

Data Analysis Module for WirelessHART Network Planning (Módulo de Análise de Dados para Sistema de Análise de Cobertura e Planejamento de Redes WirelessHART)

Felipe Marcos Dalssoto, Ramon Hugo de Souza, Leandro Buss Becker
Department of Automation and System
Federal University of Santa Catarina, UFSC - Brazil
dalssoto@das.ufsc.br; ramonh@inf.ufsc.br; lbecker@das.ufsc.br

Abstract—This work is in the scope of a project that aims to develop a computing system to assist wireless networks planning in oil and gas plants. The main topic under investigation is the RF coverage analysis, as it directly influences the topological organization of the wireless network. In this sense, this paper presents the development of a data analysis module that gathers and processes data packages generated by a system devoted for wireless communication site survey (also developed in the scope of this project). The site survey obtains the link quality information from the communication units, which are stored and further analyzed. The developed module is devoted for data analysis and presentation by means of a simple and effective graphical user interface. Besides supporting the site survey, the developed module is also useful for validating another tool that was specifically designed for simulating the RF signal propagation.

Resumo—Este trabalho se encontra no escopo de um projeto que objetiva projetar e desenvolver um sistema para a análise de cobertura de redes sem fio baseadas no padrão de comunicação WirelessHART. A proposta é realizar um planejamento preciso das condições e topologia deste tipo de rede de forma a atender requisitos aplicáveis à indústria de petróleo e gás. Neste sentido, apresenta-se neste artigo o desenvolvimento de uma interface entre o equipamento de medição dos sinais de propagação WirelessHART e uma ferramenta de processamento e simulação de dados e propagação de sinais, incluindo a criação de um protocolo para importação dos dados obtidos de equipamentos de medição. Além disso, foi definida uma base de dados para armazenar os dados importados na ferramenta de processamento e feito um levantamento detalhado a respeito dos requisitos da aplicação e do projeto com a implementação de um módulo para apresentação dos dados através de uma interface gráfica simples e efetiva. Por fim, foram realizados testes e feita a validação do sistema integrado.

I. INTRODUÇÃO

O rápido avanço das tecnologias de comunicação sem fio nos últimos anos vem proporcionando o seu uso nos mais diversos segmentos de atividades, incluindo a automação industrial. Seu uso em automação industrial não é motivada apenas pela retirada dos cabos (fonte constante de manutenção no chão de fábrica), mas também pela natureza das próprias aplicações, tais como veículos autônomos de transporte (AGVs), manutenção à distância em ambientes hostis, etc. Também se deve levar em conta que a ausência

de cabeamento facilita consideravelmente a reordenação de equipamentos em chão de fábrica.

Neste contexto, o protocolo WirelessHART (WH) [2] ganha destaque porque foi o primeiro protocolo aberto desenvolvido especialmente para o ambiente industrial. O WH opera na banda ISM (*Industrial, Scientific, and Medical*) a 2.4GHz [3], sendo sua arquitetura de rede composta de 5 camadas advindas do modelo ISO-OSI [4]: física, enlace, rede, transporte e aplicação. O protocolo WirelessHART utiliza na camada física o padrão IEEE 802.15.4, o qual foi especialmente projetado para aplicações com baixas taxas de transmissão (até 250 Kbps), porém com necessidade de determinismo temporal.

O presente projeto de pesquisa está sendo desenvolvido no contexto do projeto denominado *Sistemas Eletrônicos Embarcados em Equipamento* (E3), mais precisamente no módulo chamado *Sistema para Apoio à Engenharia de Redes WirelessHART* (SA-WH). O objetivo do projeto é desenvolver mecanismos que permitam realizar uma análise de cobertura de uma rede sem fio baseada no protocolo WirelessHART. A ideia é tornar mais fácil e também mais preciso o planejamento destas redes, levando em consideração as condições/restrições de topologia que se fazem presentes no contexto da aplicação, principalmente em aplicações voltadas para a indústria de petróleo e gás.

O uso de ferramentas computacionais para o projeto da rede sem fio e também para a sua validação são de fundamental importância no contexto do projeto SA-WH. Desta forma, apresenta-se neste trabalho um módulo para importação de dados obtidos de equipamentos de medição, incluindo a criação de uma base de dados para armazenar os dados importados e um módulo para apresentação de dados através de uma interface gráfica simples e efetiva. O módulo proposto foi desenvolvido em sintonia com os módulos já existentes, sendo um deles capaz de simular a propagação do sinal RF e o outro voltado para a coleta de mensagens no local onde a instalação sem fio deverá ser feita. Neste trabalho foram realizados testes em campo para validar o módulo de análise de dados desenvolvido, conforme apresentado posteriormente neste artigo.

O restante do artigo encontra-se organizado da seguinte

forma: a seção II apresenta uma visão geral do sistema em desenvolvimento para a realização de análise de cobertura e planejamento de redes WH; a seção III detalha o módulo de análise de dados desenvolvido neste trabalho; a seção IV discute a avaliação do módulo desenvolvido; as conclusões e perspectivas futuras são apresentadas na seção V.

II. SISTEMA DE ANÁLISE DE COBERTURA E PLANEJAMENTO DE REDES WH

O sistema para a realização de análise de cobertura e planejamento de redes wirelessHART é dividido em dois grandes módulos. O primeiro é um *Wireless Site Survey* [3], o qual permite a análise de transmissão num local onde específico. Já o segundo módulo consiste de uma Ferramenta de Simulação e Análise de Dados [5]. Estes módulos são resumidos nas próximas subseções, sendo que o módulo apresentado neste artigo é parte integrante da ferramenta de simulação.

A. Módulo Wireless Site Survey

O módulo *Site Survey* [3] serve para se capturar pacotes em trânsito na rede WirelessHART montada especificamente para fins de teste. O sistema trabalha com uma topologia mestre-escravo e coleta dados de maneira passiva (i.e. não intrusiva). Desta captura são obtidas a potência enviada e recebida em cada nodo. Os dados coletados são gravados em um arquivo de registros (*log*) no formato XML, que formata e armazenam os dados obtidos. Tais arquivos servem como interface para a ferramenta de análise de dados desenvolvidas neste trabalho e apresentada na próxima seção.

B. Ferramenta de Simulação

A ferramenta para simular a propagação do sinal (vide [5]) permite representar o comportamento dos equipamentos em relação à propagação do sinal RF de maneira rápida e prática. Isso é feito através de uma interface gráfica, a qual recebe como entrada uma planta do ambiente sobre onde os sensores wireless estão instalados. Nesta planta estão definidas as posições dos equipamentos e dos obstáculos presentes no ambiente. Ao comando do usuário são então simuladas a propagação do sinal com o modelo selecionado - a ferramenta trabalha com alguns modelos de propagação de sinal, gerando diferentes cores de fundo para representar a intensidade do sinal, conforme ilustrado na Figura 1. Um dos modelos de propagação RF utilizado é o *Path Loss*, o qual é expresso pela Equação 1.

$$PathLoss = 32.45 + 20 * \log_{10}(f) + n * 10 * \log_{10}(d) \quad (1)$$

Onde:

f : é a frequência em MHz

d : é a distância em m

n : é uma constante que descreve o meio de propagação

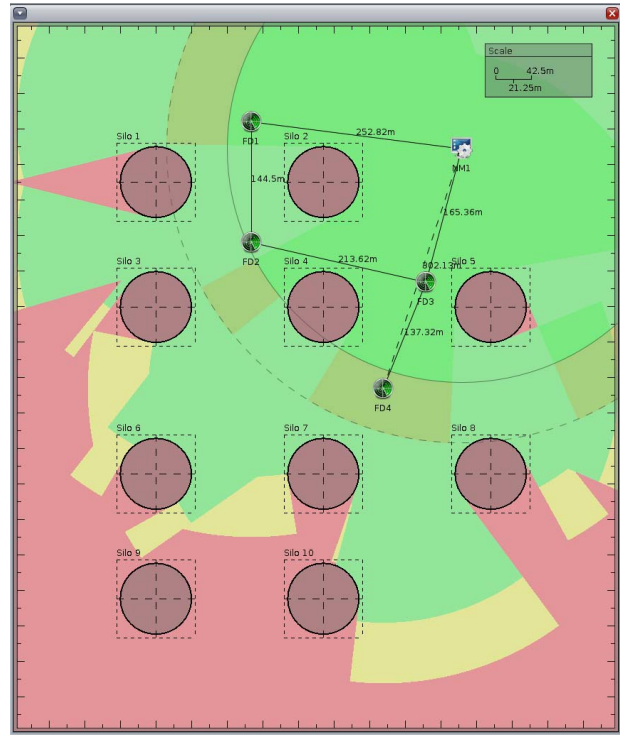


Figura 1. Interface da Ferramenta de Simulação

A constante n representa o meio de propagação em si e os obstáculos presentes neste. No caso de uma propagação (teórica) de sinal no vácuo e sem presença de obstáculos, n assume valor igual a 2. Para outros meios, o valor de n deve ser obtido experimentalmente. Tipicamente, para propagações de sinal no ar a constante assume valores ligeiramente superiores a 2; e conforme a presença de obstáculos no meio de propagação este valor pode chegar até 6. Conforme discutido em [6], em casos especiais de o meio sofrer forte influência de interferências construtivas para a propagação do sinal, n pode inclusive assumir valores ligeiramente inferiores a 2.

III. MÓDULO DE ANÁLISE DE DADOS

O módulo de análise de dados proposto serve para fazer a ligação entre o *Site Survey* e a ferramenta de simulação. Os dados adquiridos pelo *Site Survey* são importados e tratados no módulo de análise. Através desta ferramenta, é possível comparar dados simulados com dados medidos em campo. Com isso, é possível inferir sobre constantes de simulação, tornando a mesma mais precisa.

A importação dos dados é feita com a análise sintática (*parsing*) dos arquivos XML através da biblioteca de código fonte aberto *dom4j*. Após a leitura, a ferramenta faz o mapeamento do conteúdo dos arquivos para classes Java, criando os objetos necessários.

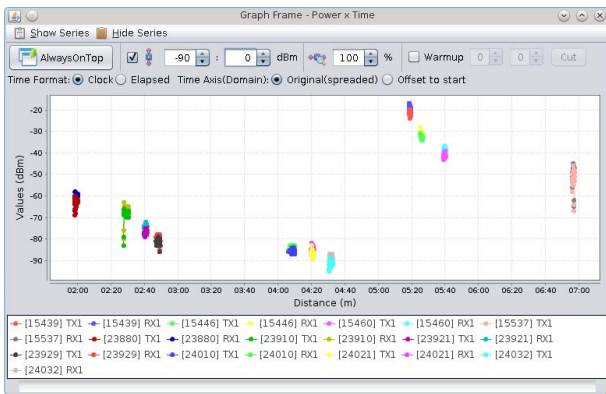


Figura 2. Gráfico temporal (tempo do relógio).



Figura 3. Deslocamento temporal (tempo relativo).

Como o *Site Survey* gera sempre um arquivo para cada nodo (no caso de utilizar-se 4 nodos em uma medição, o *Site Survey* irá gerar 4 arquivos, um para do nodo, com identificador de medição igual para cada arquivo), foi criada também uma classe denominada *LocalFile*, que representa cada arquivo XML carregado. Esta classe é utilizada caso o usuário deseje adicionar ou remover arquivos ao módulo em tempo de execução.

Futuramente, os aparelhos usados para *Site Survey* deverão dispor de GPS e irão repassar as coordenadas em questão, que serão registradas nos arquivos XML. De posse destas coordenadas, será feito o cálculo automático da distância que cada nodo se encontra do nodo mestre. Como no momento da realização de medições não se dispunha ainda destes aparelhos GPS acoplados aos nodos, foi implementado um método para o usuário adicionar manualmente a distância aos arquivos carregados. Caso o módulo desenvolvido seja necessário para analisar questões ligadas à distância, a ferramenta já possui métodos para fazer estas análises, apenas necessita de uma entrada manual do usuário, conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4. Tela para entrada de dados de distância.

Uma das funcionalidades centrais do módulo de análise de dados é a plotagem de gráficos que representam os dados processados. Para isso, utilizou-se a API (*JFreeChart*), a qual é de uso gratuito e de código aberto. Essa API implementa diversas funcionalidades, tais como tipos e coleções para lidar com os dados e diversos tipos de gráfico diferentes – como histogramas, gráficos de dispersão, gráficos temporais, em pizza, dentre outros; podendo inclusive sobrepor tipos distintos. É também bastante flexível e pode ser facilmente adaptada ou estendida para se adequar às necessidades exigidas.

Para o módulo de análise dos dados, dois tipos de gráfico são utilizados. Dispondo da leitura dos dados obtidos dos arquivos importados (gerados pelo *Wireless Site Survey*), um gráfico temporal – valor da potência do sinal (dBm) x tempo (s) – mostra todos os dados capturados pelo *Site Survey*. Um outro tipo de dados relaciona os valores da potência do sinal (dBm) com a distância entre o nodo em questão e o nodo mestre. Sobre este último gráfico também são traçadas curvas de equações teóricas e a curva obtida pelo módulo de simulação, servindo este gráfico também para comparar os dados medidos com os simulados e com a equação do *Path Loss* selecionada.

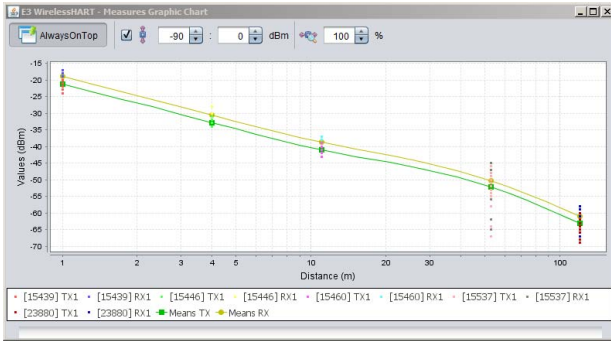


Figura 5. Representação gráfica em função da distância.

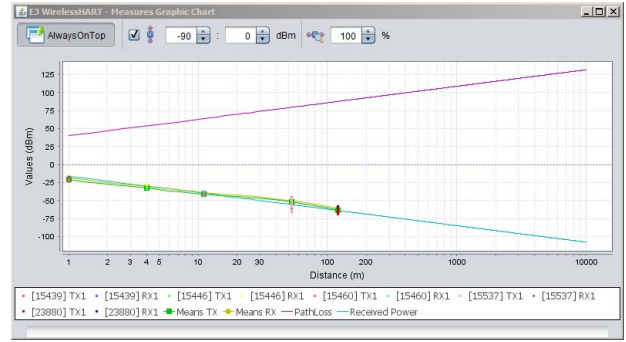


Figura 7. Sobreposição das curvas das equações teóricas do *Path Loss* e da potência recebida com a curva dos dados obtidos experimentalmente.

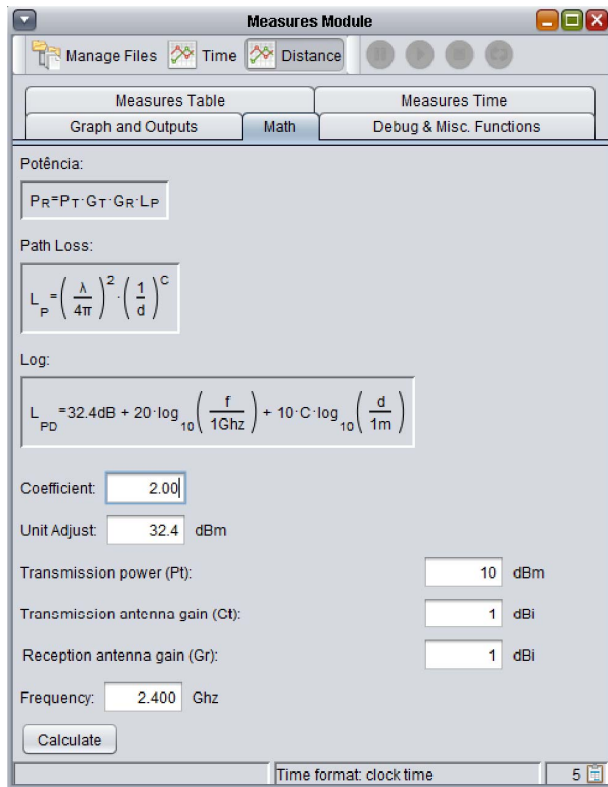


Figura 6. Entrada dos parâmetros da equação teórica.

A. Representação Temporal

No caso da representação temporal, o gráfico reproduz os valores da potência do sinal, capturados pelo *Site Survey*, em função do tempo. A primeira representação, padrão, mostra os valores da potência do sinal em função do tempo do relógio, registrado pelo *Wireless Site Survey*. Também há a opção – ao alcance de um clique do mouse na interface gráfica – de representar em função do tempo transcorrido, ao invés do relógio, conforme mostrado nas Figuras 2 e 3.

B. Representação em Função da Distância e Equacionamento Matemático

Neste caso, os valores da potência do sinal são representados em função da distância, em metros, entre os nodos mestre e escravo. Adequando a representação à Equação 1, o gráfico é exibido num plano semilogarítmico, como mostra a Figura 5. Observe a dispersão dos pontos para cada distância estabelecida, com destaque para a média das potências recebidas e enviadas para cada distância e também a curva traçada entre as médias calculadas.

O Módulo de Análise de Dados também implementa modelo teóricos do *Path Loss* como o mostrado na Equação 1. Dispondo dos valores nominais dos equipamentos utilizados, pode-se estimar a potência recebida do sinal, em dBm, conforme a Equação 2.

O usuário do módulo, de posse destes valores, pode sobrepor uma curva de um modelo teórico sobre a curva obtida na Figura 5, utilizando para isso a interface mostrada na Figura 6. O resultado é mostrado na Figura 7.

$$P_R = P_T + G_A - PathLoss \quad (2)$$

Onde:

P_T : é a potência de transmissão em dBm

G_A : é a soma dos ganhos das antenas envolvidas na comunicação, em dBi

PathLoss : é um modelo de *Path Loss*, por exemplo o da Equação 1

IV. VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA

Os primeiros testes foram realizados apenas com o intuito de se verificar a corretude de funcionamento dos equipamentos utilizados. Ao final dos mesmos, observou-se que de fato os equipamentos estavam funcionando da maneira esperada quanto à interação com o *Site Survey* e aos valores esperados de potência do sinal. Porém, a conclusão mais importante atingida nestes testes iniciais foi a inviabilidade

de utilização de pilhas para alimentação destes aparelhos - como proposto inicialmente pela equipe que desenvolve este tipo de equipamentos junto a UFRGS, exceto no caso de testes rápidos. Verificou-se que as pilhas variam muito rapidamente o valor de tensão de entrada, e isto influencia nos valores do sinal obtidos. Além disso, sua carga esgotava-se muito rapidamente: nestes primeiros testes, apenas para verificar o funcionamento dos equipamentos, um conjunto novo de pilhas alcalinas (AAA, 1.5V) não aguentou mais do que 50 minutos.

Então, devido à disparidade de alimentação nos testes em comparação à utilização real de equipamentos, na sequência de testes foi decidido por alimentar todos os equipamentos - tanto o nodo mestre como os demais - por meio de uma fonte constante (porta USB de um notebook). Foi verificado também nestes iniciais que o sinal estava altamente suscetível a interferências (característica de sinal de alta frequência), o que minou nossas expectativas de obter dados experimentais em uma medição que reproduzisse as condições de uma área aberta teórica. Mesmo tendo visada direta entre os equipamentos, notou-se que movimentação de pessoas e automóveis, principalmente quando obstruindo - mesmo que por pouco tempo - a visada direta entre os nodos, interferiram bastante nas medições, tornando os dados obtidos pouco confiáveis.

Então, para os testes finais, escolheu-se uma encosta do mar na Avenida Beira Mar Norte, em Florianópolis. Conforme mencionado anteriormente, precisava-se de uma área bastante grande, livre de obstáculos e que garantisse sempre a visada direta entre os aparelhos. Isso foi conseguido fixando o nodo mestre na ponta de um trapiche, e variando a posição dos outros nodos de modo que o sinal RF se propagasse por cima do mar, estando completamente livre de obstáculos e caracterizando uma área aberta.

Devido aos nodos de transmissão e recepção estarem a uma altura de apenas 2m da superfície, notou-se que a reflexão do sinal na água poderia interferir nos resultados. De fato, verificou-se que os valores de potência obtidos estavam ligeiramente acima dos esperados. Com base em teoria apresentada em [6], conclui-se que devido a pouca altura dos nodos em relação superfície, a medida que distância entre os nodos aumenta a Zona Fresnel primária da propagação intercepta a superfície da água de maneira cada vez mais significativa. Portanto, a superfície da água pode funcionar como um espelho ótico, ajudando a propagação do sinal, ou como um obstáculo, dificultando a propagação (nos testes realizados, os resultados aproximam-se da primeira situação). Além disso, pequenas variações entre dados obtidos experimentalmente e dados teóricos são sempre esperados no contexto de testes, da mesma forma que as incertezas associadas que valores reais possuem frente aos valores nominais (parâmetros das equações teóricas) utilizados como parâmetros no equacionamento dos modelos.

V. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O principal produto deste trabalho foi a criação de um módulo de análise de dados incorporado à ferramenta de simulação de propagação de sinais RF. Acredita-se que o resultado obtido apresenta uma grande contribuição para o escopo do projeto SA-WH, no qual este trabalho encontra-se inserido. Tal módulo facilita consideravelmente a interpretação da representação matemática a cerca dos efeitos da propagação do sinal RF em ambientes específicos.

Para trabalhos futuros, são vislumbradas melhorias na interface com o usuário e também a inclusão de novos modelos de propagação de sinal. Além disso, considera-se a adição de outras funções matemáticas para manipular os dados coletados. Por exemplo, podem ser adicionadas funções de percepção (como zoom, cores, efeitos, destaques, etc) para dar ainda mais poder ao usuário ao realizar análises.

Uma sugestão específica para o futuro do módulo de análise de dados é implementar uma interface de tempo real para a ferramenta de simulação. Esta interface eliminaria a necessidade de importar os arquivos gerados pelo *Site Survey* (feito atualmente de forma manual), o que proporcionaria analisar e interpretar os dados dos pacotes capturados em tempo real, utilizando as mesmas funções já existentes, durante o funcionamento do sistema, e não apenas de maneira *offline* como feito atualmente.

Outra sugestão para o futuro do Módulo de Análise de Dados é a implementação de um módulo de auxílio ao projeto de redes industriais sem fio. Neste caso, além de aceitar importação de arquivos XML capturados do *Site Survey*, o módulo poderá também aceitar entradas manuais de valores por parte do usuário. Desta forma, o usuário pode definir qual o protocolo de rede sem fio deseja utilizar (não se limitando apenas ao *WirelessHART*), e informar ao módulo as distâncias entre os nodos e as potências desejadas, num contexto de projeto. De posse destas informações, e manipulando as funções já implementadas exibidas nas Figuras 6 e 7, pode-se saber qual o protocolo mais viável para tal fim, qual a potência de transmissão e ganhos de antena necessários para que se atinja o objetivo.

VI. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq, CAPES e principalmente à FINEP pelo apoio financeiro ao projeto através do convênio nº 01.11.0154.00.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] "HART COMMUNICATION FOUNDATION. About the HART Protocol. HART Communication Protocol." Disponível em: http://www.hartcomm.org/protocol/about/aboutprotocol_what.html. Acesso em: 31 Janeiro 2013.
- [2] W. IVERSEN, "WirelessHART Ready for Prime Time." Automation World, 2007. Disponível em: <http://www.automationworld.com/information-management/wirelesshart-ready-prime-time>. Acesso em: 31 Janeiro 2013.

- [3] G. Kunzel, J. M. Winter, I. Muller, C. E. Pereira, and J. Netto, "Passive Monitoring Software Tool for Evaluation of Deployed WirelessHART Networks," in *Anais do 2nd Simpósio Brasileiro em Engenharia de Sistemas Computacionais (SBESC)*, (Natal, Brasil), 2012.
- [4] "ITU-T. Data Networks and Open System Communications. Open Systems Interconnection - Model and Notation.." Disponível em: http://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-X.200-199407-1!PDF-E&type=items.
- [5] R. H. de Souza and L. B. Becker, "Simulador de Propagação de Sinal RF em Plantas de Petróleo e Gás," in *Anais do 1o Workshop em Sistemas Embarcados*, (Rio Grande, Brasil), 2012.
- [6] T. S. Rappaport, *Wireless Communications: Principles and Practice*. Prentice Hall, 2nd ed., 2001.