

## SIMULAÇÃO DE REDES DE SENsoRES COM NODOS MÓVEIS

ANDREA VERONICA GONZÁLEZ<sup>1</sup>; PAULO R. FERREIRA JR.<sup>2</sup>; LISANE DE  
BRISOLARA BRISOLARA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*UFPel – Universidade Federal de Pelotas – av.gonzalez@inf.ufpel.edu.br*

<sup>2</sup>*UFPel – Universidade Federal de Pelotas – paulo@inf.ufpel.edu.br*

<sup>3</sup>*UFPel – Universidade Federal de Pelotas – lisane@inf.ufpel.edu.br*

### 1. INTRODUÇÃO

As redes de sensores sem fio (RSSF) vêm sendo pesquisadas desde meados dos anos 90, porém vem ganhando destaque nos últimos anos. Avanços nas comunicações sem fio permitiram o desenvolvimento de nós sensores minúsculos, multifuncionais, com baixo custo, baixo consumo de energia e que podem sensorear o ambiente, realizar o processamento de dados e comunicarem-se uns com os outros facilmente em curtas distâncias (SHOREY, 2006).

Esse tipo de rede vem sendo cada vez mais aplicado no monitoramento de ambientes industriais, ambientes de natureza hostil ou de difícil acesso, em sistemas de vigilância, controle de tráfego urbano, prevenção de incêndios, entre outros.

Projetar e implementar uma RSSF é uma tarefa que inclui vários desafios, como por exemplo, obter soluções com baixo consumo de energia e lidar com limitações de memória e CPU. Projetistas devem se preocupar com problemas de topologia, de segurança, de comunicação e também com o custo da solução e qualidade do serviço oferecido pela rede.

As áreas que serão monitoradas pela rede variam muito em extensão e tipo de ambiente, dependendo da aplicação onde esta será empregada. Projetar uma rede para uma aplicação de segurança predial é diferente de projetar uma RSSF para monitorar a variação de temperatura em uma floresta. Para que seja possível explorar e avaliar diferentes soluções de projeto de uma forma rápida e sem experimentos de campo, uma estratégia é a utilização de ferramentas para o projeto e a simulação das redes. Usando ferramentas é possível avaliar várias configurações e topologias da rede em um ambiente que imita o ambiente real onde a rede deverá ser instalada. Tudo isso em um ambiente virtual, sem os custos de uma implementação real e sem todos os problemas de instalação no ambiente real.

Os nós de uma RSSF podem ser descartados, perdidos ou saírem de serviço por diferentes razões como falta de energia, ataques à segurança, ou ainda, falhas nos componentes ou na comunicação (RUIZ, 2003), o que pode fazer com que a cobertura da rede em determinadas regiões seja reduzida. Nestes casos, nodos poderiam ser movidos para esta região de forma a eliminar ou reduzir a região sem cobertura da RSSF. Redes de sensores sem fio com mobilidade de nodos podem aumentar a capacidade e alcance da rede, além de aumentar a flexibilidade para suportar vários desafios e restrições em RSSF.

Recentemente, nosso grupo de pesquisa desenvolveu uma infra-estrutura para simulação de RSSF, nomeada EBORACUM (EBORACUM, 2014), que permite modelar graficamente uma rede e simular seu comportamento. No entanto, esta infra-estrutura não permite ainda, a simulação de nodos com mobilidade.

Este trabalho tem como objetivo a extensão do EBORACUM visando oferecer suporte à simulação de RSSF com nodos móveis, permitindo assim avaliar diferentes padrões de movimento e também, avaliar como os protocolos de rede *ad-hoc* conseguem lidar com a mobilidade dos nodos.

As RSSF com nodos móveis serão revisadas na seção 2, enquanto na seção 3, a infra-estrutura para simulação de RSSF em desenvolvimento é apresentada. Na seção 4, a extensão desta infra-estrutura para suporte a simulação de RSSF com nodos móveis é discutida e a seção 5 apresenta a conclusão.

## 2. REDES DE SENsoRES SEM FIO COM NODOS MÓVEIS

As redes de sensores sem fio podem ser vistas como um tipo especial de rede móvel *ad-hoc* MANET (*Mobile Ad-hoc Network*) e como uma das vertentes da computação ubíqua (LOUREIRO, 2003). Esse tipo de rede possui um grande número de elementos distribuídos, operam sem intervenção humana direta, têm restrições severas de energia, e devem possuir mecanismos para autogerenciamento em função de sua aplicação em áreas remotas. Quando os nodos de uma rede são móveis, a rede é classificada como MWSN (*Mobile Wireless Sensor Network*), ou seja, redes de sensores sem fio com mobilidade dos seus nodos. Porém, há uma diferença entre RSSF do tipo MANET e tipo MWSN, pois uma MANET tem mobilidade arbitrária enquanto que em uma MWSN essa mobilidade é intencional e planejada.

Em uma aplicação de RSSF centralizada, os dados dos sensores são encaminhados a uma estação base (*sink*), onde podem ser processados. Um dado sensoreado por um sensor qualquer da rede, normalmente deverá ser transmitido através de vários *hops* até chegar à estação base. Algumas MWSN usam estações base móveis que atravessam a região onde os sensores estão instalados para realizar a coleta dos dados, o que reduz a distância, ou seja, diminui a quantidade de transmissões necessárias.

No entanto, segundo Rezadeh (2012), as redes MWSN trazem alguns desafios como a localização dos nodos e a conexão da rede dinâmica. Em uma rede com nodos fixos, sabe-se o local onde o nodo encontra-se, mas em uma rede MWSN, é necessário o emprego de algoritmos de localização dos mesmos. A definição da topologia de rede dinâmica, exige que novos roteamentos e protocolos MAC (*Medium Access Control*) sejam empregados. Os modelos de consumo de energia de uma RSSF diferem dos modelos de uma MWSN, uma vez que neste último, a descoberta da rede e atualização dos dados ocorre com maior frequência, aumentando o consumo energético dos nodos.

## 3. EBORACUM

O EBORACUM é uma extensão do Ptolemy II (PTOLEMY, 2014) e VisualSense (BALDWIN et al., 2004), que reusa a infra-estrutura de simulação visual provida pelo Ptolemy II e as primitivas providas pelo VisualSense para modelar comunicações sem fio. Esta infra-estrutura está implementada em Java na forma de um framework de classes, que pode ser facilmente estendido.

No EBORACUM, primitivas de modelagem são usadas para representar a plataforma de uma RSSF, com seus principais componentes (nodos sensores e nodo *sink*). O nodo básico da RSSF é representado pela classe abstrata *WirelessNode*. Esta classe possui duas subclases: *BasicWirelessSensorNode* e *NetworkMainGateway*, que representam um nodo sensor e um nodo do tipo *sink* ou estação base, respectivamente. A classe *BasicWirelessSensorNode* ainda foi

especializada para definir um nodo que inclui uma CPU para processamento de tarefas associadas a um evento, criando a classe *SimpleFIFOBasedCPUWirelessSensorNode*. Quando um nodo deste tipo percebe um evento, todas as tarefas associadas a este evento são inseridas na FIFO e seus custos de energia e de tempo de processamento serão considerados durante a avaliação de desempenho da rede. Para conectar os nodos em rede, uma classe abstrata chamada *AdHocNetwork* foi definida, na qual parâmetros para a rede são definidos, bem como o desenho das conexões entre os nodos. Esta classe foi especializada para a criação de um ator responsável para a criação de uma rede *ad-hoc* simples de acordo com o posicionamento dos nodos e seus raios de comunicação, o qual foi nomeado *SimpleAdhocNetwork*.

Conforme proposto em (FERREIRA JR., 2015), a infra-estrutura desenvolvida permite avaliar diferentes configurações de RSSF, variando o tamanho da rede, o posicionamento dos nodos, a topologia da rede, entre outros detalhes de configuração como raios de alcance dos rádios e dos sensores. Além de modelar a plataforma, a infra-estrutura permite modelar também aplicações reativas, gerando a carga a ser empregada na rede para simular uma aplicação real.

Além desta estrutura para modelar a plataforma de hardware da RSSF em um alto nível de abstração, também foram criadas classes que permitem avaliar diferentes estratégias de balanceamento de carga na RSSF e também classes auxiliares para a geração dos *benchmarks* e de relatórios. A ideia da geração *benchmarks* é facilitar a configuração e geração automática de cenários (geração em escala) para experimentos.

#### **4. SOLUÇÃO PROPOSTA**

A extensão do EBORACUM proposta permitirá modelar e simular MWSN. Para atingir este objetivo, as primitivas de modelagem da plataforma suportadas no EBORACUM foram revisadas e novas classes são criadas para suportar a modelagem de nós sensores móveis. Com a mobilidade dos nodos, a definição da rede *ad-hoc* também deve ser revisada.

Será acrescentada uma nova classe chamada *MobileWirelessSensorNode* que é uma subclasse de *WirelessSensorNode*, que implementará a mobilidade dos nodos. Além dessa nova classe, será necessário estender a classe *AdHocNetwork*, criando um novo ator que será nomeado *MobileAdHocNetwork*, visto que agora haverão nodos móveis inseridos na rede e estas classes precisam ter adaptações para perceber o movimento do nodo e adaptar as conexões de rede a medida em que os nodos mudem de posição.

#### **5. CONCLUSÃO**

Este trabalho, primeiramente, discute a modelagem e simulação de redes de sensores sem fio e revisa o framework EBORACUM para suporte a simulação de RSSF. Como esta infra-estrutura não permite a simulação de redes com nodos sensores móveis, este trabalho também discute a extensão desta infra-estrutura visando permitir a avaliação de redes compostas por nodos móveis. Como trabalhos futuros, a extensão discutida neste trabalho será implementada no framework EBORACUM e experimentos serão conduzidos para validar a solução proposta.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERREIRA Jr., P.; BRISOLARA, L.; INDRUSIAK, L. Decentralized load balancing in event-triggered WSNs based on ant colony work division. In: **Euromicro Conference Series on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA)**, Funchal 2015 (aceito para publicação).

BALDWIN, P.; KOHLI, S.; LEE, E.A.; LIU, X.; ZHAO, Y. Modeling of sensor nets in Ptolemy II. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INFORMATION PROCESSING IN SENSOR NETWORKS**, 3., 2004. Anais. [S.I.: s.n.], 2004, p.359-368.

BASANTA VAL, Pablo, Marisol Garcia Valls, and Miguel Baza Cuñado. A Simple Data-MulingProtocol. **Transactions on Industrial Informatics (IEEE)**, v.10., n. 2, 2014, p. 895-902.

BAZA CUÑADO, Miguel. **Diseño e implementación de una plataforma de monitorización con mulas de datos para una red de motas dispersas Sun SPOT**. 2011. Monografia (Ingeniería Técnica em Telemática), Universidad Carlos III de Madrid.

EBORACUM: **Wireless Sensor Networks framework for Ptolemy II/ VisualSense**. 2014. Disponível em: <http://sourceforge.net/projects/eboracum/>

LOUREIRO, Antonio AF et. al. Redes de sensores sem fio. In: **Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC)**. 2003. p. 179-226.

PTOLEMAEUS, C. (Ed.). **System Design, Modeling and Simulation using Ptolemy II**. [S.I.]: Ptolemy.org, 2014. Disponível em: <http://ptolemy.org/books/Systems>.

PTOLEMY. **Ptolemy II. Heterogeneous model and design**. Disponível em: <http://ptolemy.eecs.berkeley.edu?index.htm>.

RUIZ, Linnyer Beatrys; NOGUEIRA, JMS MANNA. **Uma arquitetura para o gerenciamento de redes de sensores sem fio**. Technical Report DCC/UFMG RT. 005/2002, Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.

REZAZADEH, Javad. Mobile Wireles Sensor Networks Overview. **International Journal of Computer Communications and Networks (IJCCN)**, v. 2, n. 1, 2012.

SHOREY, Rajeev et al. (Ed.). **Mobile, wireless, and sensor networks: technology, applications, and future directions**. John Wiley & Sons, 2006.