

# **Mecanismo de Identificação Dinâmica da Atenuação de Obstáculos para Localização de Estações em Redes Sem Fios**

## **IEEE 802.11**

**André Peres, Raul Fernando Weber**

Instituto de Informática – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)  
Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Porto Alegre – RS – Brasil  
{peres,weber}@inf.ufrgs.br

***Resumo.** Este artigo apresenta os resultados obtidos no desenvolvimento de um mecanismo de identificação dinâmica de atenuação de obstáculos para auxílio aos sistemas de localização de estações sem fios padrão IEEE 802.11. O objetivo desta pesquisa é o de garantir uma ampliação na precisão dos modelos de localização atuais e possibilitar a imposição de limites físicos de acesso à rede.*

### **1. Introdução**

Quando se utiliza uma estrutura de redes sem fios, têm-se normalmente como objetivo ampliar os serviços de conexão com a disponibilização de mobilidade de nodos e flexibilidade na gerência de estações. A mobilidade garante que uma estação estará conectada, podendo movimentar-se livremente, desde que esteja dentro da área de abrangência da rede. A flexibilidade provê a independência de estrutura física para distribuir as diversas estações fisicamente dentro da rede, além da simplicidade na adição e retirada de nós da mesma.

Apesar destas facilidades, quando compara-se uma rede com fios com uma rede sem fios, nota-se que esta última adiciona algumas características que podem ser consideradas prejudiciais à gerência e segurança da rede. Em uma rede sem fios, os limites físicos da área de abrangência são de difícil definição, tendo em vista o comportamento das microondas utilizadas para a comunicação. Situações de reflexão de sinal, refração, multicaminho, atenuação e dispersão, acabam por distribuir o alcance da rede de forma irregular.

Outra característica prejudicial à gerência e segurança é a falta de mecanismos precisos para localizar os diversos nós distribuídos pela rede. Este fato impede a localização física de uma estação maliciosa e a definição e restrição de acesso à rede para estações localizadas fora dos limites físicos do prédio onde se encontra.

O trabalho aqui proposto tem por objetivo ampliar os mecanismos atualmente

existentes na localização de nós sem fios, possibilitando uma melhor precisão nestes mecanismos e ampliando a segurança existente nestes ambientes.

Atualmente existem diversas propostas de sistemas de localização de estações capazes de permitir este tipo de controle. Uma explicação sobre as técnicas utilizadas por estes modelos é apresentada na seção 2. Na seção 3 são apresentadas as características da propagação de microondas no ar, e as implicações no processo de localização de estações *indoor*. Na seção 4 é apresentado o mecanismo de identificação dinâmica da atenuação de obstáculos, capaz de fornecer uma melhor precisão nos mecanismos já existentes. Na seção 5 são apresentados os resultados da técnica, obtidos em um cenário de testes. A seção 6 apresenta as conclusões da pesquisa.

## **2. Localização de Estações**

Existem dois modelos para que se possa realizar a localização de uma estação móvel:

*Mobile Based* – onde o cliente obtém sua localização através da obtenção de dados da infra-estrutura de rede, e;

*Network Based* – onde a infra-estrutura obtém informações de cada cliente para localizá-lo.

As informações trocadas entre os dispositivos servem como referência para obtenção da distância ou direção entre os mesmos. Com a distância definida, é possível realizar uma triangulação de pontos e conseqüentemente a definição da localização da estação móvel. Para obtenção da direção, utiliza-se o ângulo de chegada do sinal em cada ponto de acesso. As informações utilizadas para obter a distância normalmente são o Tempo de Chegada ou a Amplitude de Chegada do sinal, e para obter o ângulo, utiliza-se o Ângulo de Chegada [Sayed 2005].

### **2.1 Ângulo de Chegada (AOA – *Angle Of Arrival*)**

A técnica de medida de ângulo de chegada requer um conjunto de antenas direcionais em cada ponto de acesso. O ponto de acesso, ao receber um sinal proveniente da estação móvel, determina qual das antenas recebe o sinal com a maior amplitude, e conseqüentemente consegue identificar a direção de onde o sinal foi gerado. Com esta informação é possível determinar uma linha reta entre o ponto de acesso e a estação móvel. Ao realizar o mesmo procedimento com outro ponto de acesso, têm-se duas linhas e é possível identificar a localização da estação através da intersecção das linhas. A figura 1(a) apresenta um exemplo de localização através de AOA.

### **2.2 Tempo de Chegada (TOA – *Time Of Arrival*)**

A técnica de TOA utiliza o tempo de voo do sinal desde sua transmissão até o recebimento. Tendo em vista a velocidade constante de propagação da microondas

(velocidade da luz), é possível determinar-se a distância entre os dois pontos.

Para que o TOA funcione, é necessário que exista sincronização entre os relógios da estação móvel e do ponto de acesso, e que o mesmo possua precisão suficiente para que possa identificar diferenças de tempo/distância. Alguns modelos, como [Capkun 2005], realizam a localização de estações através de TOA medindo o tempo do envio de informações pelo ponto de acesso, processamento pela estação móvel e resposta da estação para o ponto de acesso.

Para que possa determinar a posição da estação, inicialmente é determinada a distância entre a estação e cada ponto de acesso. Com esta informação é realizada a triangulação das distâncias. A figura 1(b) apresenta a triangulação entre as distância da estação móvel e os pontos de acesso.

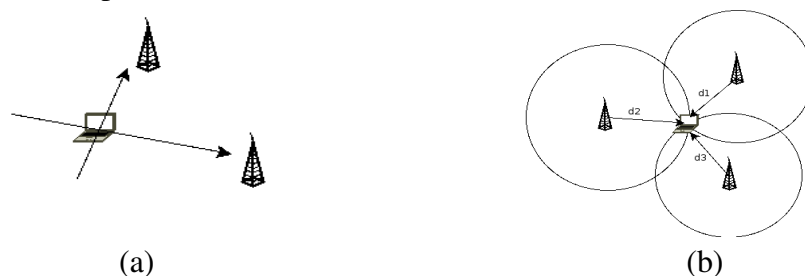


Figura 1 – (a) Exemplo de AOA (b) Exemplo de triangulação por distância.

### 2.3 Amplitude de Chegada (AmpOA – *Amplitude Of Arrival*)

A técnica de AmpOA (*Amplitude of Arrival*) utiliza a amplitude do sinal recebido pela estação móvel para determinar a sua localização. Diversos sistemas utilizando esta técnica foram propostos, como [Bahl 2000] e [Taheri 2004].

No modelo proposto em [Bahl 2000], assim como em [Taheri 2004], é realizado um mapeamento em todo o perímetro físico que se pretende considerar na localização (técnica de *fingerprinting*). A área física é dividida em quadrantes e um conjunto de amostragens das potências da recepção de sinal dos pontos de acesso é armazenada para cada quadrante, criando uma tabela. Desta forma, quando um cliente informa a potência de sinal entre ele e os pontos de acesso, a tabela é consultada e os valores mais próximos da situação do cliente são utilizados para localizá-lo.

### 3. Propagação de Sinais e Triangulação AmpOA

Para que se possa criar uma relação direta entre a potência de recepção e a distância entre o ponto de acesso e a estação móvel, é necessária a existência de LOS (*Line Of Sight*), ou seja, é necessário que não existam obstáculos entre as antenas de transmissão e recepção e que a zona de *fresnel* seja respeitada [Bardwell 2003].

Os obstáculos causam alterações na direção e comportamento das microondas,

refletindo estas alterações na potência recebida pelas estações. Da mesma forma, qualquer objeto dentro da zona de *fresnel* acarreta na alteração amplitude geral do sinal recebido. Caso não existam obstáculos entre as antenas, e a zona de *fresnel* esteja livre, a relação direta entre potência recebida e distância é criada através da fórmula de atenuação da microondas no vácuo ou FSL (*Free Space Loss*) (também utilizada como referência para microondas no ar):

$$A_{ar} = 20 \log \left( \frac{4 \pi D}{\lambda} \right)$$

onde  $A_{ar}$  é a atenuação em dB,  $D$  é a distância em metros e  $\lambda$  é o tamanho da onda em metros. Desta forma, quando o cliente identifica a potência de recepção do sinal proveniente de ponto de acesso pode utilizar as fórmulas:

$$ERP = P_T - A_{CaboT} + P_{AT} \quad R_x = ERP - A_{ar} + P_{AD} - A_{CaboD}$$

onde  $ERP$  é a potência do sinal efetivamente irradiada pelo ponto de acesso.  $P_T$  é o valor da potência da transmissão da placa de rede do ponto de acesso,  $A_{CaboT}$  é a atenuação causada pelo cabo entre a placa de rede do ponto de acesso e a antena,  $P_{AT}$  é a potência da antena do ponto de acesso (todos os valores em dB).  $R_x$  é o valor da amplitude do sinal recebido,  $A_{ar}$  é a atenuação no ar,  $P_{AD}$  é a potência da antena da estação móvel e  $A_{CaboD}$  é a atenuação causada pelo cabo entre a antena e a placa de rede da estação móvel. A partir do conhecimento de  $R_x$  e da  $ERP$ , a estação móvel pode descobrir a atenuação sofrida pelo sinal durante a transmissão. Com esta informação, pode-se descobrir a distância percorrida pelo sinal.

Em ambientes NLOS (*Non Line Of Sight*), cada tipo de obstáculo interferirá de maneira diferente no comportamento da microonda. A atenuação causada por alguns tipos de obstáculos pode ser obtida através da tabela 1.

Tabela 1 – Atenuação de Obstáculos em Microondas de 2.4 GHz [3COM 2005]

obstáculo	atenuação
parede de madeira sólida	6 dB
divisória de escritório com janela de vidro	4 dB
tijolo 3,5"	6 dB
parede de concreto 18"	18 dB
corpo humano	3 dB

Já as outras características como reflexão, dispersão e multicaminho dependem diretamente da localização dos obstáculos, do seu material e do formato da sua superfície.

#### 4. Identificação Dinâmica da Atenuação de Obstáculos

Para que seja possível a criação de mecanismos de localização através de triangulação, é necessário que a distância entre os pontos de acesso e a estação seja identificada pelo sistema.

Tendo em vista as características da propagação da microondas neste tipo de ambiente, torna-se necessário que os obstáculos sejam constantemente monitorados para que se possa identificar a atenuação causada por eles, e por novos obstáculos (como pessoas) que estão constantemente mudando sua posição.

A implementação de um mecanismo de localização utilizando esta técnica parte do cadastro dos obstáculos fixos existentes em uma base de dados, contendo sua atenuação média, e sua localização na planta baixa do prédio.

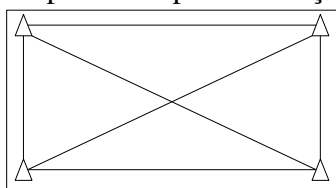
Além de considerar os obstáculos previamente cadastrados, e sua média de atenuação, ao utilizar-se a fórmula da atenuação no ar, é possível descobrir o valor da atenuação causada por quaisquer outros obstáculos entre dois pontos de distância conhecida. Conhecendo o valor da distância  $d$  entre os dois pontos de acesso, obtêm-se a atenuação esperada sem considerar os possíveis obstáculos existentes. Supondo que a distância entre os pontos de acesso seja de 20m:

$$A_{ar} = 20 \log \left( \frac{4 \pi 20}{0,125} \right)$$

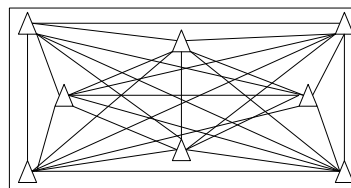
ou seja, uma atenuação de aproximadamente 66 dB. Para descobrir-se a atenuação causada por qualquer obstáculo entre os pontos de acesso, se realiza a medida de atenuação real através do sistema, e compara-se com o valor esperado (média de atenuação). É possível então, identificar os obstáculos entre os pontos de acesso dinamicamente, aprimorando o cálculo da localização das estações.

É possível então que, constantemente, os pontos de acesso e quaisquer outra estação com posição fixa e conhecida, refinem o sistema com a obtenção de dados de atenuação dinâmicos. Quanto maior o número de estações com localização conhecida e fixa, maior a precisão da definição de obstáculos dinâmicos.

Na figura 2(a) têm-se um ambiente contendo 4 pontos fixos de localização conhecida e na figura 2(b) o mesmo ambiente com 8 pontos. Estes pontos permanecem constantemente identificando a atenuação entre si, alterando os dados da atenuação do ambiente e refinando o processo de localização das estações móveis, aumentando sua precisão. A obtenção das variações de potência devido à mobilidade de obstáculos não é considerada pelas implementações que utilizam *fingerprinting*, apesar de serem afetadas diretamente por este tipo de situação.



(a)



(b)

Figura 2 – Exemplos de domínios de identificação de atenuação

## 5. Cenário Proposto e Resultados Obtidos

Para a validação do sistema, foram realizadas medidas de distância entre um ponto de acesso e uma estação móvel (*notebook* com placa 802.11g interna) e uma comparação entre a atenuação em 2.4 GHz esperada e real de obstáculos, através do mecanismo de identificação dinâmica de atenuação. Os testes foram realizados em um ambiente de 198 m<sup>2</sup>, tendo a planta baixa apresentada na figura 3.

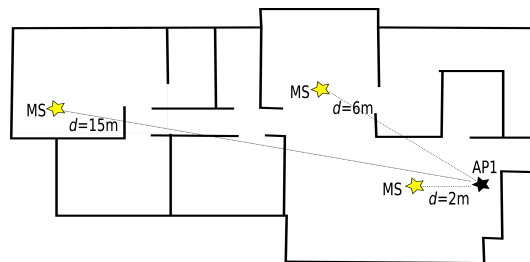


Figura 3 – Ambiente de testes

As primeiras medições consideraram apenas a atenuação no ar, tendo em vista a visada direta entre a estação móvel MS e o ponto de acesso AP1. Os resultados obtidos são observados na figura 4. Para os testes, foram realizadas 5 rodadas capturando 10, 20, 50 e 100 amostras de potência do sinal recebido pela MS. Cada amostra é enviada a um sistema de medição de distância desenvolvido especificamente para este fim, que calcula a média das amostras e verifica a distância através da fórmula da atenuação. Nota-se que o erro obtido nestas amostras foi de aproximadamente 25cm.

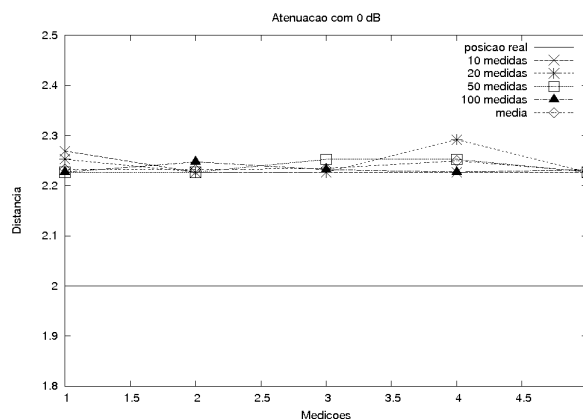


Figura 4 – Amostras considerando 0dB de obstáculos

A segunda bateria de testes levou em consideração dois obstáculos (paredes com atenuação esperada de 6dB cada) e estação móvel a uma distância de 6m. Os resultados obtidos estão representados na figura 5(a). Nota-se um aumento do erro de medidas de distância. Estes erros dizem respeito a reflexões de sinais, refração, etc. Mesmo assim, sem considerar os obstáculos dinâmicos, o erro ficou em torno de  $\pm 1,5m$  na distância. Considerando o aumento do erro, aumentou-se o número de amostras para 1000 amostras de potência, permitindo que o sistema calculasse a média e obtivesse uma medida mais precisa.

A terceira medição levou em consideração 3 obstáculos, totalizando 18dB de atenuação esperada. Nota-se na figura 5(b) que neste caso, novamente utilizou-se um número maior de amostragens (1000) para que uma média entre as amostragens apontasse com maior precisão a localização correta da estação.

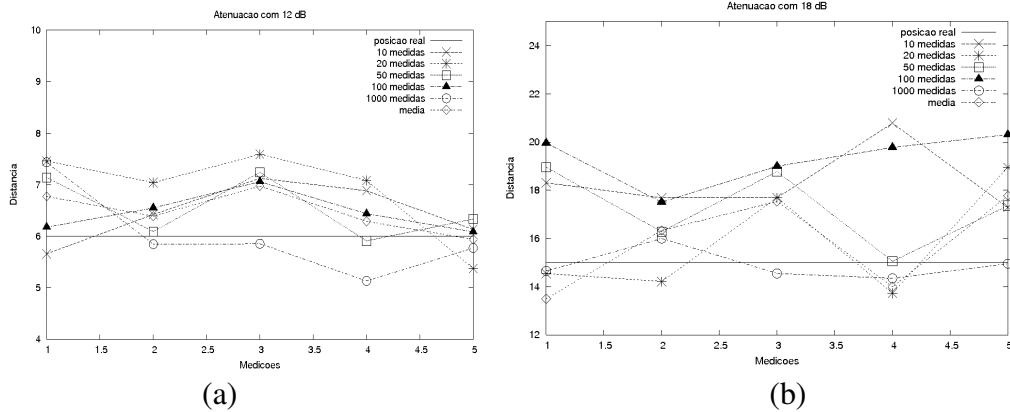


Figura 5 – (a) 12 dB de atenuação (b) 18 dB de atenuação

Pretende-se que, com o acréscimo das medidas de obstáculos dinâmicos, se possa aumentar a precisão do sistema. Para identificar as alterações de atenuação dos obstáculos, realizou-se a medida comparando a atenuação esperada e a atenuação real apontada pela MS. Na figura 6(a) são apresentados os valores de atenuação obtidos entre AP1 e a MS entre dois obstáculos ( $d=6m$ ).

Os testes foram realizados tomando-se 10, 20 e 50 amostras de atenuação com intervalos de 1 segundo entre cada amostra. Nota-se que existe uma variação da atenuação e conseqüente variação no cálculo da distância da MS nos sistemas que não consideram estas ocorrências. A figura 6(b) apresenta os valores da atenuação obtida entre AP1 e MS com  $d=15m$  e 3 obstáculos.

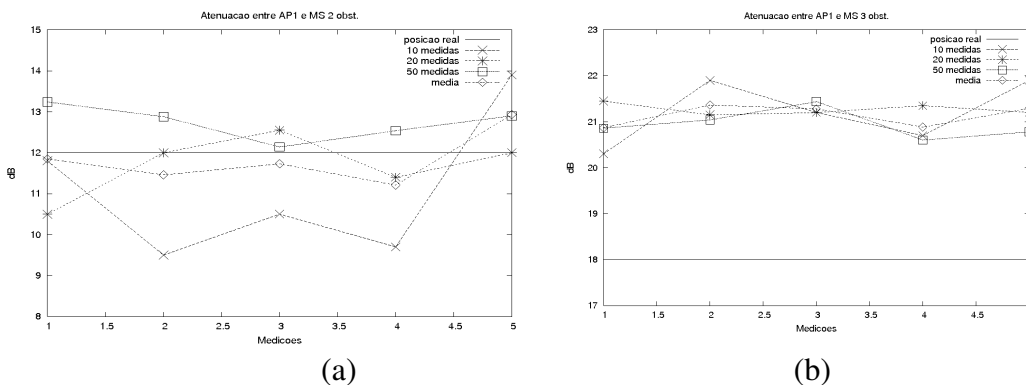


Figura 6 – Atenuação entre AP1 e MS com (a) 2 obstáculos (b) 3 obstáculos

## 6. Conclusões

Os sistemas propostos até hoje consideram que a obtenção da localização de estações em ambientes NLOS deve ser feita preferencialmente através de *fingerprinting* de

potências, construindo tabelas setoriais para, posteriormente, realizar uma comparação simples entre os dados enviados pela estação móvel para poder localizá-la.

Apesar desta técnica apresentar bons resultados, nenhum experimento mais conclusivo sobre alternativas na obtenção dinâmica de obstáculos foi realizado para que se possa verificar um comparativo entre as soluções. Também não se descarta a possibilidade da utilização das duas técnicas em conjunto, com o objetivo de refinar ainda mais a localização das estações móveis.

Imaginando-se um cenário onde existam diversos pontos de acesso monitorando os obstáculos e estações fixas realizando o mesmo procedimento, é possível que o sistema possa tomar conhecimento de alterações na forma de abrangência da rede, e da distribuição de potência para os clientes.

Os resultados obtidos apontam que é possível a construção de sistemas de localização de estações *indoor* NLOS, a partir da obtenção da distância entre os pontos de acesso e as estações móveis, mesmo com a existência de obstáculos interferindo no sinal de maneira não constante. Um sistema de autenticação de redes sem fios baseado na localização de estações está atualmente em desenvolvimento pelos autores deste artigo e tem como base a pesquisa aqui apresentada.

## Referências

- 3COM (2005) “3Com Wireless Antennas Product Guide”, [http://www.3com.com/other/pdfs/products/en\\_US/101900.pdf](http://www.3com.com/other/pdfs/products/en_US/101900.pdf), Maio 2007.
- Bahl, P.; Padmanabhan, V.N. e Balachandran, A. (2000) “Enhancements to the RADAR User Location and Tracking System,” Microsoft Research Technical Report, February 2000.
- Bardwell, Joseph (2003). “I’m Going To Let My Chauffeur Answer That’ – Math and Physics for the 802.11 Wireless LAN Engineer” [http://www.connect802.com/download/techpubs/2004/my\\_chauffeur\\_BD0414.pdf](http://www.connect802.com/download/techpubs/2004/my_chauffeur_BD0414.pdf), Abril.
- Capkun, Srdjan; Hubaux, JeanPierre (2005) “Secure Positioning in Wireless Networks”, in IEEE Infocom 2005, Miami.
- Sayed, A.H.; Tarighat, A.; Khajehnouri, N. (2005) “Network-based wireless location: challenges faced in developing techniques for accurate wireless location information”. Signal Processing Magazine, IEEE. Volume 22, Issue 4, July 2005.
- Taheri, A.; Singh, A.; Emmanuel, A. (2004). “Location fingerprinting on infrastructure 802.11 wireless local area networks (WLANs) using Locus”. Local Computer Networks, 2004. 29th Annual IEEE International Conference on 16-18 Nov. 2004.