

# Estratégias para Implantação e Aprimoramento de Tecnologias de Smart Grids

Carlos André de Mattos Teixeira, Ederson Costa dos Santos, Marcelino Silva da Silva, Diego Lisboa Cardoso

**Resumo**—O presente artigo apresenta brevemente um estudo que tem como foco o uso de simuladores de rede abertos para a implementação de modelos analíticos a fim de planejar e otimizar topologias de redes *Smart Grid*. Foi desenvolvido um estudo de caso com o objetivo de contribuir na validação da usabilidade da estratégia proposta, os resultados das simulações realizadas validaram satisfatoriamente a usabilidade da estratégia no cenário adotado.

**Palavras-Chave**—Simulação, *Smart Grid*, PLC, NS-3.

**Abstract**—This paper briefly presents a study focused on the use of open source network simulators for the implementation of analytical models in furtherance of planning and optimizing *Smart Grid* network topologies. A case study was developed in order to prove the usability of the suggested scenario, the outcome of the simulations competently contributed to the process of validation of the feasibility of the strategy.

**Keywords**—Simulation, *Smart Grid*, PLC, NS-3.

## I. INTRODUÇÃO

A modernização dos sistemas e da infraestrutura de geração e fornecimento de energia elétrica tem sido um ponto central de discussões e investimentos em diversos países [1]. Com a crescente demanda por um modelo mais eficiente de gerenciamento de energia, surge a necessidade de uma reforma visando a integração total dos sistemas de eletricidade com as tecnologias atuais de informação e comunicação. Os *Smart Grids* reinventam os sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, acrescentando elementos de gerenciamento e segurança com o auxílio de técnicas de comunicação bidirecional e computação pervasiva.

Dentro do contexto de *Smart Grids*, a tecnologia *Power Line Communication (PLC)* apresenta diversas vantagens, incluindo o fato de que a transmissão de dados pode ser realizada através da própria rede elétrica, implicando em um menor custo de implantação e maior praticidade. Todavia, impõe limitações devido à alta interferência existente neste tipo de canal, necessitando assim da implantação de repetidores de sinal. Objetivando minimizar o custo na implantação destes repetidores, um algoritmo genético foi desenvolvido, possibilitando a alocação otimizada (considerando restrições de QoS tais como atraso e capacidade mínima) dos repetidores. Com o objetivo de contribuir no processo de validação da proposta, simulações foram realizadas, as quais serão descritas neste artigo.

Carlos André de Mattos Teixeira, Ederson Costa dos Santos, Marcelino Silva da Silva, Diego Lisboa Cardoso. Faculdade de Engenharia da Computação e Telecomunicações, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, Brasil, E-mails: carlosandrematte@gmail.com, ederson.santos@ifpa.edu.br, diego.marcelino@ufpa.br. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq (162188/2015-3).

## II. SIMULAÇÃO

Com o objetivo de desenvolver a simulação do cenário estudado, foi realizado um levantamento dos simuladores disponíveis. Das opções existentes, destacam-se os simuladores NS-2, NS-3 e OMNet++, os quais oferecem respectivas vantagens e desvantagens no âmbito do projeto. Fatores como desempenho, consumo de memória, documentação e acessibilidade foram levados em consideração na escolha da ferramenta de simulação. O *Network Simulator-3* é um simulador aberto que suporta o desenvolvimento de simulações na linguagem de programação orientada a objetos C++. O NS-3 apresenta um desempenho satisfatório aliado a um uso de memória mais eficiente em comparação aos demais simuladores [3].

Para a modelagem da rede foi necessário o uso de um módulo externo ao NS-3, o Módulo PLC, publicado no artigo “*Modelling Power Line Communication Using Network Simulator-3*” [2]. O módulo oferece suporte à simulação de propagação de sinal utilizando a tecnologia PLC, permitindo o uso de topologias definidas pelo usuário com o auxílio de componentes pré-definidos que acompanham o software.

## III. TOPOLOGIA DE SIMULAÇÃO

Para este estudo, o cenário de referência do IEEE contendo 13 nós foi escolhido para a simulação. A topologia foi inicialmente utilizada por [1] em sua tese de doutorado. A rede deverá prover comunicação entre o ponto de acesso localizado no nó 650 e os dispositivos localizados nos demais nós da rede. De acordo com o estudo do caso, foi considerado que até 10 repetidores e um gateway podem ser utilizados neste cenário.

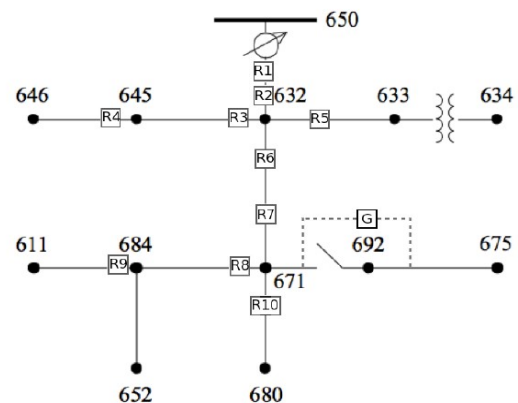


Fig. 1. Cenário de 13 nós com repetidores posicionados.

São considerados dois tipos de aplicações, a primeira relacionada a proteção do sistema elétrico e a segunda ao monitoramento e análise do sistema de energia, cada uma com suas respectivas características como a quantidade de bits a ser

transmitida, prioridade e atraso máximo aceitável. A caracterização dos fluxos é definida pela norma IEC 61850, classificadas e apresentadas abaixo.

TABELA I. TIPOS DE MENSAGENS [IEC 61850, 2003].

Mensagens	Aplicação	Atraso Máximo
Rápidas	Proteção	1 a 10ms
Média Velocidade	Monitoramento	Até 100ms
Baixa Velocidade	Monitoramento	Até 500ms

Foram definidos dois tipos de fluxo para as mensagens, os de sentido *downstream*, que tem origem no ponto de acesso do nó 650 e destino nos demais nós da topologia, e os de sentido *upstream*, que percorrem o caminho inverso. A banda de frequência utilizada para estes fluxos foram de 1,8066MHz a 13,989MHz para *upstream* e de 14,014MHz a 28,001MHz para *downstream*.

O código utilizado na construção da topologia foi escrito utilizando a linguagem de programação orientada a objeto C++, padrão do NS-3. Nele é possível observar a definição, nomeação, posicionamento dos nós e repetidores e outras características do cenário. Também são definidos as bandas de frequência utilizadas e o modelo de cabo da topologia, o *NAYY150SE*. A partir deste ponto é definido o cronograma de transmissão de acordo com o estudo já existente em [1]. A simulação se dá em duas etapas, a primeira para o envio das mensagens de fluxo *upstream* e a segunda para *downstream*.

A. Cenário Otimizado

A premissa deste projeto é, de acordo com o estudo já existente em “Estratégia de Planejamento e Otimização de Redes de Comunicação de Dados Como Suporte à Implantação de Smart Grids” [1], diminuir o número de repetidores do cenário de modo que o desempenho não seja prejudicado no cenário otimizado. O cálculo do sub-grafo que representa a topologia ótima que, em tese, consegue atender a todas as restrições de atraso, foi realizado a partir de um algoritmo genético no qual cada cromossomo representa uma topologia distinta. O seguinte cenário otimizado foi obtido com o auxílio do algoritmo.

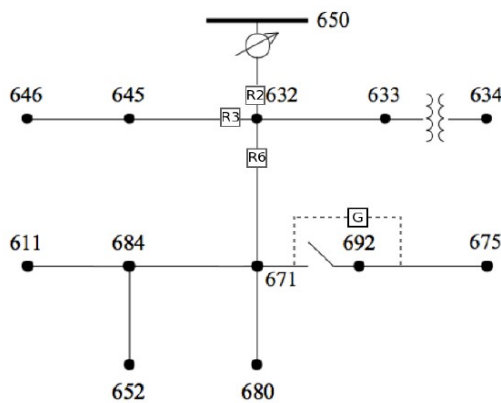


Fig. 2. Cenário Otimizado com o auxílio do Algoritmo Genético.

IV. RESULTADOS PRELIMINARES

Pode-se observar que foi possível manter o desempenho da rede mesmo com a redução do número de repetidores, de acordo com os resultados do algoritmo genético utilizado [1]. Desta forma, observa-se que o quantitativo de repetidores

presentes no cenário inicial está superestimado, o que aumenta o custo de implantação.

TABELA II. COMPARAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS PARA MENSAGENS DE FLUXO UPSTREAM.

Origem	Dados (bits)	Delay (ms)	
		Original	Otimizado
632	321	8,32	8,32
684	321	8,33	8,33
671	321	30,22	30,22
692	321	42,04	37,02
646	321	8,32	30,22
611	1.344	30,22	37,02
680	1.344	37,01	8,32
634	1.344	37,02	9,08
645	1.665	37,02	30,22
675	1.344	37,02	37,02
633	321	37,01	30,22
652	1.665	37,02	9,02
<b>Tempo Total (ms):</b>		<b>349,55</b>	<b>275,01</b>

TABELA III. COMPARAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS PARA MENSAGENS DE FLUXO DOWNSTREAM.

Destino	Dados (bits)	Delay (ms)	
		Original	Otimizado
632	448	12,85	12,85
645	448	12,85	12,85
646	448	12,85	12,85
633	448	12,85	12,85
671	448	13,61	13,61
684	448	13,60	13,60
652	448	13,61	13,61
692	448	14,37	14,37
<b>Tempo Total (ms):</b>		<b>106,59</b>	<b>106,59</b>

V. CONCLUSÕES

O uso da tecnologia *Power Line Communication* mostrou-se eficiente quando aplicado a topologias de rede *Smart Grid*, possuindo vantagens como o fato de ser econômico e a versatilidade da comunicação bidirecional na própria rede elétrica. Os resultados obtidos a partir das simulações realizadas contribuem no processo de validação da proposta de otimização gerada pelo algoritmo genético em estudo, criando possibilidades para que o mesmo possa ser utilizado em trabalhos futuros com o objetivo de minimizar os custos de implantação e operação das redes.

REFERÊNCIAS

[1] Silva, Marcelino Silva da. **Estratégia de Planejamento e Otimização de Redes de Comunicação de Dados Como Suporte à Implantação de Smart Grids**. Belém: UFPA, 2014. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2014

[2] F. Aalamifar, A. Schloegl, D. Harris, L. Lampe, “**Modelling Power Line Communication Using Network Simulator-3**”, IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), Atlanta, GA, USA, December 2013. [Online] Available: “http://www.ece.ubc.ca/~faribaa/ns3\_ple\_software.htm”. A Performance Comparison of Recent Network Simulators

[3] Elias Weingärtner, Hendrik vom Lehn and Klaus Wehrle “**A performance comparison of recent network simulators**”. Distributed Systems Group, RWTH Aachen University, Aachen, Germany