

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Ben-Hur Monteiro Barizon

**Medidas de Propagação em 2.4 Ghz para o
Planejamento de Redes Locais de Acesso sem fio**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção
do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em
Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica da
PUC-Rio

Orientador: Professor Luiz Alencar dos Reis Silva Mello

Rio de Janeiro
Abril de 2004



Ben-Hur Monteiro Barizon

**Medidas de Propagação em 2.4 Ghz para o
Planejamento de Redes Locais de Acesso
sem fio**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Dr. Luiz Alencar dos Reis Silva Mello

Orientador

Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-Rio

Dr. Sérgio Colcher

Departamento de Informática – PUC-Rio

Dr. Ricardo Guerra Pereira

Marítima Petróleo e Engenharia Ltda.

Dra. Marta Pudwell Chaves de Almeida

Centro de Estudos em Telecomunicações – PUC-Rio

Dr. Rodolfo Sabóia Lima de Souza

Centro de Estudos em Telecomunicações – PUC-Rio

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 30 de Abril de 2004.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

Ben-Hur Monteiro Barizon

Graduou-se em Engenharia Elétrica no CEFET-RJ (Centro de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro) em 2001. Neste mesmo ano, inicia seus estudos no curso de Pós-graduação em Engenharia Elétrica no CETUC-Rio (Centro de Estudos em Telecomunicações) da PUC-Rio. Professor atuante nas áreas de telecomunicações, Eletrônica e Redes de computadores. Faz pesquisa sobre novos sistemas de telecomunicações baseados em redes Wireless.

Ficha catalográfica

Barizon, Ben-Hur Monteiro

Medidas de propagação em 2.4 Ghz para o planejamento de redes locais de acesso sem fio / Ben-Hur Monteiro Barizon; orientador: Luis Alencar Reis da Silva Mello. - Rio de Janeiro: PUC-Rio, Departamento de Engenharia Elétrica, 2004.

118 f. il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica.

Inclui referências bibliográficas

1. Engenharia elétrica – Teses. 2. Redes locais sem fio. 3. Wireless LAN. 4. IEEE 802.11. 5. Wi-Fi. 6. WLAN. I. Mello, Luiz Alencar Reis da Silva. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. III. Título.

CDD: 621.3

Dedico este trabalho a todas as pessoas que acreditam que todo sonho pode se concretizar

Agradecimentos

Ao meu orientador Professor Luiz Alencar dos Reis Silva Mello pela grande oportunidade de desenvolver um tema de pesquisa recente e de grande importância para futuros projetos de redes que irão permitir uma maior inclusão social.

Ao CAPES, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter se realizado.

Aos meus amigos do mestrado que sempre tiveram um estímulo a mais e uma palavra de incentivo nos momentos mais difíceis

A minha mãe Suely, por todos os momentos difíceis que passamos, mas sempre acreditando no meu potencial e no meu sucesso.

Aos professores e funcionários do CETUC que sempre tiveram paciência e boa vontade.

Ao amigo Rodolfo Sabóia pela disposição e ajuda em todos os momentos.

A minha esposa Paula e minha filha Giulia pela sua força e compreensão, estando sempre ao meu lado, me incentivando a lutar com garra, vontade e disposição a fim de conquistar meus objetivos com honestidade e dedicação, levantando sempre minha auto-estima.

A todas as pessoas que acreditam que o saber e a informação são o melhor aprendizado.

Resumo

Barizon, Ben-Hur Monteiro; Mello, Luis Alencar dos Reis Silva. **Medidas de Propagação em 2.4 Ghz para o Planejamento de Redes Locais de Acesso sem fio** . Rio de Janeiro, 2004. 120p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

As Redes locais sem fio (WirelessLAN ou WLAN) surgiram como uma alternativa as redes convencionais com fio (LAN), de uma forma mais flexível, de fácil configuração e boa conectividade em áreas fechadas (prediais) ou abertas (campus). Elas combinam a mobilidade do usuário com sua conexão a rede com taxas de comunicação de até 20 Mbps ou mais, empregando técnicas de espalhamento espectral (salto em frequência - FHSS ou sequência direta - DSSS) ou acesso por modulação de frequências ortogonais - OFDM, nas faixas de frequência de 900 MHz, 2.4 Ghz e 5.7 Ghz. Dependendo da tecnologia, faixa de frequência e ambiente de utilização, o alcance das WLAN pode variar de 30 a 250 metros, ou maiores distâncias com as evoluções deste padrão. O seu projeto requer o modelamento do canal de propagação em ambientes internos . Os métodos de previsão de perda de transmissão mais utilizados são de natureza semi-empírica, devido à complexidade do problema em que envolve múltiplos mecanismos de propagação como reflexão em paredes, pisos e tetos, difração em obstáculos e transmissão através de paredes e pisos. Além da perda de propagação deve ser considerado o problema do multipercursos que produz em espalhamento de retardos, o sinal recebido afetando a qualidade do sistema.

Palavras-chave

Redes Locais sem fio, WirelessLAN, IEEE 802.11, Wi-Fi, WLAN

Abstract

Barizon, Ben-Hur Monteiro; Mello, Luis Alencar of Reis Silva. **Propagation Measurement in 2.4 Ghz for Wireless Local Area Network Planning**. Rio de Janeiro, 2004. 120p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The Wireless Local Area Network (WirelessLAN or WLAN) appeared as an alternative the conventional Local Area Network (LAN), in a more flexible way, of easy configuration and good conectividade in closed areas (property) or open areas (campus). They combine user's mobility , his/her network connection with communication taxes of up to 20 Mbps or plus, using spread spectrum techniques (Frequency Hopping - FHSS or Direct Sequence - DSSS) or access for Orthogonais Frequency Division Modulation - OFDM, in frequency range of 900 MHz, 2.4 Ghz and 5.7 Ghz. Depending on the technology, frequency range and use atmosphere, the reach of WLAN can vary from 30 to 250 meters, or larger distances with the evolutions of this pattern. This project requests the model of the propagation channel in internal atmospheres. The methods of forecast of transmission loss more used are of semi-empiric nature, due to the complexity of the problem in that it involves multiple propagation mechanisms as reflection in walls, floors and roofs, diffraction in obstacles and transmission through walls and floors. Besides the propagation loss it should be considered the problem of the multipath that produces in dispersal of retards, the received sign affecting the quality of the system.

Keywords

WirelessLAN; WLAN; IEEE 802.11; Wi-Fi

Sumário

1. Introdução	14
2. Modelos empíricos para estudo de propagação	18
2.1. Modelos Internos (indoor)	21
2.1.1. Modelos para uma faixa larga de frequências	22
2.1.2. Modelos de uma faixa estreita de frequência ou frequência única	27
2.2. Modelos Externos (outdoor)	29
2.2.1. Modelos para faixa larga de frequências	30
2.2.2. Modelos de frequência única ou uma faixa estreita de frequências	34
3. Redes Locais sem fio IEEE 802.11	38
3.1. Padrões das redes sem fio IEEE 802.11	38
3.1.1. Pilha de Protocolos	40
3.2. Arquitetura de uma rede sem fio IEEE 802.11	41
3.3. Protocolo MAC do padrão IEEE 802.11	44
3.3.1. Função de Coordenação Distribuída (DFC)	45
3.3.2. Função de Coordenação Pontual (PCF)	48
3.4. Roaming	49
3.5. Estações perdidas	49
3.6. Transmissões em redes locais sem fio IEEE 802.11	51
3.6.1. Padrão IEEE 802.11b	51
3.7. Topologias para as redes locais sem fio IEEE 802.11	59
3.8. Características de implementação de redes locais sem fio	61

3.9. Evoluções tecnológicas do padrão IEEE 802.11	64
3.9.1. Novos padrões IEEE 802.11 desenvolvidos para melhorar o desempenho das redes	65
3.10.Regulamentação das redes IEEE 802.11 no Brasil	69
3.11.Padrões de segurança em redes WLAN	71
4. Medidas na rede Wi-Fi instalada na PUC-Rio	76
4.1. Caracterização do ambiente e Metodologia de testes	76
4.2. Descrição dos equipamentos utilizados nas redes Wi-Fi	78
4.2.1. Equipamentos envolvidos nos testes de propagação	79
4.3. Medidas em ambientes internos (indoor)	80
4.3.1. Ponto 1 – CETUC – Prédio Kennedy – 7º andar	80
4.3.2. Ponto 2 – Biblioteca Central – Prédio Frings – 2º andar	91
4.4. Medidas em ambientes externos (outdoor)	97
4.4.1.. Ponto 3 – Hall do complexo Amizade (Kennedy & Frings)	97
4.4.2. Ponto 4 – Térreo do Prédio Cardeal Leme	101
4.4.3. Ponto 5 – Térreo do RDC (Rio Data Centro)	104
4.5. Resultados e Conclusões das medidas no campus da PUC	108
5. Conclusões e novas propostas de projetos	109
5.1. Conclusões sobre os locais dos pontos de acesso e Novas propostas	109
6. Referências Bibliográficas	111
Anexo I Software de simulação da rede WLAN	115

Lista de Figuras

Figura 1 - Modelo Walfish-Ikegami com vista ao longo da rua	37
Figura 2 - Modelo Walfish-Ikegami com vista superior da rua	37
Figura 3 - Comparação entre alguns dos modelos no ambiente indoor	44
Figura 4 - Conexão de uma rede sem fio com uma convencional com fio	45
Figura 5 - Comparação do padrão 802.11 com o RM-OSI	46
Figura 6 - Arquitetura de uma rede sem fio	49
Figura 7 - União de duas BSS formando uma ESS	51
Figura 8 - Troca de dados para transmissão de informações	56
Figura 9 - Método de acesso CSMA/CA	56
Figura 10 - Perda de conexão com a estação móvel por razão geográfica	59
Figura 11 - AP escolhe uma estação móvel mas próxima da estação perdida para usar como ponte	60
Figura 12 - Comparação entre as técnicas de transmissão : ponto a ponto e compartilhada	64
Figura 13 - Rede com 3 AP (Pontos de acesso) com cobertura sobreposta	65
Figura 14 - Escala de largura de banda agregada de 11 a 33 Mbps numa área localizada pela colocação de 3 Pontos de acesso	66
Figura 15 - Canais 802.11b sem sobreposição	67
Figura 16 - Topologia em frequência baseado nos canais 1, 6 e 11	68
Figura 17 – Rede local sem fio ad Hoc	71
Figura 18 – Rede local sem fio infra-estrutura	71
Figura 19 – cartão de interface PCI	74
Figura 20 - Cartão de interface PCMCIA	74
Figura 21 – Tipos de antenas WLAN	75
Figura 22 – Pontos de acesso (AP – Access Point)	75

Figura 23 - Comparação entre os padrões IEEE.802.11	76
Figura 24 - Alocação de freqüência no modelo UNII	77
Figura 25 - Comparação entre as técnicas (a) FDM e (b) OFDM	78
Figura 26 – Medidas CETUC 1	84
Figura 27 – Desvio Padrão CETUC 1	84
Figura 28 – Medidas CETUC 2	85
Figura 29 – Desvio Padrão CETUC 2	86
Figura 30 – Medidas CETUC 3	87
Figura 31 – Desvio Padrão CETUC 3	87
Figura 32 - Gráfico Medidas BIB saguão	90
Figura 33 - Gráfico desvio padrão BIB saguão	90
Figura 34 - Gráfico Medidas BIB inferior	91
Figura 35 - Gráfico desvio padrão BIB Inferior	92
Figura 36 - Gráfico Medidas BIB superior	93
Figura 37 - Gráfico desvio padrão BIB superior	93
Figura 38 - Gráfico Medidas complexo amizade	96
Figura 39 - Gráfico desvio padrão complexo amizade	97
Figura 40 - Gráfico Medidas Leme	100
Figura 41 - Gráfico desvio padrão Leme	100
Figura 42 - Gráfico Medidas Leme	103
Figura 43 - Gráfico desvio padrão Leme	104

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Valores para coeficiente de atenuação (e) em relação à distância	27
Tabela 2 – Valores para atenuação por penetração de andares (L_a)	27
Tabela 3 – Valores de atenuação unitária (paredes e andar) em 900 MHz	30
Tabela 4 - Valores de coeficientes de atenuação com a distância (1900 MHz)	42
Tabela 5 – Medidas CETUC 1	97
Tabela 6 – Medidas CETUC 2	97
Tabela 7 – Medidas CETUC 3	98
Tabela 8 – Biblioteca Externa	100
Tabela 9 – Biblioteca Interna inferior	101
Tabela 10 – Biblioteca Interna superior	101
Tabela 11 – Medidas no ambiente do complexo da amizade	105
Tabela 12 – Medidas no Prédio Cardeal Leme	108
Tabela 13 – Medidas no Prédio do RDC	111

