



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2021

CONSTRUÇÃO AUTOMÁTICA DE SISTEMAS FUZZY PARA O GERENCIAMENTO DE ENERGIA DE REDES DE SENSORES SEM FIO

Jaevillen F. Oliveira¹; Matheus G. Pires²

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduanda em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: jaevillenoliveira@gmail.com
2. Orientador, DEXA, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: mgipires@comp.uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: construção automática de sistemas fuzzy, redes de sensores sem fio, consumo de energia.

INTRODUÇÃO

O conceito de Cidades Inteligentes (*Smart Cities*) consiste em projetos que implementam tecnologias no espaço das cidades com intuito de promover melhores experiências e condições de vida para seus moradores. Nessa área de pesquisa, uma das maiores aplicações são os sistemas de monitoramento, que envolvem, principalmente, as Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) [1], para a coleta de dados, e Internet das Coisas (IoT) [2], para a transmissão dos dados coletados através da Internet.

Atualmente, abordagens baseadas em Inteligência Artificial, mais especificamente os Sistemas Baseados em Regras Fuzzy (SBRF), os quais são baseados na Teoria dos Conjuntos Fuzzy, proposto por Zadeh [4], têm sido usados para controlar as RSSF [3]. A grande vantagem da aplicação desse tipo de sistema é a capacidade que este possui em modelar e processar informações imprecisas, de uma forma mais robusta do que a lógica dos sistemas comuns.

Um fator importante que deve ser considerado na aplicação de um SBRF é a construção da Base de Conhecimento, a qual possui relação direta no desempenho final do sistema. Assim, formas automáticas no aprendizado da Base de Conhecimento de um SBRF são amplamente utilizadas atualmente. Em particular, um alto número de publicações tem explorado o uso de Algoritmos Evolutivos Multiobjetivo (AEMO), pois a construção da Base de Conhecimento de um SBRF é um problema desafiador para a comunidade científica, em função da necessidade de considerar o balanceamento entre precisão e interpretabilidade, ou seja, este é um problema multiobjetivo. Aumentar a precisão de um SBRF significa aumentar a taxa de acerto e aumentar a interpretabilidade consiste em otimizar dois aspectos: a complexidade e a semântica.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é estudar, modelar e implementar um algoritmo evolutivo multiobjetivo para a construção da base de conhecimento de sistemas fuzzy, os quais serão responsáveis em gerenciar redes de sensores sem fio, visando o aumento de sua eficiência e a redução do consumo de energia. Todo o processo de construção do sistema será automático, sem necessitar de intervenção de especialista humano.

METODOLOGIA

Primeiramente, foi criado um ambiente para simulação da RSSF utilizando a ferramenta *Omnet++* [5], que é um simulador de eventos modular orientado à objetos. Além deste simulador, também foi usado o *framework INET* [6], que é um modelo *Omnet++* para redes com e sem fio e aplicações móveis.

Em relação aos experimentos, foram simulados três cenários com topologias distintas. No primeiro cenário, a rede possui três pontos de acesso e sete sensores (ver Figura 1). No segundo cenário, a rede possui nove pontos de acesso e doze sensores (ver Figura 2). No terceiro cenário são 15 pontos de acesso e 20 sensores (ver Figura 3). Nos três casos, a rede conta com sensores escalares, de áudio e de vídeo.

Figura 1. Cenário 1

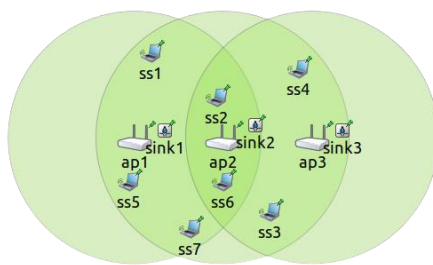


Figura 2. Cenário 2

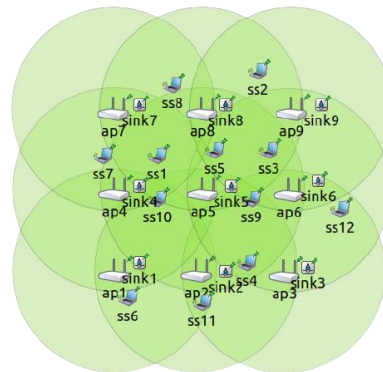
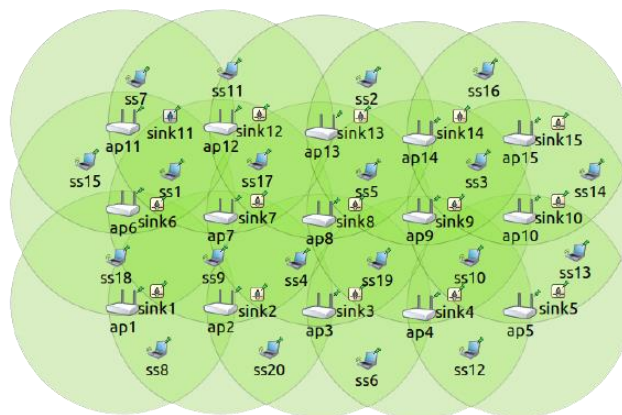


Figura 3. Cenário 3



Cada teste possui um tempo de simulação de 240 segundos, onde os sensores enviam pacotes de 1500 *bytes* através de seus respectivos pontos de acesso, em intervalos de tempo determinados através da distribuição de Poisson [7]. Para cada cenário são realizados 10 testes, com diferentes padrões de transmissão.

O SBRF, responsável por controlar o funcionamento dos pontos de acesso (ligado/desligado), foi implementado no *MATLAB* [8]. As variáveis de entrada do SBRF descrevem informações dos pontos de acesso, que são, *Received Signal Strength Indication* (RSSI); número de pontos de acesso vizinhos; número de sensores conectados ao ponto de acesso e *throughput*. A variável de saída controla o ponto de acesso da rede, ou seja, se o ponto de acesso permanecerá ligado ou não.

Por fim, o Algoritmo Genético Multiobjetivo (AGMO) foi implementado em *JAVA* utilizando o *Framework JMetal* [9], versão 5.6. O AGMO escolhido foi o NSGA-II (*Non-*

dominated Sorting Genetic Algorithm), proposto por [10], o qual é baseado em uma ordenação elitista por dominância. O algoritmo utiliza o conceito de Dominância de Pareto para ordenar soluções de acordo com objetivos que são conflitantes entre si. O objetivo do algoritmo é encontrar soluções em que os objetivos são mais equilibrados. Como o AGMO é responsável por otimizar os conjuntos fuzzy do sistema, cada indivíduo (cromossomo) representa uma codificação dos parâmetros desses conjuntos. O operador genético de seleção utilizado foi o Torneio Binário; o de cruzamento foi o BLX Alpha, com taxa de 70%, e o Mutação Simples com taxa de 20%. Os objetivos selecionados para a função de *fitness* foram o consumo energético e a perda de pacotes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para analisar a relevância da solução proposta, esta foi comparada com outras três abordagens: *Always On*, onde os pontos de acesso estão sempre ligados; *Random Off*, onde os pontos de acesso são desligados de forma aleatória durante a simulação (porém obedecendo à uma restrição onde apenas metade do total de pontos de acesso podem ser desligados); e *Fuzzy Controlled*, onde um controlador fuzzy faz a tomada de decisão de quais pontos serão desligados.

Os resultados, comparando todas as abordagens citadas, podem ser vistos nas Figuras de 4 a 9. As Figuras 4 e 5 mostram o consumo energético e a perda de pacotes, respectivamente, para o cenário 1. As Figuras 6 e 7 mostram essa mesma sequência de resultados para o cenário 2, e as Figuras 8 e 9 para o cenário 3.

Figura 4. Potência consumida C1.

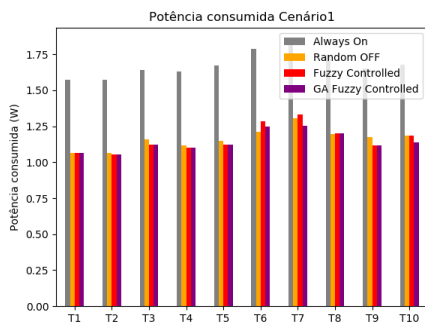


Figura 5. Perda de Pacotes C1.

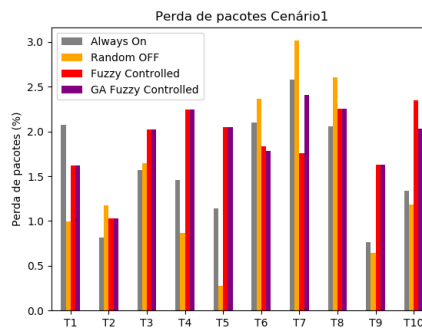


Figura 6. Potência consumida C2.

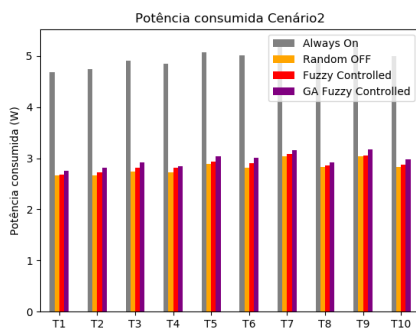


Figura 7. Perda de Pacotes C2.

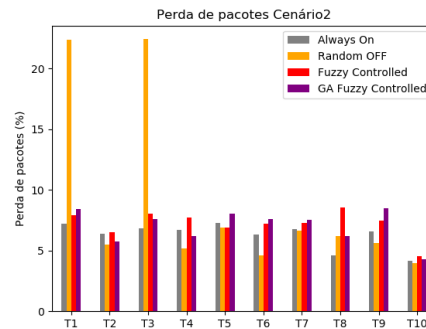


Figura 8. Potência consumida C3.

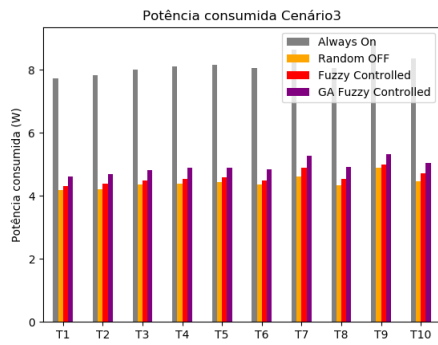
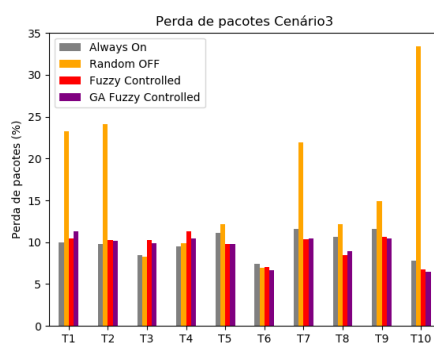


Figura 9. Perda de Pacotes C3.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nos experimentos mostraram que ambas as abordagens *Fuzzy Controlled* e *GA Fuzzy Controlled* obtiveram melhores resultados quando comparados com as demais abordagens. No entanto, a abordagem *GA Fuzzy Controlled* obteve resultados muito similares à abordagem *Fuzzy Controlled*. Sendo assim, não foi possível afirmar que o AGMO conseguiu gerar uma modelagem *fuzzy* melhor que a modelagem uniforme.

Com os conhecimentos obtidos a partir deste trabalho, percebeu-se que apenas a otimização dos conjuntos não é suficiente para melhorar as medidas de qualidade da rede. A base de regras por outro lado possui um grande potencial para atingir tal objetivo. Poucas mudanças na base de regras podem mudar o comportamento geral da rede, fazendo com que o sistema fuzzy tome decisões mais assertivas, quando se fala de consumo energético e qualidade de transmissão. Portanto, pretende-se, como trabalhos futuros, fazer a otimização da base de regras de forma a encontrar uma configuração que trate ambos os objetivos de maneira balanceada, a fim de se obter redes de sensores mais eficientes.

REFERÊNCIAS

- [1] LOUREIRO, A. A. F. et al. Redes de sensores sem fio. **Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC)**, p.179-226, 2003.
- [2] ZANELLA, A. et al. Internet of things for smart cities. **IEEE Internet of Things journal**, v.1, n.1, p.22-32, 2014.
- [3] COLLOTTA, M.; PAU, G.; COSTA, D. G. A fuzzy-based approach for energy-efficient Wi-Fi communications in dense wireless multimedia sensor networks. **Computer Networks**, v.134, p.127-139, 2018.
- [4] ZADEH, L. A. Fuzzy Sets. **Information and Control**, n.8, p.338-353, 1965.
- [5] OMNeT++. Disponível em: <<https://omnetpp.org/>>. Acesso em 28/07/2021.
- [6] INET Framework. Disponível em: <<https://inet.omnetpp.org/>>. Acesso em 28/07/2021.
- [7] DASKALAKIS, C.; DIAKONIKOLAS, I.; SERVEDIO, R. A. **Learning poisson binomial distributions**, arXiv:1107.2702 [cs.DS], 2011.
- [8] MATLAB. Disponível em: <<https://www.mathworks.com/products/matlab.html>>. Acesso em 28/07/2021.
- [9] jMetal 5, 2020. Disponível em: <<https://jmetal.github.io/jMetal/>>. Acesso em 28/07/2021.
- [10] DEB, K.; PRATAP, A.; AGARWAL, S. and MEYARIVAN, T. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: Nsga-ii, **IEEE Transactions on Evolutionary Computation**, vol.6, no.2, pp.182-197, 2002.