

MODELO DE PROPAGAÇÃO PARA WLANs

Rui Lopes, Paulo Freixo, António Serrador

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
Departamento de Engenharia de Electrónica e Telecomunicações e de Computadores
Rua Conselheiro Emídio Navarro No.1, 1950-062 Lisboa, Portugal.
Telef: +351 218317226
rui_wimax_lopes@yahoo.com, pfreixo@influe.pt, aserrador@deetc.isel.ipl.pt

Resumo:

As WLANs estão actualmente no topo do mercado das tecnologias de redes de comunicação. São principalmente instaladas em interiores, para onde as tradicionais ferramentas de planeamento não estão ainda vocacionadas. Apesar das preocupações actuais na qualidade de planeamento serem crescentes, os modelos de propagação para interiores nas frequências de trabalho podem ainda ser refinados. Nesta comunicação é proposto um novo modelo de propagação sendo aferido com medidas a 2,4GHz. O modelo de propagação proposto adapta-se a múltiplos cenários, seguindo as medidas efectuadas. Relativamente a outros modelos o seu erro é minimizado.

1 INTRODUÇÃO

As *Wireless Local Area Networks* (WLANs) estão actualmente no centro do processo de crescimento das redes sem fios. Estes sistemas introduzem um novo sentido às definições de banda larga em redes rádio e ao conceito de flexibilidade de implementação em redes de comunicações. Apesar do importante papel que hoje em dia já desempenham, o processo de implementação ainda não é baseado num método rigoroso de planeamento, como é feito por exemplo para o caso do *Global System for Mobile Communications* (GSM), mesmo em interiores. Não é pouco comum observar-se a instalação de grandes redes WLAN, com números consideráveis de Pontos de Acesso (PAs), com base em métodos empíricos como simples medidas de “alcance do sinal”. Este tipo de procedimento acarreta problemas importantes, como sejam o não aproveitamento do potencial de cobertura do sistema à disposição e a nula análise da interferência.

A necessidade pelas WLANs cresce à medida que o número de utilizadores também cresce, a par do número de aplicações e *Hot Spots* disponíveis. Sendo a questão da Qualidade de Serviço (QoS) crucial para o diferenciamento entre operadores, a arquitectura da rede tem de ser considerada com base em princípios da economia do negócio, potenciando-se a cobertura em relação ao número de PAs disponíveis.

A análise teórica de modelos de propagação para interiores levará a um modelo melhorado baseado nos existentes, que contabilizará a atenuação dos obstáculos, bem como o índice de decaimento médio de potência associado a cada ambiente de propagação. O modelo de propagação proposto será aferido com medidas a 2,4GHz. Com base nestas medidas é apresentada uma tabela de atenuação para obstáculos típicos no percurso rádio em interiores, como sejam paredes ou portas, entre outros. É ainda determinado o índice de decaimento médio de potência em vários cenários: corredores, gabinetes, salas de aula e laboratórios de hardware. Os valores obtidos serão explorados pelo modelo proposto.

O artigo está dividido em 6 Secções. A presente Secção introduz as características, os conceitos e os objectivos do artigo. A Secção 2 descreve um conjunto de modelos de propagação associados à propagação rádio em interiores. Na Secção 3 é proposto o novo modelo de propagação. A Secção 4 descreve o trabalho desenvolvido relativamente às medidas rádio. Na Secção 5 são apresentados e discutidos alguns resultados,

comparando-se as curvas de atenuação dos modelos de propagação com medidas. Finalmente, apresentam-se as conclusões na Secção 6.

2 MODELOS DE PROPAGAÇÃO PARA INTERIORES

Existem vários e complexos mecanismos de propagação e todos eles têm influência directa na trajectória do sinal rádio. Efeitos como a difracção e a reflexão ocorrem quando uma onda rádio encontra um obstáculo de dimensões consideravelmente superiores ao seu comprimento de onda. Se os obstáculos são de dimensões comparáveis ou inferiores ao comprimento de onda surge o espalhamento. Existem ainda mecanismos como a refracção e fenómenos particulares como o efeito de onda guiada, bem como a capacidade do atravessamento de obstáculos, em que, todos em conjunto, provocam multipercurso e atenuação entre o emissor e o receptor influenciando a fase, amplitude e direcção da onda. Os modelos de propagação partindo deste conhecimentos estimam o valor das perdas de propagação, o que é fundamental para uma correcta escolha do posicionamento de cada Ponto de Acesso (PA). Existem quatro tipos diferentes de modelos de propagação [1], sendo usado neste trabalho os modelos empíricos com “informação de banda estreita”, que são essencialmente simples expressões matemáticas que representam as perdas.

Na literatura é possível encontrar vários modelos básicos, tal como o modelo de Espaço Livre, sendo este a base de todos os modelos empíricos. Tem-se também o modelo de Atenuação Linear [2], que considera a relação linear entre a distância e o índice de decaimento médio de potência, n . O modelo de Keenan [3] contabiliza a atenuação de pisos e paredes. O modelo ITU-R P.1238-1 para interiores é proposto pela *International Telecommunications Union* (ITU) [4], apresentando uma dependência do tipo de ambiente e contabilizando a atenuação causada pelos pisos, mas não a causada pelas paredes. O modelo de Um Degrau [5] é adaptável às características do ambiente com um princípio semelhante à aproximação que o modelo da ITU toma. Este modelo não contabiliza explicitamente a existência quer de pisos quer de paredes. Ambos os obstáculos são expressos através do índice n . O modelo COST 231 [6] para interiores assume a existência de paredes, com adição das condições do modelo de Um Degrau para o valor de n .

3 MODELO PROPOSTO

Neste Secção, é proposto um novo modelo de propagação baseado na análise conceptual das especificidades dos modelos apresentados na Secção 2. Exceptuando o modelo de Keenan, todos os outros introduzem relações variáveis entre a distância e n , dependendo do ambiente de propagação. Contudo, o valor de n apresentado por esses modelos é genérico para um espaço (por exemplo um edifício), não contabilizando o facto de no percurso de propagação serem atravessadas diferentes divisões, com diferentes características de propagação entre si (Figura 1). Considerando-se este facto e ainda a atenuação dos obstáculos, é possível maximizar num só modelo as melhores particularidades de todos [7]. Em (1) apresenta-se a expressão analítica do modelo proposto, onde são contabilizadas as diferentes características de propagação de cada divisão, através de um valor de n apropriado, além da atenuação de paredes e pisos.

$$L_{[\text{dB}]} = 20 \times \log(f_{[\text{MHz}]}) - 28 + 10 \times n_p \times \log(d_{[\text{m}]}) + \sum_{i=1}^{N_w} ((n_i - n_p) \times 10 \times \log(d_{i[\text{m}]}) + a_i) \quad (1)$$

Onde:

L – Atenuação de caminho do modelo proposto.

N_w – Número de paredes entre emissor e receptor.

n_p – índice de decaimento médio de potência com a distância, no ponto “ p ”, onde se pretende determinar a atenuação.

d_p – distância entre o emissor e o ponto “ p ”.

d_i – distância entre o emissor e o obstáculo “ i ”.

n_i – índice de decaimento médio de potência da divisão anterior ao obstáculo “ i ”.

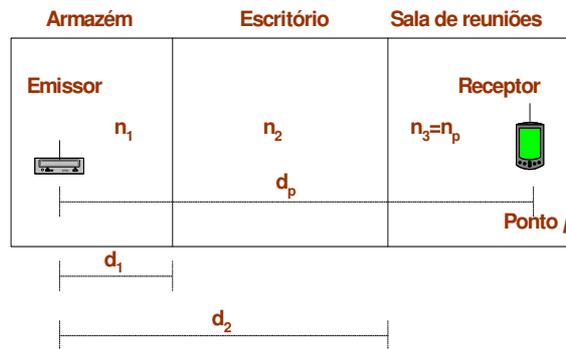


Figura 1 – Cenário de 3 divisões com diferentes valores de n e 2 obstáculos (paredes).

A Figura 1 especifica os parâmetros de (1) e a Figura 2 compara os modelos proposto, Keenan e Um Degrau para o cenário da Figura 1.

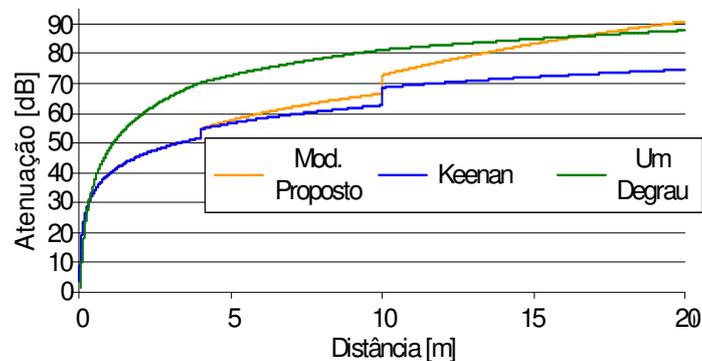


Figura 2 – Comparação dos modelos de propagação, para o cenário apresentado.

4 MEDIDAS

Foram efectuadas medidas rádio a 2,4 GHz para caracterizar o valor de n em diferentes cenários apresentados bem como para a determinação da atenuação de obstáculos típicos em interiores. As medidas visaram ainda a avaliação do desempenho dos diferentes modelos, incluindo o proposto [8]. Foi usado um PA como emissor e um computador portátil com carta WLAN incorporada como receptor, associado à aplicação *NetStumbler*® onde são efectuadas as medidas.

Os fenómenos descritos na Secção 2 provocam flutuações no nível de potência do sinal, fazendo-o variar ao longo do tempo ao redor de um valor mediano. Considera-se uma medida válida, quando o número de amostras da potência do sinal recolhidas no receptor são suficientes para que convirja para a sua média.

Obstáculo	Atenuação [dB]
Porta de madeira enquadrada em parede de tijolo	6,6
Porta dupla de madeira enquadrada em parede de tijolo	1,0
Porta de fibra	2,7
Janela de vidro simples	4,5
Janela de vidro duplo	6,4
Parede de tijolo (espessura de 14cm)	11,8
Armário metálico (altura de 1,5m)	14,4
Armário metálico (altura de 2m)	23,7
Parede blindada a radiação electromagnética	20,5
Piso de betão com tecto falso metálico	78,0

Tabela 1 – Medidas da atenuação de obstáculos.

Foi identificado um conjunto de obstáculos, cuja atenuação e medida correspondente, a 2,4 GHz, está representada na Tabela 1.

Corredores	Salas de aula	Gabinetes	Laboratórios
1,5 a 1,9	2,2 a 2,7	1,5 a 3,3	1,3 a 2,4

Tabela 2 – O valor de n em diferentes cenários.

A Tabela 2 apresenta os diferentes valores de n medidos para 4 tipos de cenários: corredores, salas de aula, gabinetes e laboratórios de equipamento informático e electrónico.

5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Recorrendo-se aos resultados das medições descritas na Secção 4, testaram-se todos os modelos apresentados nas Secções 2 e 3. Foram considerados dois exemplos típicos que ilustram cenários reais de medição. O primeiro é uma área de gabinetes com uma ligação a atravessar seis destas divisões, tendo-se medido o nível de potência em oito pontos. A planta deste cenário está apresentada na Figura 3, sendo os pontos a azul, os locais das medidas.

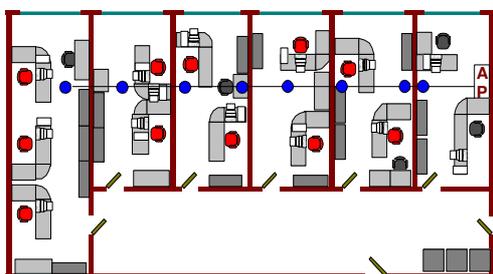


Figura 3 – Cenário área de gabinetes.

A atenuação entre o emissor e cada ponto é determinada a partir da lei de Friis. O modelo proposto considera diferentes valores de n para cada divisão, bem como a atenuação das paredes consoante o valor apresentado na Tabela 1.

A Figura 4 contém as curvas de atenuação para todos os modelos e os valores obtidos em cada ponto. O valor de n usado em todas as divisões para o modelo proposto é de 2,5. O modelo de Um Degrau tem $n=3$ e

$N=30$ para o modelo da ITU, consoante os valores recomendados para áreas de gabinetes, tal como $\alpha=0.57$ para o modelo de Atenuação Linear e $n=2$ para o modelo COST 231. Como ilustrado na Figura 8, o modelo proposto apresenta melhor comportamento que os restantes nos pontos 3, 4, 5, 6, 7 e 8. O ponto 1 tem a sua melhor referência em relação às medidas para os modelos de Espaço Livre, de Keenan e da COST 231. O modelo de Espaço Livre é ainda a melhor aproximação para o ponto 2.

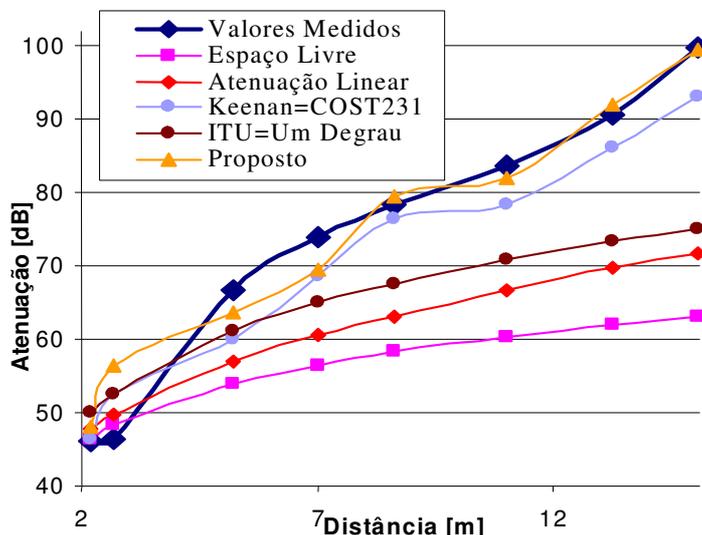


Figura 4 – Comparação de todos os modelos (Exemplo 1).

A Figura 5 representa a evolução do Erro Absoluto com a distância. É facilmente perceptível que à medida que o afastamento entre o emissor e o ponto de medida aumenta, o modelo proposto se destaca dos restantes, garantindo fiabilidade onde é mais crítico: longe do emissor.

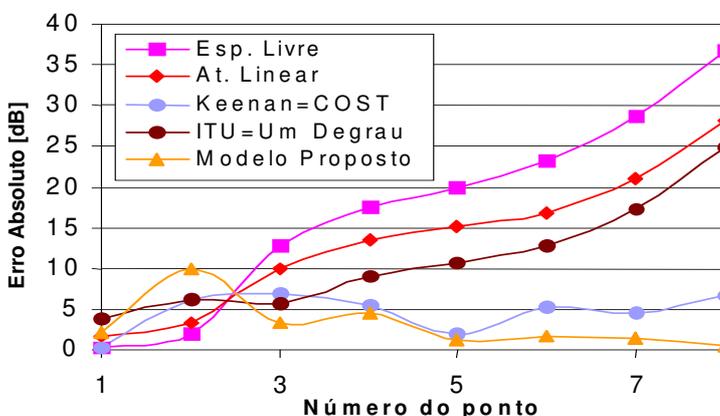


Figura 5 – Erro Absoluto (Exemplo 1).

O segundo caso representa uma ligação curta, com uma só medição. O emissor está separado do receptor por uma porta de fibra (com atenuação de 2,7dB a 2,4GHz). O emissor está colocado num laboratório de electrónica e o receptor numa sala de aula, sendo a distância entre o emissor e a porta de 6,4m e a distância entre o receptor e a mesma porta de 2,3m. A Tabela 3 contém os valores do Erro Absoluto para todos os modelos, relativamente ao valor medido. Os valores n para os modelos Um Degrau e COST 231, N para o modelo da ITU e α para o modelo de Atenuação Linear, foram escolhidos para ambiente de gabinetes, pois não existem valores tabelados para os cenários do caso em análise.

Modelo de Propagação	Erro Absoluto [dB]
Um Degrau e ITU	1,4
Modelo Proposto	1,6
Atenuação Linear	2,9
Keenan e COST 231	5,2
Espaço Livre	7,9

Tabela 3 – Erro Absoluto para no segundo caso.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta-se como uma contribuição para apoiar a decisão da escolha do modelo de propagação a ser usado nos métodos de planeamento para WLANs. É crítico que o processo de implementação da rede, nomeadamente em *Hot Spots*, se baseie numa prévia análise de cobertura e interferência. Só assim é possível criar condições para a aceitação de uma tecnologia em fase de massificação e que por isso exige qualidade. Este tipo de análise carece à partida de um modelo de propagação fiável e que produza resultados o mais próximos possíveis da realidade.

O modelo proposto, quando testado em cenários complexos de diferentes tipos de ambientes, múltiplos obstáculos e afastamentos elevados entre emissor e receptor, apresenta-se como o mais robusto e fiável, em comparação com outros modelos conhecidos. Pode verificar-se através da Figura 5, que modelos como o de Keenan ou da COST 231 apresentam erros elevados (na ordem dos 7 dB) para o ponto de maior afastamento. Enquanto isso, o modelo proposto com valores de erro próximos de 1 dB é o que mais se aproxima da realidade e se destaca como o de desempenho superior.

REFERÊNCIAS

- [1] Neskovic, A., Neskovic., N, e Paunovic, G., *Modern Approaches in Modeling of Mobile Radio Systems Propagation Environment*, *IEEE Communications Surveys*, 2000.
- [2] Devasirvatham, D., Banerjee, C., Krain, M., e Rappaport, D., *Multi-frequency radiowave propagation measurements in the portable radio environment*, *IEEE International Conference on Communications.*, 1990.
- [3] Keenan, J., and Motley, A., *Radio coverage in Buildings*, *Br.Telecom Technol.J.vol.8,no.1*, 1990.
- [4] ITU-R P.1238-1, *Propagation data and prediction methods for the planning of indoor radiocom. systems and radio local area networks in the freq range 900MHz to 100GHz*, 1999.
- [5] Tarokh, V., Ghassemzadeh, S.S. *The Ultra-wideband Indoor Path Loss Model*, *IEEEP802.15*, 2002.
- [6] COST 23, *Digital Mobile Radio towards Future Generation Systems*, 1999.
- [7] Rui Lopes, Paulo Freixo e António Serrador, *Indoor Propagation Models and Radio Planning for WLANs*, *Proceedings Book ICETE 2004*, pages 89-92, Agosto de 2004, Portugal.
- [8] Mikas, F., Zvánovec, S. and Pechac, P, *Measurement and prediction of signal propagation for WLAN systems*, Department of Electromagnetic Field, Czechalch Techni University, 2003.