



UM ESTUDO SOBRE A EFICIÊNCIA DE SISTEMAS DE LOCALIZAÇÃO RFID

Rafael Lucena Cavalcanti de Oliveira¹; Ivan Luiz de França Neto²; Paulo André da Silva Gonçalves³

¹Estudante do Curso de Ciência da Computação - CIn – UFPE; E-mail: rlco@cin.ufpe.br,

²Estudante do Curso de Ciência da Computação - CIn – UFPE; E-mail: ilfn@cin.ufpe.br,

³Docente/pesquisador do Depto de Informática – CIn – UFPE. E-mail: pasg@cin.ufpe.br

Sumário: A localização automática de objetos é uma das aplicações mais promissoras dos sistemas RFID baseados em etiquetas ativas. O LANDMARC e o VIRE são exemplos de sistemas RFID capazes de prover automaticamente a localização de objetos. Enquanto o primeiro possui desempenho bem compreendido, o segundo ainda carece de pesquisas para obter melhores subsídios sobre sua eficiência de localização em diversos cenários de propagação de sinais e sobre o impacto da escolha de seus parâmetros de projeto. Este trabalho apresenta uma avaliação de desempenho e análise do VIRE. Esse sistema é avaliado e analisado com o auxílio de simulações que consideram um ambiente interno com um canal de comunicação sob várias condições de propagação de sinais. As principais contribuições deste trabalho são a avaliação de desempenho realizada, a identificação de pontos de melhoria do sistema VIRE e a identificação dos desafios envolvidos em sua otimização.

Palavras-chave: RFID; RSS; Comunicação sem fio; Localização

INTRODUÇÃO

Atualmente, os sistemas RFID são os mais promissores para a identificação automática de objetos através de sinais de radiofrequência (RF). Os sistemas RFID mais básicos são compostos por um leitor e várias etiquetas. Cada etiqueta armazena um identificador (ID) único e é colada ou embutida em um objeto. Durante o processo de identificação, realizado pelo leitor, os IDs das etiquetas que estão em seu alcance de comunicação são requisitados. Um mapeamento entre os IDs e os objetos pode ser realizado, sendo possível descobrir automaticamente quais objetos estão no alcance de comunicação do leitor.

Duas características importantes podem ser notadas nos sistemas RFID: a capacidade de identificar objetos e a capacidade de comunicação através de sinais de RF. Essas características tem impulsionado o desenvolvimento de sistemas de localização RFID para se obter automaticamente uma estimativa do posicionamento de objetos de interesse em ambientes internos [1], [2], [3], [4]. Em tais sistemas as medidas de potência de sinal recebido (RSS - Received Signal Strength), coletadas nos leitores, são utilizadas no processo de estimativa de localização dos objetos.

Os sistemas de localização RFID mais conhecidos são o LANDMARC [1] e o VIRE [4]. Enquanto o primeiro possui desempenho bem compreendido, o segundo ainda carece de pesquisas que forneçam melhores subsídios sobre sua eficiência de localização em diversos cenários de propagação de sinais e sobre o impacto da escolha de seus parâmetros de projeto. Os diversos estudos sobre o VIRE não analisam o comportamento do sistema sob diferentes condições de propagação de sinais. Isso não permite identificar ineficiências ou características do VIRE quando utilizado em um ambiente mais realístico sujeito a variações na potência dos sinais recebidos pelos receptores do sistema. Este trabalho apresenta uma avaliação de desempenho e análise do sistema de localização RFID VIRE.



Esse sistema é avaliado e analisado com o auxílio de simulações que consideram um ambiente interno com um canal de comunicação sob várias condições de propagação de sinais. Através desse estudo, é demonstrado que o desempenho do VIRE está intimamente ligado ao posicionamento real do objeto a ser localizado, às condições de propagação de sinais e à escolha de seus dois parâmetros de projeto. Também são apresentadas comparações entre o desempenho do LANDMARC e do VIRE.

MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de avaliar a eficiência de localização do VIRE, bem como a do LANDMARC para fins de comparação, foi desenvolvido um simulador. Tal simulador, desenvolvido em C++, modela o ambiente de estudo e o posicionamento das etiquetas e leitores utilizados. Com o simulador também é possível definir novos cenários e toda a infraestrutura de localização, além de permitir a modelagem do canal de comunicação.

RESULTADOS

Este trabalho avaliou a eficiência de localização do VIRE, bem como a do LANDMARC, utilizando um layout similar ao layout utilizado em [4]. No ambiente simulado foram utilizados 9 objetos e suas coordenadas reais são, respectivamente, (1,4; 1,4)m, (0,8; 1,5)m, (1,8; 2,3)m, (1,8; 0,8)m, (2,4; 2,0)m, (0,4; 0,6)m, (0,4; 1,4)m, (2,6; 0,6)m, (0,1; 2,3)m.

Inicialmente avaliamos o erro médio para os 9 objetos dispostos no ambiente utilizando diferentes valores de *threshold* sob diferentes condições de variabilidade de RSS. Utilizamos o valor de n igual 9 [4]. Verificamos que para σ^2 igual a 0, 5, 10 e 20, respectivamente, o melhor resultado médio do VIRE em cada condição de variabilidade de RSS, foi alcançado com valores de *threshold* diferentes, (2,75), (3,25), (3,75) e (4,0), respectivamente.

Em seguida, verificamos o comportamento do VIRE para objetos localizados em regiões diferentes no ambiente para um σ^2 fixo. Fixando σ^2 igual a 5 verificamos que para os objetos 6 e 9, o valor do *threshold* ótimo foi (2,75) e (3,75), respectivamente e quando σ^2 igual a 10, o valor do *threshold* ótimo para estes objetos seria (2,75) e (4,00), respectivamente. Ou seja, o *threshold* ótimo para determinado objeto alvo pode não ser apropriado para outro objeto localizado em uma região diferente no ambiente.

Durante os estudos também foi possível analisar o comportamento do *threshold* no ambiente em diferentes condições de variabilidade do RSS no canal de comunicação, como é possível observar no *heat map* da Figura 1.

Para os 9 objetos do nosso cenário foi realizada uma comparação da eficiência do VIRE utilizando um *threshold* fixo (VIRE (original)), ou seja, o mesmo *threshold* é utilizado para todos os objetos, e utilizando o *threshold* ótimo para cada objeto (VIRE Ótimo), informação obtida a partir da Figura 1. Nas Figuras 2(a), 2(b), 2(c) e 2(d), por exemplo, é possível notar que para o objeto 8 o fato de não utilizar um *threshold* fixo melhorou a eficiência do VIRE em 92%, 16,5%, 17% e 16%, respectivamente.

Com relação a densidade das etiquetas virtuais de referência (n), quando σ^2 igual a 0, o erro médio de localização para maioria dos objetos foi menor quando n igual a 9. Para o objeto 4, por exemplo, o erro médio quando n igual 9 foi 66% menor que o erro médio quando n igual a 3. À medida que a variabilidade do RSS no canal aumenta, verificamos que a melhor escolha seria de n igual a 3. Ainda considerando o objeto 4, foi possível notar que quando σ^2 igual a 5, 10 e 20 o erro médio quando n igual 3 foi, respectivamente, 34%, 31% e 24,5% menor que o erro médio quando n igual a 9.



Por fim, realizamos uma comparação da eficiência do LANDMARC com a eficiência do VIRE quando n igual a 3, em diferentes condições de variabilidade do RSS no canal. Quando σ^2 igual a 0, o VIRE apresentou melhor desempenho que o LANDMARC para os objetos 1, 5, 6 e 7. Quando σ^2 igual a 10, o VIRE apresentou melhor desempenho que o LANDMARC para os objetos 1, 2, 6 e 7. E quando σ^2 igual a 20, o VIRE apresentou melhor desempenho que o LANDMARC para os objetos 6 e 7.

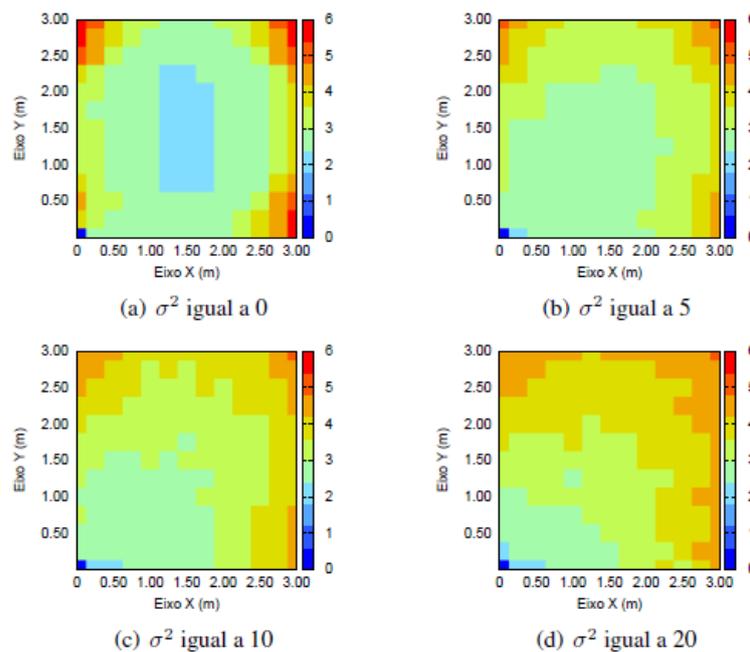


Figura 1. Comportamento do *Threshold* (em cores).

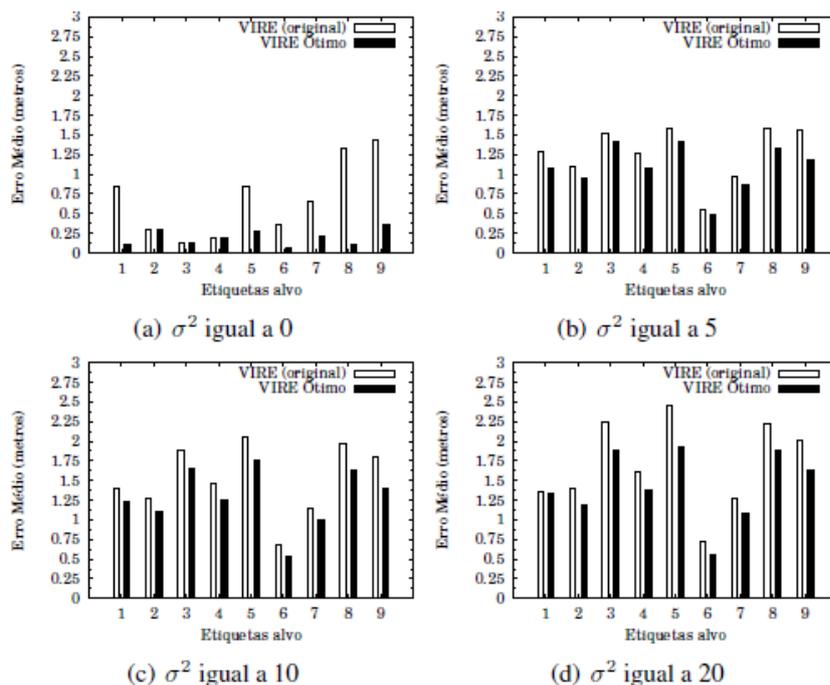


Figura 2. Comparação do VIRE quando o *threshold* é fixo e quando é o ótimo



DISCUSSÃO

O VIRE considera a utilização de um *threshold* fixo para obter as coordenadas de um objeto alvo, sem considerar as condições de variabilidade do RSS no canal e a localização do objeto. A partir dos resultados foi possível notar que o valor do *threshold* ótimo, ou seja, aquele que fornece o menor erro médio depende das condições de variabilidade do RSS no canal, que não foi considerada no artigo original. Além disso, o *threshold* ótimo também depende da relação de distância que o objeto alvo possui para cada um dos leitores do ambiente, o que sugere que a utilização de um *threshold* fixo não é a melhor alternativa.

Com relação ao parâmetro n verificamos que o aumento do valor de n não implica um aumento na precisão do sistema, como se acreditava. A escolha de um valor apropriado para n depende das condições de variabilidade do RSS no canal.

Na comparação do VIRE Ótimo com o LANDMARC verificamos que em alguns cenários a eficiência de localização do VIRE Ótimo é inferior a eficiência de localização do LANDMARC, pois o algoritmo do VIRE depende das condições de variabilidade do RSS no canal e da localização do objeto no ambiente de estudo.

CONCLUSÕES

Este trabalho realizou uma avaliação de desempenho e análise do sistema de localização RFID VIRE sob diferentes condições de propagação de sinais. O estudo mostrou que a escolha do *threshold* ótimo e do parâmetro n deve levar em consideração as condições de variabilidade do RSS no ambiente que está sendo estudado. Além disso, utilizar um *threshold* fixo não é a melhor escolha, pois o *threshold* ótimo para determinado objeto alvo pode não ser apropriado para outro objeto localizado em uma região diferente no ambiente.

Portanto, um dos desafios do VIRE está no desenvolvimento de um método capaz de obter automaticamente o melhor *threshold*, independente do cenário estudado. Além disso, entender a relação existente entre o *threshold* e o n também representa um importante desafio. Em estudos futuros serão considerados mais cenários, com diferentes configurações de posicionamento dos leitores e das etiquetas, a fim de investigar esta observação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao PIBIC, à UFPE e ao CNPq pelo apoio para a realização das pesquisas.

REFERÊNCIAS

- [1] Ni, L., Liu, Y., Lau, Y., and Patil, A. (2004). LANDMARC: Indoor Location Sensing using Active RFID. *Wireless Networks*, 10(6):701–710.
- [2] Polito, S., D.Biondo, Iera, A., Mattei, M., and Molinaro, A. (2007). Performance Evaluation of Active RFID Location Systems Based on RF Power Measures. In *Proc. Of IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, pages 1–5.
- [3] Silva, R. A. and Gonçalves, P. A. S. (2009). Enhancing the Efficiency of Active RFID based Indoor Location Systems. In *Proc. of IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, pages 1–6.
- [4] Zhao, Y., Liu, Y., and Ni, L. (2007). VIRE: Active RFID-based Localization Using Virtual Reference Elimination. In *Proc. of IEEE International Conference on Parallel Processing*, pages 5–12.