabalham com Internet das Coisas, outros com etiquetas RFIDs e, ainda, vários que são desenvolvidos em nuvem computacional. No entanto, a integração destes três componentes com um único objetivo, o desenvolvimento de um sistema capaz de coletar dados, em alguns casos sem que o usuário perceba, tratar, analisar e retorná-los em forma de atuação ou, simplesmente, no auxílio a tomada de decisão, é inovador.

Este trabalho propôs uma arquitetura, descreveu suas funcionalidades e apresentou resultados experimentais preliminares de um sistema de localização RFIDs em ambientes externos. Os resultados obtidos através dos simuladores Cooja e *CloudSim* demonstram que a área de interesse, atuação e tomada de decisão, pode ser tratada pela arquitetura do sistema. O sistema simulado é capaz de identificar os movimentos no cenário especificado e definir perfis. Além disso, a capacidade de processamento e armazenamento da nuvem computacional, simulada através do *CloudSim*, demonstrou a aplicabilidade dos conceitos de elasticidade e processamento neste tipo de ambiente.

Entre os principais pontos a serem trabalhados, a implementação desta arquitetura como um serviço SaaS da nuvem é uma meta a médio prazo. A curto prazo, pensa-se em alterar os cenários simulados com Cooja para que se possa quantificar a necessidade de processamento e, principalmente, o comportamento elástico da aplicação. Outro ponto não abordado aqui e passível de atenção que pode ser assunto para próximos trabalhos é referente a segurança de informações e tolerância a falhas.

Referências

- Aceto, G., Botta, A., de Donato, W., and Pescapè, A. (2013). Cloud monitoring: a survey. *Computer Networks*, 57(9):2093–2115.
- Ahmed, E., Yaqoob, I., Gani, A., Imran, M., and Guizani, M. (2016). Internet-of-things-based smart environments: state of the art, taxonomy, and open research challenges. *IEEE Wireless Communications*, 23(5):10–16.
- Aydos, T. F. and Ferreira, J. C. (2016). Rfid-based system for lean manufacturing in the context of internet of things. In *Automation Science and Engineering (CASE), 2016 IEEE International Conference on*, pages 1140–1145. IEEE.
- Baldini, A., Ciabattoni, L., Felicetti, R., Ferracuti, F., Longhi, S., Monteriú, A., and Freddi, A. (2016). Room occupancy detection: Combining rss analysis and fuzzy logic. In *Consumer Electronics-Berlin (ICCE-Berlin), 2016 IEEE 6th International Conference on*, pages 69–72. IEEE.
- Colella, R., Catarinucci, L., and Tarricone, L. (2016). Evaluating the suitability of specific rfid tags for iot applications through a new characterization platform. In *Computer and Energy Science (SpliTech), International Multidisciplinary Conference on*, pages 1–3. University of Split, FESB.
- Contiki (2016). Contiki: The open source os for the internet of things. <http://www.contiki-os.org/index.html>. Acessado: 2016-11-09.
- Cooja (2016). Releases cooja. <https://github.com/contiki-os/contiki/releases>. Acessado: 2016-11-09.

- Fortin-Simard, D., Bouchard, K., Gaboury, S., Bouchard, B., and Bouzouane, A. (2012). Accurate passive rfid localization system for smart homes. In *Networked Embedded Systems for Every Application (NESEA), 2012 IEEE 3rd International Conference on*, pages 1–8. IEEE.
- Foster, I., Zhao, Y., Raicu, I., and Lu, S. (2008). Cloud computing and grid computing 360-degree compared. In *Grid Computing Environments Workshop, 2008. GCE'08*, pages 1–10. Ieee.
- Gikas, V., Dimitratos, A., Perakis, H., Retscher, G., and Ettliger, A. (2016). Full-scale testing and performance evaluation of an active rfid system for positioning and personal mobility. In *Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2016 International Conference on*, pages 1–8. IEEE.
- Goyal, T., Singh, A., and Agrawal, A. (2012). Cloudsim: simulator for cloud computing infrastructure and modeling. *Procedia Engineering*, 38:3566 – 3572.
- Hofer, C. and Karagiannis, G. (2010). Taxonomy of cloud computing services. In *GLOBECOM Workshops (GC Wkshps), 2010 IEEE*, pages 1345–1350. IEEE.
- Ko, H.-G., Kim, T., Kim, B., Lee, D., Ko, I.-Y., and Hyun, S. J. (2014). Place-aware opportunistic service recommendation scheme in a smart space with internet of things. In *2014 IEEE 11th Consumer Communications and Networking Conference (CCNC)*, pages 477–482. IEEE.
- Kugler, P., Nordhus, P., and Eskofier, B. (2013). Shimmer, cooja and contiki: A new toolset for the simulation of on-node signal processing algorithms. In *2013 IEEE International Conference on Body Sensor Networks*, pages 1–6. IEEE.
- Mell, P. and Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing. NIST SP 800-145, National Institute of Standards and Technology.
- Rampim, R. d. F. D. (2016). *Internet das Coisas sem mistérios*, volume 1. Netpress Books.
- Sgouropoulos, D., Spyrou, E., Siantikos, G., and Giannakopoulos, T. (2015). Counting and tracking people in a smart room: An iot approach. In *Semantic and Social Media Adaptation and Personalization (SMAP), 2015 10th International Workshop on*, pages 1–5. IEEE.
- Shah, S. H. and Yaqoob, I. (2016). A survey: Internet of things (iot) technologies, applications and challenges. In *Smart Energy Grid Engineering (SEGE), 2016 IEEE*, pages 381–385. IEEE.
- Teixeira, F. A., Vieira, G. M., Fonseca, P. M., Pereira, F. M. Q., Wong, H. C., Nogueira, J. M. S., and Oliveira, L. B. (2015). Defending internet of things against exploits. *IEEE Latin America Transactions*, 13(4):1112–1119.
- Zhang, Q., Cheng, L., and Boutaba, R. (2010). Cloud computing: state-of-the-art and research challenges. *Journal of Internet Services and Applications*, 1:7–18.