

Software para projeto de ambientes RFID aplicado a modelos de predição

Leonardo Augusto Sápiras, Everton Luís Berz,
Marcelo Cunha de Azambuja
FACCAT
{sapiras, everton, azambuja}@faccat.br

Fabiano Passuelo Hessel
PUCRS
fabiano.hessel@pucrs.br

Resumo—O presente artigo descreve o projeto de conclusão de curso, denominado RF3D, que possibilita projetar ambientes RFID aplicado a modelos de predição, permitindo assim que os problemas existentes, na área de projeto de ambientes RFID, sejam resolvidos com maior facilidade e menor tempo. Os objetos, bem como as suas características, atribuídos ao projeto de ambiente poderão ser personalizados, e todas as informações existentes serão enviadas para um Web Service SOAP, que processará tais informações e devolverá ao RF3D os resultados obtidos.

I. INTRODUÇÃO

O uso da tecnologia RFID está em crescente expansão. Diversos ramos de negócio estão fazendo uso desta tecnologia, com destaque para o gerenciamento da cadeia de suprimentos, rastreamento de animais e de itens, segurança, pontos de venda, transporte, pedágios e bibliotecas [1].

Para a cadeia de suprimentos, a tecnologia RFID traz diversos benefícios, tais como: (i) rastreamento adequado de recursos e visibilidade ao longo da cadeia de abastecimento, (ii) a detecção de itens sem necessidade da proximidade da leitora para o reconhecimento dos dados, diferente do reconhecimento através de códigos de barra, onde é necessário um determinado posicionamento para que a identificação seja realizada; (iii) a possibilidade de reutilização das etiquetas, (iv) o aumento da produtividade e redução dos custos operacionais, (v) a contagem de estoque, (vi) velocidade na expedição e (vii) a localização de itens [2].

RFID, ou Identificação por Rádio Frequência, é a denominação para sistemas compostos de dispositivos eletrônicos que permitem realizar identificações, utilizando comunicação por rádio frequência entre os elementos básicos que compõem este sistema: o equipamento interrogador (ou leitor) e as etiquetas de identificação, também conhecidas como *tags* [3][4].

A. Leitor

O leitor tem como objetivo obter as informações armazenadas nas etiquetas, realizando a interface com outros sistemas através de suas interfaces de comunicação. Os leitores podem ser de mão, fixos, ou também estar localizados em dispositivos móveis, como celulares ou PDAs [5].

Um leitor RFID possui geralmente um módulo de rádio frequência (que transmite e recebe sinais), uma unidade de controle e um elemento de conexão (antena). Alguns leitores possuem interfaces para conexão com outro sistema (RS 232, RS 485, etc.) que permitem aos leitores se comunicarem com outros sistemas, tais como computadores e sistema robóticos [1].

B. Etiqueta

As etiquetas eletrônicas, são compostas por uma antena e um circuito integrado com memória e um microchip que é responsável por processar e armazenar os dados. As etiquetas podem ser apenas para leitura (*read-only*), ou de leitura e escrita (*read-write*). A capacidade de memória das etiquetas podem variar entre 16 bits a centenas de Kbits de armazenamento. Quando uma etiqueta recebe um sinal de interrogação de um equipamento leitor, os dados armazenados em sua memória são recuperados e transmitidos.

As etiquetas podem ser classificadas em três tipos: (i) ativas: etiquetas que contêm uma fonte própria de energia (bateria ou outra fonte), podendo por conta própria iniciar uma transmissão de dados; (ii) semi-passivas: que contêm uma fonte de energia, mas que apenas respondem após serem interrogadas; (iii) passivas: cuja energia é fornecida através do campo eletromagnético gerado pelo leitor [5].

A seção II irá explicar um pouco a respeito dos problemas existentes para se criar e manter um ambiente RFID. A seção III apresentará algumas das propostas existentes para resolver os problemas descritos na seção II. E a seção IV descreverá o software RF3D, o funcionamento da aplicação. Já na seção V serão apresentados alguns dos resultados obtidos até o momento.

II. PROBLEMATIZAÇÃO

Apesar da tecnologia RFID ser promissora e contribuir com alguns setores logísticos, existem algumas dificuldades que devem ser superadas, sendo que a maior parte delas está relacionada com a tecnologia em si, a padrões, custos e integração [6]. O custo da infraestrutura necessária para o funcionamento de leitores ainda é extremamente alta, pois além de serem necessários equipamentos transmissores/receptores, softwares que irão gerenciar as leituras precisam ser integrados aos sistemas computacionais das organizações que utilizam esta tecnologia.



Figura 1. Exemplo de ambiente RFID [7].

Muitas vezes sistemas RFID precisam ser implantados em ambientes como o representado pela Figura 1, onde o custo de configuração e instalação do sistema pode ser muito alto, e uma simulação de tais ambientes traria muitos benefícios, como economia de tempo e de recursos financeiros [8]. Um dos principais desafios na área de RFID é a simulação de ambientes onde a tecnologia venha a ser utilizada, pois os métodos atuais de verificação de funcionamento do sistema consistem na realização de experimentos de campo baseados na técnica de tentativa e erro, o que consome muito tempo e recursos financeiros. Entende-se por verificação de funcionamento a possibilidade dos componentes de um sistema RFID se comunicarem ou não adequadamente, tendo como principal dificuldade a detecção da etiqueta RFID no ambiente.

A dificuldade em conceber um projeto de ambiente RFID se deve a problemas como a distância máxima de leitura das etiquetas, posição e polarização de antenas e etiquetas, interferências eletromagnéticas e colisões causadas pela leitura de várias etiquetas simultaneamente [9][10]. A partir disso conclui-se que para uma simulação de sistema RFID ser completa, o simulador deve atender todas as camadas da tecnologia.

III. TRABALHOS RELACIONADOS

Os poucos simuladores existentes que poderiam ser utilizados para resolver os problemas citados na Seção II, são focados em simular a propagação de ondas eletromagnéticas, ou na simulação da leitura dos dados das etiquetas. Além disso, esses aplicativos não permitem que os modelos de simulação destas ferramentas sejam personalizados. O impedimento em personalizar o algoritmo de simulação faz com que projetistas RFID ou até mesmo pesquisadores tenham que criar aplicativos próprios para poderem simular seus modelos, deixando de agregar melhorias a aplicativos que já estão mais maduros e possuem recursos gráficos disponíveis. Ou seja, os pesquisadores são obrigados a criar uma interface visual para apresentar seus resultados [9].

Uma das propostas existentes é o RIFIDI, que é uma suíte de ferramentas de código fonte aberto para desenvolvimento integrado de soluções RFID. Algumas ferramentas que compõem o RIFIDI são o RIFIDI Emulador e o RIFIDI Designer. O RIFIDI Emulador é uma ferramenta que possibilita ao usuário a emulação de leitores baseados em leitores RFID comerciais. Ele possui uma interface gráfica, onde é possível criar e arrastar etiquetas para as antenas dos leitores. As etiquetas serão identificadas como lidas através do raio de leitura do equipamento leitor RFID. Os modelos de simulação do RIFIDI não levam em consideração fenômenos interferentes da camada física (como interferências eletromagnéticas). O RIFIDI é uma aplicação *desktop*, ou seja, precisa ser instalada na máquina cliente para ser usado. Esta ferramenta, apesar de ter seu código fonte aberto, não permite a personalização em tempo real de seus modelos de predição, ou seja, se algum pesquisador tiver interesse em personalizar a simulação, terá que alterar o código fonte da aplicação [11]. Essas características que não existem no RIFIDI, estão presentes no RF3D.

Outra proposta é o CST Microwave Studio (MWS). Esta ferramenta é um software para simulação e análise da propagação de ondas eletromagnéticas através de elementos físicos. O aplicativo CST Studio também é utilizado para projetos de antenas, filtros, linhas de

transmissão, e outros. Este software é uma ferramenta *desktop* que permite a criação de estruturas tridimensionais [12]. Ele não pode ser utilizado em um navegador Web, e não permite que seus modelos de predição possam ser modificados, pois é uma ferramenta proprietária de código fonte fechado.

Já no trabalho de Floerkemeier [13], foi desenvolvida a ferramenta RFIDSim, que simula em uma máquina de eventos discretos o funcionamento dos algoritmos anti-colisão e os aspectos físicos de funcionamento de um sistema RFID. Entretanto, a simulação dos aspectos físicos é realizada de forma unicamente teórica, utilizando um único modelo estatístico e sem testes reais de validação. Diferente da proposta deste trabalho, o RFIDSim possui apenas modelos (protótipos) e não um sistema com interface gráfica, disponível para uso de pesquisadores e projetistas. Caso os modelos do RFIDSim sejam implementados conforme a arquitetura proposta pelo RF3D, poderia existir uma integração entre ambos os sistemas.

Apesar de algumas destas ferramentas de simulação RFID serem visuais e tridimensionais, elas não são Web, o que obriga ao projetista RFID ou o pesquisador sempre levarem consigo algum computador contendo tais ferramentas instaladas e configuradas. O fato de não ser Web também dificulta a colaboração de usuários com novos recursos fornecidos pelo aplicativo, tal como a personalização dos modelos de simulação.

IV. RF3D

O trabalho de pesquisa e desenvolvimento consiste na criação de um software Web para projetar ambientes que utilizem sistemas RFID (*Radio-frequency Identification*). Com este aplicativo, será possível dar apoio ao projeto de sistemas RFID, através de uma ferramenta para desenho gráfico de ambientes onde tal tecnologia possa vir a ser implantada. O aplicativo também fornece uma camada de integração, possibilitando realizar simulações utilizando modelos de predição aplicados a ambientes RFID.

O RF3D é um software Web, cujo objetivo é resolver os problemas descritos na seção anterior. Este software possibilita o apoio à criação do projeto de ambientes RFID, podendo ser integrado diretamente a modelos de simulação.

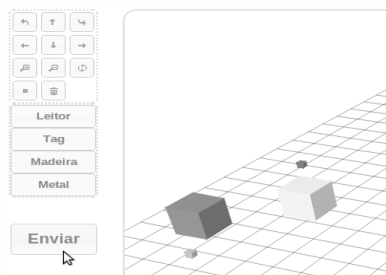


Figura 2. Tela de projeto de ambiente do RF3D.

No software RF3D o usuário tem a possibilidade de criar um ambiente que possa representar um cenário físico real, informando antenas e etiquetas RFID e suas características de funcionamento, um exemplo de tela é

exibido na Figura 2. O RF3D fornece uma ferramenta CAD tridimensional, onde o usuário pode dimensionar, arrastar e visualizar cada objeto do cenário.

O usuário pode também projetar um ambiente que contenha os mais diversos tipos de objetos, além de configurar seus atributos, tais como altura, largura, cor, material, densidade, posição, direção, e outras características que possam influenciar no resultado da simulação.

Inicialmente, no primeiro protótipo, os componentes existentes no ambiente são os mais importantes de um sistema RFID, ou seja, leitores e etiquetas. Os atributos também são limitados somente aos mais relevantes da tecnologia, e que podem influenciar numa simulação [10].

Alguns dos atributos que foram considerados durante o desenvolvimento desse projeto para etiquetas foram o ganho, a distância entre elas e a antena, e o posicionamento. Já para leitores RFID, foram considerados potência, ganho e posicionamento da antena. A frequência de operação também foi um importante parâmetro considerado durante o desenvolvimento do RF3D.

O desenvolvimento deste software foi realizado com as tecnologias HTML 5 [14], Javascript, PHP [15] e SOAP [16]. Algumas bibliotecas foram utilizadas para facilitar o desenvolvimento da aplicação, com destaque para a Three.js [17]. Esta API possibilita a renderização de objetos tridimensionais utilizando o componente Canvas.

Por ser Web, este software é multiplataforma e, para ser utilizado, o usuário final precisa apenas ter um navegador atualizado, não sendo necessário instalar plugins ou outros aplicativos. Testes foram feitos usando os navegadores Firefox 4, Internet Explorer 9, Google Chrome 12, e Opera 11. Os resultados não mostraram nenhum problema de compatibilidade com tais navegadores.

A. Funcionamento

A Figura 3 exibe o funcionamento da aplicação, bem como a troca de dados que será realizada entre os componentes do sistema.

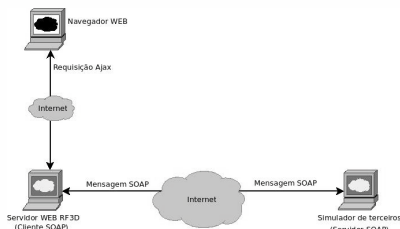


Figura 3. Diagrama de funcionamento.

O funcionamento pode ser descrito da seguinte forma: um pesquisador cria um modelo de simulação, que possibilita identificar se uma etiqueta foi lida ou não, tendo como base algumas informações. Podemos supor que tais informações são a potência da antena do leitor RFID, a frequência utilizada, o ganho da etiqueta, e a distância em linha reta, no espaço livre, entre uma etiqueta e uma antena. Nesse exemplo hipotético são desprezados outros fatores, como as direções e a polaridade da antena e da etiqueta e a existência de outros materiais no cenário. O modelo de simulação desenvolvido deve ser codificado e

disponibilizado em forma de servidor SOAP (Web Service).

O usuário então desenha no ambiente CAD do RF3D os elementos envolvidos no cenário que se deseja projetar. Feito isto, o usuário informa ao RF3D a localização do servidor SOAP do modelo de simulação, responsável por identificar se os dados existentes na etiqueta serão lidos ou não. O modelo de simulação estará presente somente no Web Service informado, e não no RF3D, dessa forma um mesmo projeto de ambiente pode servir como base para vários modelos. Após submeter essas informações, o RF3D cria uma mensagem XML (padrão SOAP) e a envia para o servidor informado. Este servidor por sua vez processa as informações enviadas e responde ao RF3D, também via XML, a identificação ou não das etiquetas. Tanto o RF3D quanto o Web Service do modelo de simulação verificam se as mensagens trocadas são válidas a partir de um arquivo XSD (XML Schema Definition). O RF3D exibe no navegador do usuário o resultado submetido pelo Web Service.

A mensagem XML, enviada para o servidor responsável por efetuar a simulação, contém a descrição de todos os objetos do cenário, incluindo seus atributos informados no ambiente visual. O usuário pode inclusive adicionar novos objetos ou criar novas características para os itens previamente definidos.

V. RESULTADOS

Os experimentos realizados até o momento foram feitos utilizando um modelo que realiza uma simulação através de uma equação de espaço livre. A equação de FRIIS é um modelo de propagação, utilizado para estimar a intensidade do sinal recebido, quando o transmissor e o receptor possuem um caminho de linha de visada limpo, sem obstruções entre eles. Em um espaço livre, ou seja, sem que existam obstáculos no ambiente, a potência recebida é obtida através da equação (1) [18].

$$P_r = P_t G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 \quad (1)$$

Onde P_r é a potência recebida, P_t é a potência transmitida, G_t e G_r são os ganhos do transmissor e receptor, respectivamente. Além disso, o λ é o comprimento de onda da frequência de transmissão, e r é a distância em metros entre o transmissor e o receptor. Os ganhos das antenas são medidos com respeito a antenas isotrópicas (em unidades lineares e não em decibéis), e com o comprimento de onda e a distância tendo as mesmas unidades [18].

Fazendo uso desta equação, foi desenvolvido um Web Service, que teve como objetivo processar as requisições feitas pelo RF3D. Foi então projetado um cenário contendo uma antena e uma etiqueta, inicialmente a uma determinada distância uma da outra, sem que existissem obstáculos entre esses componentes. A localização do servidor SOAP foi informada ao RF3D, bem como a os outros parâmetros aceitos pela equação de FRIIS que faziam parte do cenário. O servidor SOAP então processou os parâmetros enviados pelo RF3D, e retornou a potência recebida pela antena receptora.

A resposta do servidor SOAP pode ser exibida na íntegra pelo RF3D, ou seja, o pesquisador pode configurar quais valores deseja exibir.

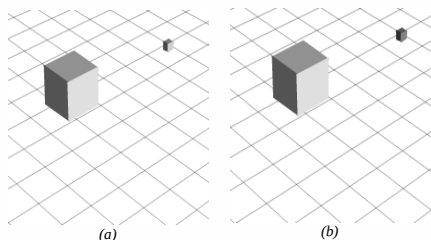


Figura 4. Alteração das características visuais dos componentes a partir da resposta do modelo de simulação. (a) Etiqueta antes de ser lida. (b) Etiqueta tem coloração alterada após ser lida.

Além disso, o RF3D pode alterar, de forma visual, as características dos componentes projetados no ambiente, com base na resposta do Web Service. Como mostrado na Figura 4(a), a etiqueta, de cor amarela, após ser lida teve a sua coloração alterada para vermelho, Figura 4(b).

VI. CONCLUSÃO

O RF3D não está totalmente concluído, ainda é necessário a implementação de outros recursos que possibilitem ao software a criação de cenários completos e a configuração de todos os objetos presentes no ambiente.

Pretende-se como trabalho futuro, aumentar a personalização de projeto do ambiente, e de tratamento das repostas vindas dos modelos de simulação. Também pretende-se inserir no ambiente outros componentes, tais como os materiais onde as etiquetas estão fixadas, paredes, obstáculos, bem como as suas características.

Utilizando apenas um modelo de simulação básico, fica visível que o software conseguirá facilitar o trabalho de pesquisadores que trabalham desenvolvendo modelos de simulação e meios de identificar e prever o comportamento e as mudanças em um ambiente RFID, sem que os mesmos sejam obrigados a implementar uma interface visual para a apresentação de seus resultados. Projetistas RFID também podem se beneficiar do software, facilitando o trabalho de configuração de um cenário onde um sistema RFID possa vir a ser implantado.

REFERÊNCIAS

- [1] K. Finkenzeller, *RFID Handbook*, Second. West Sussex: Sons, John Wiley &, 2003.
- [2] R. dos S. Soares, T. L. Comucci, T. C. dos Santos, T. B. de Almeida, and P. R. Leite, "Revista jovens pesquisadores ano v, n. 9, jul./dez. 2008," *Revista Jovens Pesquisadores*, no. 9, pp. 101-118, 2008.
- [3] B. Bhatt, Himanshu; Glover, *RFID Essentials*, vol. 159, no. 12. Sebastopol: O'Reilly, 2006, p. 276.
- [4] D. M. Dobkin, S. M. Weigand, W. J. Communications, and S. Jose, "Environmental Effects on RFID Tag Antennas", pp. 135-138, 2005.
- [5] S. A. Weis, "Security and Privacy in Radio-Frequency Identification Devices," MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2003.
- [6] N. R. da S. A. Prado, N. A. Pereira, and P. R. Politano, "Dificuldades para a adoção de RFID nas operações de uma cadeia de suprimentos," in *XXVI ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 2006, pp. 1-8.
- [7] UBBTEC, UBBTEC Technology Inc. Disponível em: <http://www.ubbtec.com>.
- [8] M. Jo, H. Y. Youn, S.-H. Cha, and H. Choo, "Mobile RFID Tag Detection Influence Factors and Prediction of Tag Detectability," *IEEE Sensors Journal*, vol. 9, no. 2, pp. 112-119, Feb. 2009.
- [9] M. C. de Azambuja, C. F. Jung, C. S. ten Caten, and F. P. Hessel, "RFID-Env: methods and software simulation for RFID environments," *Business Process Management*, vol. 16, no. 6, pp. 1014-1038, 2010.
- [10] P. V. Nikitin and K. V. S. Rao, "Antennas and Propagation in UHF RFID Systems," *2008 IEEE International Conference on RFID*, pp. 277-288, Apr. 2008.
- [11] C. E. Palazzi, A. Ceriali, and M. D. Monte, "RFID Emulation in Rifi di Environment", *International Symposium on Ubiquitous Computing*, Beijing, China, Ago. 2009.
- [12] C. T. et al CHEVALIER, *Three-Dimensional Simulation of Traveling-Wave Tube Cold-Test Characteristics Using CST MICROWAVE STUDIO*. 2003.
- [13] S. Floerkemeier, C.; Sama, "RFIDSim - A Physical and Logical Layer Simulation Engine for Passive RFID," *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 6, no. 1, pp. 33-43, 2009.
- [14] W. W. W. C. W3C, "HTML 5," 2011. Disponível em: <http://www.w3.org/TR/html5/>.
- [15] Zend, "PHP Hipertext Preprocessor," 2011. Disponível em: <http://www.php.net/>.
- [16] W. W. W. C. W3C, "SOAP," 2011. Disponível em: <http://www.w3.org/TR/soap/>.
- [17] M. D. at AL., "Three.js," 2011. Disponível em: <https://github.com/mrdoob/three.js>
- [18] Rappaport, T. S. "Wireless Communications: Principles and Practice". New Jersey: Prentice-Hall, 1996.