

# Provisionamento de QoS para Aplicações de Redes de Sensores sem Fios Baseadas em SDN e Roteamento com Múltiplos Caminhos

Resumo expandido - Disciplina de TCC290009

**André Felipe Weber**

Estudante do Curso de Engenharia de Telecomunicações

**Tiago Semprebom**

Professor orientador

**Eraldo Silveira e Silva**

Professor coorientador

Semestre 2018-1

**Resumo-** *As redes de sensores sem fio (RSSFs) se tornaram um recurso valioso no contexto da Internet das Coisas (IoT). Diversos domínios de aplicação como militar, hospitalar, de segurança e de sistemas de controle utilizam dados escalares e multimídia produzidos por inúmeros módulos espalhados em uma região. O gerenciamento destes módulos na RSSF é essencial para o correto funcionamento da RSSF. Porém as limitações de bateria, poder de processamento e memória em conjunto com a heterogeneidade dos módulos torna este processo complexo. Como consequência, garantir níveis de QoS (Quality of Service), aliados ao baixo consumo energético e roteamento eficiente nas RSSFs se torna um desafio. O conceito de Software Defined Networking (SDN) permite que a complexidade do roteamento seja separada, fisicamente, dos módulos e seja repassada para um controlador em um servidor remoto. Deste modo, este trabalho propõe implementar uma RSSF, que utiliza o protocolo SDN-WISE e algoritmos de roteamento com múltiplos caminhos, que são executados na nuvem, para prover QoS às aplicações que executam sobre a RSSF.*

**Palavras-chave:** Redes de Sensores Multimídia sem Fio, roteamento, QoS, IoT, SDN.

## 1 Introdução

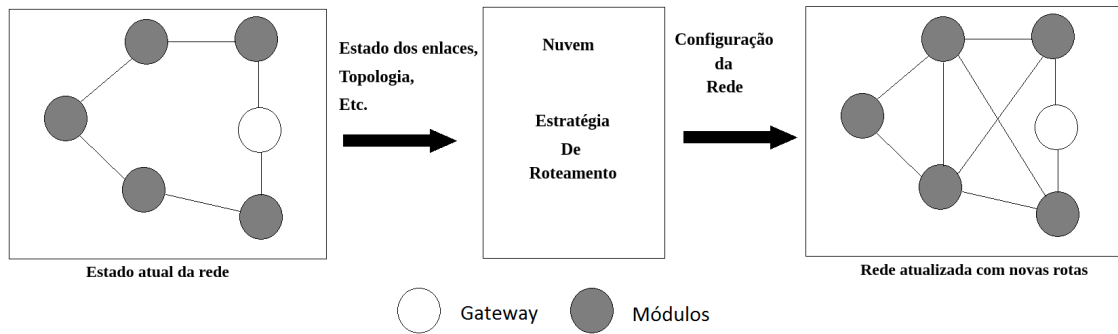
As RSSFs (Redes de Sensores Sem Fio) tendem a executar uma função colaborativa onde os sensores proveem dados, que são processados (ou consumidos) por nodos especiais chamados de sorvedouros (*sink nodes*). Estes nodos sensores geram dados escalares (luz, temperatura, umidade, etc.) e multimídia através de suas câmeras, microfones e sensores. Transmitem utilizando um transceptor acoplado, e são limitados em memória, processamento e bateria.

Com a popularização da IoT (Internet das Coisas), a dificuldade de gerenciamento das RSSFs ficou ainda mais latente, principalmente, devido às limitações de *hardware* dos módulos (e.g. processamento e memória). Dessa forma, existe a demanda no desenvolvimento de técnicas de gerenciamento que melhorem a capacidade de escalabilidade das RSSFs. O conceito de SDN (*Software Defined Networking*) surge como uma das técnicas utilizadas nas RSSFs para gerenciamento da topologia, consumo energético e roteamento da rede para satisfazer às exigências de QoS das aplicações (NDIAYE; HANCKE; ABU-MAHFOUZ, 2017).

O princípio básico do SDN é a separação da rede em plano de controle e plano de dados. Onde o primeiro é responsável pelas decisões de roteamento e o segundo pelo roteamento dos dados. Dessa forma, um controlador centralizado, em um servidor remoto, controla e gerencia o roteamento realizado pelos módulos no plano de dados. Por exemplo, um controlador de uma RSSF em uma *Smart Home* pode utilizar algoritmos complexos de roteamento para garantir, em tempo-real, a banda necessária para que um sensor com capacidade multimídia transmita seus dados de acordo com as exigências de QoS (*Quality of Service*) da aplicação.

O protocolo SDN-WISE utiliza a arquitetura SDN para reduzir a complexidade de configuração e gerenciamento das RSSFs. Desta forma, um controlador separado fisicamente do restante da rede executa algoritmos de roteamento complexos em um servidor remoto, enquanto módulos da rede encaminham os dados de um *source* até o *sink*, de acordo com a tabela de roteamento recebida do controlador.

A utilização da abordagem SDN economiza energia dos módulos e permite o uso de algoritmos complexos de roteamento que utilizam, por exemplo, múltiplos caminhos e saltos para garantia do QoS. Deste modo, este trabalho propõe um sistema (Figura 1) que utiliza o protocolo SDN-WISE para capturar informações do estado dos enlaces da RSSF e enviar para um controlador remoto (na nuvem), que executa um algoritmo de roteamento. O algoritmo de roteamento considera métricas de QoS (*Quality of Service*) da aplicação em sua execução. Por exemplo, maximizar o tempo de vida da rede, atraso fim-a-fim e largura de banda. Por fim, após a execução do algoritmo, o controlador envia uma mensagem de atualização para os nodos da rede, podendo alterar ou adicionar novas rotas de encaminhamento de mensagens (roteamento multicaminho).



**Figura 1 - Modelo do sistema**

### 1.1 Objetivos Gerais:

O objetivo geral deste trabalho é implementar uma rede de sensores sem fio, baseada no conceito de SDN (*Software Defined Network*) e de roteamento por múltiplos caminhos, com fins de prover QoS para aplicações que executam sobre a RSSF.

### 1.2 Objetivos específicos:

- Implantar a plataforma SDN-WISE no simulador Cooja e testar a operacionalidade sobre os sensores Micaz;
- Analisar e propor regras de roteamento multicaminho para o cumprimento de requisitos de QoS das aplicações que executam sobre o SDN-WISE;
- Implementar as regras de roteamento multicaminho em uma aplicação piloto, utilizando o simulador Cooja;
- Implantar uma rede real com a aplicação definida anteriormente e avaliar o comportamento da mesma.

## 2 Metodologia

Duas estratégias serão abordadas durante desenvolvimento do sistema proposto neste trabalho: (i) utilizar, para experimentos, a plataforma de SDN, desenvolvida para o SDN-WISE, e (ii) simular uma aplicação em uma RSSF, baseada no SDN, e então, implementá-la em um conjunto de nodos reais.

Com o objetivo de priorizar o desenvolvimento do sistema proposto, dentro do tempo disponível, seis etapas a serem seguidas foram elaboradas:

1. Instalar e estudar a estrutura da plataforma SDN-WISE no simulador Cooja. Este simulador permite que o mesmo código utilizado em sensores reais seja executado em sensores virtuais. Pretende-se construir um exemplo de RSSF baseada no conceito de SDN. Para isso, serão implementados um controlador SDN (em um *Desktop*), um módulo *sink* (atuando como um *gateway*) e uma rede de sensores MICAz no plano de dados.

A partir deste exemplo, pretende-se realizar testes básicos com objetivo de avaliar as potencialidades da plataforma. Deve-se atentar ao fato de que não houveram (ou ao menos não há referências) de testes realizados utilizando o SDN-WISE sobre os sensores MICAz, disponíveis no IFSC. Os experimentos disponibilizados<sup>1</sup> pelos autores do SDN-WISE foram realizados utilizando módulos próprios, isto é, com processador e memória possivelmente superiores ao dos módulos emulados no Cooja. Por isso, será necessário verificar a operacionalidade do protocolo nos módulos MICAz.

2. Verificar a operacionalidade da rede SDN usando os sensores MICAz reais;
3. Definir uma aplicação piloto e determinar os requisitos de QoS exigidos por ela. E, com base nestas exigências definir um conjunto de regras de roteamento para aplicação na SDN de forma a explorar múltiplos caminhos e saltos para consecução dos requisitos de QoS;

Por padrão o SDN-WISE utiliza o algoritmo de Dijkstra (GALLUCCIO et al., 2015b) para encontrar o menor caminho entre o *source* e o *sink*. Porém, neste trabalho é proposto que a escolha dos caminhos seja feita de acordo com a exigências de QoS e estado dos enlaces da rede. Portanto, os requisitos de QoS (tempo de vida da rede, atraso fim a fim, etc.) e o consumo energético de aplicações que se executam sobre o SDN-WISE serão estudados. E com base nessas informações, serão propostas regras de roteamento por um único ou múltiplos caminhos e saltos que melhor atendam às exigências impostas por estas aplicações.

A viabilidade da implementação de estratégias complexas de roteamento é assegurada pela arquitetura do SDN-WISE. O protocolo separa, fisicamente, o controlador do restante da rede (módulos), permitindo o uso de servidores remotos para execução das estratégias de roteamento. O que não seria viável em RSSFs comuns devido às limitações de hardware dos módulos.

4. Propor um esquema de automatização na produção de regras de roteamento por múltiplos caminhos e saltos em função dos requisitos de QoS de uma aplicação;
5. Testar a operacionalidade do esquema de roteamento por múltiplos caminhos e saltos com QoS sobre a rede simulada e sobre a rede física;
6. Finalizar o documento da monografia de TCC (Trabalho de Conclusão de Curso).

### 3 Resultados e Discussão

Alguns experimentos utilizando os motes MICAz no Cooja e em aplicações reais já foram realizadas. E portanto sabe-se das limitações de *hardware* do MICAz quando comparados a outros módulos como o Tmote Sky<sup>2</sup>. Por isso testar a operacionalidade

<sup>1</sup><http://sdn-wise.dieei.unict.it/docs/guides/GetStarted.html>

<sup>2</sup><https://wirelessnetworks.weebly.com/blog/tmote-sky>

do SDN-WISE no MICAz tanto nas simulações quanto em aplicações reais é de suma importância.

Assume-se que o poder de processamento e a quantidade de memória do módulo emulado pelos autores no Cooja é, possivelmente superior, ao do MICAz pois em Galluccio et al. (2015a) os autores realizaram experimentos com o módulo Embit EMB-Z2530PA que possui o dobro de memória RAM e flash do MICAz.

## Referências

GALLUCCIO, L. et al. Reprogramming wireless sensor networks by using sdn-wise: A hands-on demo. In: IEEE. *Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS), 2015 IEEE Conference on*. 2015. p. 19–20. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7179322/>>. Acesso em: 20 de maio de 2018.

GALLUCCIO, L. et al. Sdn-wise: Design, prototyping and experimentation of a stateful sdn solution for wireless sensor networks. In: IEEE. *Computer Communications (INFOCOM), 2015 IEEE Conference on*. 2015. p. 513–521. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7218418/>>. Acesso em: 20 de maio de 2018.

NDIAYE, M.; HANCKE, G. P.; ABU-MAHFOUZ, A. M. Software defined networking for improved wireless sensor network management: A survey. *Sensors*, v. 17, n. 5, 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5469636/>>. Acesso em: 20 de maio de 2018.