



Implementação de Função Objetivo para Protocolo RPL Baseada em Lógica Fuzzy com Foco em Desempenho e Eficiência Energética em Redes IoT.

Victor F. Santolim*, Victor F. Ferrari*, Eduardo R. de Lima e Luís G. P. Meloni

Resumo

Este trabalho explora uma nova função objetivo baseada em lógica fuzzy para o protocolo RPL em redes IoT. A partir de simulações realizadas no OMNeT++ e código C++ correspondente, é proposta uma implementação em *hardware* para operação em tempo real em uma rede de dispositivos IoT. A análise experimental permitirá verificar e confrontar as diferenças teóricas atestadas em métricas de qualidade com a prática, por meio da observação do comportamento de medidores de energia IoT e outros dispositivos conectados em rede.

Palavras-chave:

RPL, Lógica Fuzzy, IoT

Introdução

A internet das coisas (IoT) é uma das áreas da computação em grande ascensão, constitui-se de uma miríade de dispositivos que se comunicam em rede [1]. Um dos protocolos mais utilizados nesse contexto é o RPL - Routing Protocol for Low Power and Lossy Networks, que trata o roteamento de mensagens na rede com construção e manutenção de uma árvore conectando todos os dispositivos, chamados de nós, via comunicação sem fio. Todo nó da rede comunica-se diretamente com seu pai, com exceção do nó raiz. A escolha dos nós pais é dada pela minimização do valor produzido por uma função objetivo baseada em métricas da rede. O aperfeiçoamento da função objetivo é importante para garantir eficiência em redes IoT, como o baixo consumo de energia, baixa latência, e seleção das melhores rotas. O sistema deve ser resiliente na comunicação de pacotes face às quedas de enlaces em topologia *mesh* da rede e, simultaneamente, deve manter baixa a demanda de recursos de *hardware*. Uma das abordagens possíveis para esse fim é a implementação de uma função objetivo baseada em lógica fuzzy (difusa) [2].

Resultados e Discussão

Dentre as diversas métricas de ambiente que foram escolhidas como parâmetros da função objetivo, estão ETX (*Expected Transmission Count*), *Hop Count* e NRE (*Node Remaining Energy*), conforme avaliado teoricamente no simulador de rede OMNeT++ por Da Silva et al. [2]. O intuito dessa escolha é permitir a comparação dos resultados teóricos e práticos para uma mesma função objetivo.

A implementação está sendo realizada inicialmente no *kit* de avaliação Tesseract MB-RX604S-02, que possui o certificado Wi-SUN FAN, da Wi-SUN Alliance. Em um futuro próximo, a implementação será integrada a um dispositivo IoT medidor de energia com *hardware* similar ao *kit* Tesseract. Procura-se montar uma rede de demonstração, com um pequeno número de dispositivos compatíveis em localizações diversas de um edifício, simulando um ambiente real de propagação de sinais de rede sem fio IEEE 802.15.4g.



Figura 1. Dispositivo de teste Tesseract MB-RX604S-02

Na validação experimental, espera-se resultados similares aos obtidos por simulações em Da Silva, et al. [2], que indicam uma melhoria de 11-13% na longevidade da rede, sem aumento substancial no tempo de formação da árvore, bem como serão observadas eventuais diferenças em taxas de perda de pacotes e latência. Os testes serão realizados com base em metodologias descritas em Kamgueu et al. [3], com possíveis modificações e adaptações.

Conclusões

Ao final da implementação, espera-se que o desempenho da rede seja melhorado por fatores similares aos vistos nas simulações. No futuro outras métricas podem ser combinadas na função objetivo, como latência ou qualidade do *link* de rádio, para fins de comparação. Outra possibilidade é explorar técnicas diferentes de combinação de métricas de ambiente viáveis para sistemas embarcados.

Agradecimentos

A equipe agradece o apoio do Instituto de Pesquisas Eldorado (Projeto da ANEEL-COPEL 2866-0366/2013), e do Laboratório RT-DSP da FEEC-UNICAMP.

[1] Salman, T.; Jain, R. A *Survey of Protocols and Standards for Internet of Things*. Advanced Computing and Communications, Vol. 1, No. 1, 2017

[2] Da Silva, E. S. S.; Oliveira, S.; Hamerschmidt, M. B.; De Lima, E. R. e Meloni, L. G. P. *Fuzzy Logic Based Objective Function and Parent Selection Set Design for RPL Protocol*. Em: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES E PROCESSAMENTO DE SINAIS XXXVII, 2019 (Submetido). Petrópolis, RJ. pp. 1-5.

[3] Kamgueu, P.; Nataf, E. e Djotio, T. N. *On Design and Deployment of Fuzzy-Based Metric for Routing in Low-Power and Lossy Networks*, 40th IEEE Local Computer Networks Conference Workshops, 2015. pp. 789-795.