

WIGNER FERNANDES COSTA

LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RN

Wigner Fernandes Costa

ESTUDO COMPARATIVO DO PADRÃO WIMAX COM O PADRÃO WI-FI

ESTUDO COMPARATIVO DO PADRÃO WIMAX COM O PADRÃO WI-FI

Monografia apresentada ao curso de
Graduação em Sistemas de
Informação da Faculdade Nat
alense para o desenvolvimento do Rio
Grande do Norte como requisito
obrigatório para a obtenção do grau
de Bacharel em Sistema de
Informação.

Orientador:

Aluizio Ferreira da Rocha Neto,

M. Sc.

NATAL/RN
2007

NATAL/RN
2007

WIGNER FERNANDES COSTA

WIGNER FERNANDES COSTA

ESTUDO COMPARATIVO DO PADRÃO WIMAX COM O PADRÃO WI-FI

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RN e aprovada em _____ de _____ de _____ pela Banca Examinadora constituída pelos Professores _____

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Sistemas de Informação da Faculdade Natalense para o Desenvolvimento do Rio Grande do Norte como requisito obrigatório para a obtenção do grau de Bacharel em Sistema de Informação.

Orientador:

Aluizio Ferreira da Rocha Neto,
M. Sc.

NATAL/RN
2007



FARN

WIGNER FERNANDES COSTA

ESTUDO COMPARATIVO DO PADRÃO WIMAX COM O PADRÃO WI-FI

Monografia apresentada ao curso de
Graduação em Sistemas de
Informação da Faculdade Natalsense
para o Desenvolvimento do Rio
Grande do Norte como requisito
obrigatório para a obtenção do grau
de Bacharel em Sistema de
Informação.

Orientador:

Aluizio Ferreira da Rocha Neto,

M. Sc.

RB.34.504

FARN
BIBLIOTECA
Nº Reg. <u>0000989</u>
<u>19 / 09 / 08</u>

004.738.5

C876e

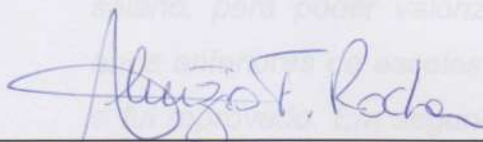
2007

ex-01

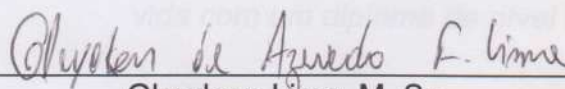
NATALIA
2007

WIGNER FERNANDES COSTA

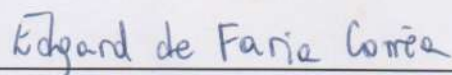
Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RN e aprovada em
_____ de _____ de _____ pela Banca Examinadora constituída pelos
Professores:



Aluizio Rocha, M. SC.
Orientador



Gleydson Lima, M. Sc.
Membro Examinador



Edgard de Faria Correia, Dr.
Membro Examinado

AGRADECIMENTOS

À pai superior por acreditar-me com ideias e saúde, para torná-los realidade, e por ter dado coragem para que eu pudesse ter concluído este curso que é de grande importância em minha vida pessoal e profissional.

O meu orientador Aluizio Rocha por ter unido minhas ideias e ter me ajudado na elaboração deste trabalho.

Agradeço também ao *Dedico a:* todos aqueles que colaboraram e contribuíram diretamente e indiretamente na elaboração deste trabalho.

Em primeiro lugar, à minha Mãe, por ter mostrado que o estudo não é uma brincadeira e ter imposto que eu pagasse minha faculdade com meu próprio salário, para poder valorizar o dinheiro gasto nos anos anteriores de escolas que eu não quis estudar e fui reprovado. Em segundo lugar a minha Esposa que na época que iniciei o curso éramos namorados e ela me incentivou a fazer a faculdade para eu poder crescer profissionalmente no emprego e na vida com um diploma de nível superior.

AGRADECIMENTOS

Ao pai superior por agraciar-me com ideais, e saúde, para torná-los realidade, e por ter dado coragem, para que eu pudesse ter concluído este curso que é de grande importância em minha vida pessoal e profissional.

O meu orientador Alúzio Rocha por ter tirado minhas dúvidas e ter me ajudado na elaboração deste trabalho.

Agradeço também ao pessoal da Biblioteca que fez as devidas correções, e a todos aqueles que colaboraram e contribuiriam diretamente e indiretamente na elaboração deste trabalho.

RESUMO

Considerado por muitos uma revolução, a Internet vem adquirindo cada vez mais importância na vida das pessoas. Surge então, a necessidade de se desenvolver este tipo de serviço e, sobretudo, de diminuir custos para que mais e mais pessoas possam ter acesso a esta tecnologia de comunicação. Desta forma neste trabalho são apresentadas comparações entre os padrões IEEE 802.11, atualmente usado em locais públicos e privados, tais como universidades, aeroportos, hotéis, restaurantes etc., e o IEEE 802.16 que vem para ser usado na região metropolitana, nas ruas, sem que seja preciso ter um ponto de acesso fixo, e esta comparação foi com o propósito de perceber cada padrão em função das suas características, mostrando como eles se complementam e como se pode prover uma solução integrada para o acesso às redes de comunicação.

Palavras-chave: IEEE 802.11 Wireless IEEE

"O modo mais provável do mundo ser destruído, muitos especialistas concordam, é por acidente. Aí é onde entramos: somos profissionais em computadores. Nós causamos acidentes".

Nathaniel Borenstein

RESUMO

Considerado por muitos uma revolução, a Internet vem adquirindo cada vez mais importância na vida das pessoas. Surge então, a necessidade de se aperfeiçoar esse tipo de serviço e, sobretudo, de diminuir custos para que mais e mais pessoas possam ter acesso a esta tecnologia de comunicação. Desta forma neste trabalho são apresentadas comparações entre os padrões IEEE 802.11, atualmente usado em locais públicos e privados, tais como universidades, aeroportos, hotéis, restaurantes etc., e IEEE 802.16 que vem para ser usado na região metropolitana, nas ruas, sem que seja preciso ter um ponto de acesso fixo, e esta comparação tem como propósito de posicionar cada padrão em função das suas características, mostrando como eles coexistem e complementam-se de modo a prover uma solução integrada para o acesso às redes de comunicação.

Keywords: IEEE 802.11 Wireless. IEEE 802.16 WiMAX. Broadband Wireless.

Palavras-chave: IEEE 802.11 Wireless. IEEE 802.16 WiMAX. Banda Larga Sem Fio.

ABSTRACT

Considered by many a revolution, the Internet is getting more and more important in people's lives. Then arises the need to improve this type of service and, especially, to reduce costs so that more and more people have access to this technology of communication. Thus this work are presented comparisons between the standard IEEE 802.11, currently used in public and private places, such as universities, airports, hotels, restaurants etc., And IEEE 802.16 is to be used in the metropolitan region, in the streets , it is not necessary to have an access point fixed, it has the purpose of comparison positioning each standard in terms of their characteristics, showing how they coexist and complement each other in order to provide an integrated solution for access to communications networks.

Keywords: IEEE 802.11 Wireless. IEEE 802.16 WiMAX. Broadband Wireless.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Padronização global para redes sem fio.	15
Figura 2: Modelo de uma rede sem fio IEEE802.11.	16
Figura 3: Comparação do padrão 802.11 com o RM-OSI.	16
Figura 4: Itens da rede sem fio IEEE802.11.	23
Figura 5: O padrão IEEE 802.16 viabiliza soluções que atendem as necessidades de uma variedade de segmentos de acesso banda larga.	24
Figura 6: Estação Radio Base WiMAX completa.	27
Figura 7: Terminal WiMAX Residencial.	27
Figura 8: Diversas antenas de transmissão e recepção de sinal Wimax.	28
Figura 9: Cabo Pigtail para conexão de antenas e conectores de ambas as extremidades em detalhes.	28
Figura 10: Exemplificando a interoperabilidade entre o IEEE 802.11 e o IEEE 802.16.	29
Figura 11: Vantagens do WiMAX em relação a outras tecnologias Wireless.	30

DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification
DSL	Digital Subscriber Line
FCC	Federal Communications Commission
FDI	Fiber Distributed Data Interface
FDMA	Frequency Division Multiplexing
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FTP	File Transfer Protocol
FWA	Fixed Wireless Access
GFSK	Gaussian Frequency Shift Keying
GHz	Giga Hertz
IAP	Inter-Access Point Protocol
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IP	Internet Protocol
IRE	Institute Radio Engineers
ISO	International Standardization Organization
KM	Kilometer
LAN	Local Area Network
LCC	Logical Link Controller
LOS	Line Of Sight
MAC	Medium Access Control

LISTA DE SIGLAS

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AES	Advanced Encryption Standard
AIEE	Instituto Americano de Engenheiros Eletricistas
BSS	Business Support Systems
BWA	Broadband Wireless Access
CDMA	Code Division Multiple Access
CSMA/CA	Carrier Sence Multiple Access/Collision Avoidance
DBPSK	Differential Binary Phase Shift Keying
DFS	Dynamic Frequency Selection
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification
DSL	Digital Subscriber Line
FCC	Federal Communications Commission
FDDI	Fiber Distributed Data Interface
FDM	Frequency Division Multiplexing
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FTP	File Transfer Protocol
FWA	Fixed Wireless Access
GFSK	Gaussian Frequency Shift Keying
GHz	Giga Hertz
IAPP	Inter-Access-Point Protocol
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IP	Internet Protocol
IRE	Institute Radio Engineers
ISO	International Standardization Organization
KM	Kilometer
LAN	Local Area Network
LLC	Logical Link Controller
LOS	Line Of Sight
MAC	Medium Access Control

MAN	Metropolitan Area Network	11
Mbps	Mega bits por Segundo.	12
MHz	MegaHertz	12
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output	12
NLOS	Non Line Of Sight	13
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access	13
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	14
PA	Ponto de Acesso	15
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association	15
PHY	Physical Layer	17
QoS	Quality of Service	19
RM-OSI	Reference Model – Open Systems Interconnection	19
SDL	Symmetrical DSL	20
TCP	Transmission Control Protocol	20
TGv	Task Group v	20
TKIP	Temporal Key Integrity Protocol	21
TXOP	Transmission Oportunity	21
WECA	Wireless Ethernet Compatibility Alliance	22
WEP	Wired Equivalent Privacy	22
WFA	Wi-Fi Alliance	23
Wi-Fi	Wireless Fidelity	23
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	27
WirelessMAN	Wireless Metropolitan Area Networks	29
WLAN	Wireless Local Area Network	30
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network	35
WPA	Wi-Fi Protected Access.	

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivos Gerais	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 JUSTIFICATIVA	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 INSTITUTO DE ENGENHEIROS ELETRICISTAS E ELETRÔNICOS (IEEE)	15
2.2 O PADRÃO IEEE 802.11	15
2.2.1 Cronologia do Padrão IEEE802.11	17
2.2.2 IEEE 802.11a	19
2.2.3 IEEE 802.11b	19
2.2.4 IEEE 802.11d	19
2.2.5 IEEE 802.11e	19
2.2.6 IEEE 802.11f	20
2.2.7 IEEE 802.11g	20
2.2.8 IEEE 802.11h	20
2.2.9 IEEE 802.11i	20
2.2.10 IEEE 802.11k	21
2.2.11 IEEE 802.11n	21
2.2.12 IEEE 802.11s	21
2.2.13 IEEE 802.11v	22
2.2.14 Outros Padrões do IEEE 802.11	22
2.3 ITENS PARA CONEXÃO IEEE 802.11	23
2.4 O PADRÃO IEEE 802.16	23
2.4.1 O WiMax Nomádico (padrão IEEE 802.16d ou 802.16-2004)	25
2.4.2 O WiMax Móvel (padrão IEEE 802.16e ou 802.16-2005)	25
2.5 ITENS PARA CONEXÃO IEEE 802.16	27
3 ANÁLISE DE RESULTADOS	29
3.1 RELACIONANDO OS PADRÕES	29
3.2 PARÂMETRO DE COMPARAÇÃO ENTRE OS PADRÕES	30
4 CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

Recentemente novas tecnologias de redes sem fio têm sido desenvolvidas pelo IEEE em conjunto com a indústria, com o foco na interoperabilidade, suporte ao protocolo IP e altas taxas de transmissão.

Dentre estas tecnologias o IEEE desenvolveu o IEEE 802.16, denominado WiMax onde seu nome comercial é de um grupo de tecnologias sem fio que emergiram da família de padrões WirelessMAN IEEE 802.16. Apesar do termo WiMax só ter alguns anos, esta tecnologia existe desde o final da década de 1990, primeiro com a adoção do padrão 802.16 que trabalha na frequência (10-66GHz) e depois com o 802.16a trabalhando na frequência (2-11GHz) em janeiro de 2003. Apesar da consolidação do padrão 802.16a, o FWA nunca saiu do mercado, embora valha a pena mencionar que durante este período toda a indústria das telecomunicações esteve lutando para que isso acontecesse.

O padrão IEEE 802.16 original foi completado em outubro de 2001 e publicado no dia 8 de abril de 2002. Oficialmente, o padrão é chamado "*Air Interface for Fixed Broadband Wireless Systems*" (interface aérea para sistemas fixos de acesso sem fio de banda larga).

Trata-se de uma tecnologia de banda larga sem-fio, capaz de atuar como alternativa a tecnologias como cabo e DSL na construção de redes comunitárias e provimento de acesso de última milha. Na teoria, espera-se que os equipamentos WiMax tenham alcance de até 50 km e capacidade de banda passante de até 70 Mbps. Na prática, o alcance e banda dependerão do equipamento e da frequência usados, bem como da existência ou não de visada. Ou seja, se uma antena consegue ver a outra, sem obstáculos no caminho. (construções, montanhas, etc.).

Este trabalho mostra o estudo do padrão IEEE 802.16, comparando com o padrão IEEE 802.11, mostrando as diferenças entre estas tecnologias de comunicação, usadas em ambientes de redes sem fio.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

As redes de computadores atuais são compostas por uma grande variedade de dispositivos que devem se comunicar e compartilhar recursos. Na maioria dos

casos, a eficiência dos serviços prestados está associada ao bom desempenho dos sistemas da rede. Nos dias de hoje a *Internet* é um dos meios de comunicação mais rápido, é nela que podemos saber das notícias mais atualizadas, receber correspondências virtuais (*e-mail*) entre outras coisas.

Com a evolução das redes de computadores, surgiram as tecnologias WI-FI e WiMax. Esta última tem gerado uma expectativa grande do mercado, pois promete revolucionar a forma como acessamos a Internet, principalmente na questão da mobilidade dentro de uma área metropolitana. Entretanto, a tecnologia WiMax tem pouca bibliografia explicando para os usuários finais seus reais benefícios.

Além disso, não há equipamentos disponíveis no mercado que permita uma avaliação mais realista da tecnologia.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem como principal objetivo o estudo do padrão IEEE 802.16 para acesso banda larga sem fio, tendo como foco principal comparações entre os padrões IEEE 802.11 e IEEE 802.16, com o propósito de posicionar cada padrão em função das suas características, mostrando como eles coexistem e se complementam, de modo a prover uma solução integrada para o acesso às redes de comunicação.

1.2.2 Objetivos Específicos

O trabalho tem como objetivos específicos:

- Estudar a tecnologia de redes sem fio WI-FI (IEEE802.11);
- Estudar a tecnologia de rede sem fio WiMax (IEEE802.16);
- Comparar os padrões IEEE 802.11 e IEEE 802.16, suas características, vantagens e desvantagens;
- Avaliar protocolos dos padrões mencionados anteriormente;
- Avaliar o desempenho, qualidade de serviço (QoS) e segurança.

1.3 JUSTIFICATIVA

Esta pesquisa tem a importância de entender como a tecnologia de rede sem fio padrão IEEE 802.16 vem surgindo e crescendo no mundo das novas tecnologias, e comparando este padrão com o já existente há anos - o padrão IEEE802.11.

Portanto, faz-se necessário analisar como se utiliza os serviços de comunicação com dados, quais são eles, seus custos de manutenção e equipamentos utilizados.

Além disso, esse projeto tem como um dos seus objetivos, aprofundar o estudo acadêmico dos meios de comunicação convergentes e protocolos utilizados no padrão IEEE802.16, pois dessa forma os alunos, não só da graduação, como da especialização de redes de computadores, como de cursos que estejam nas áreas tecnológicas ou afins, terão conhecimentos dos novos modelos como poderão aprimorar este projeto.

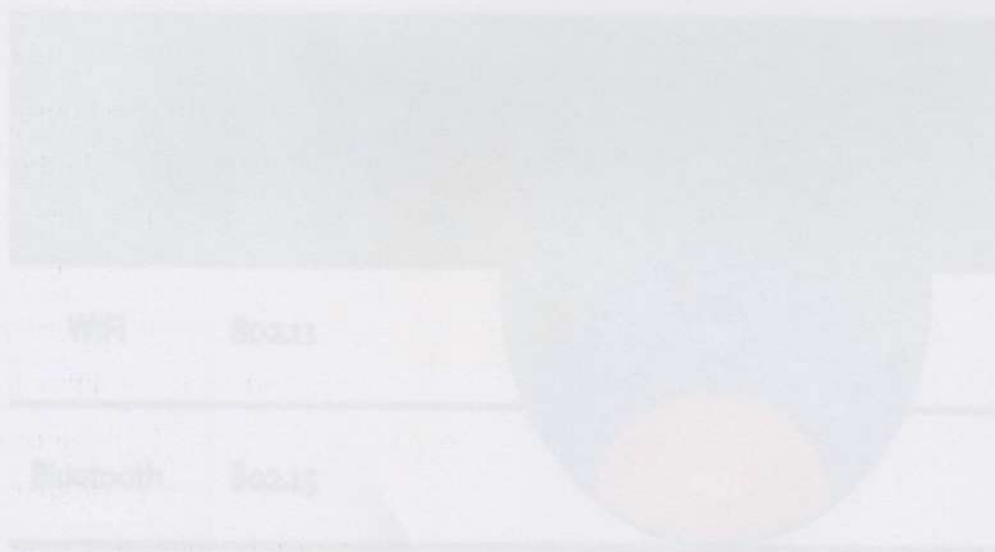


Figura 1: Padrão global para redes sem fio.
Fonte: Carlos, 2007

2.2 O PADRÃO IEEE 802.11

As redes sem fio IEEE 802.11, que também são conhecidas como redes Wi-Fi (Figura 2) foram uma das grandes novidades tecnológicas dos últimos anos. Atualmente, é o padrão de fato em conectividade sem fio para redes locais. Como prova desse sucesso pode-se citar o crescente número de Hot Spots (são pontos de

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INSTITUTO DE ENGENHEIROS ELETRICISTAS E ELETRÔNICOS (IEEE).

O IEEE (pronuncia-se I-3-E) é uma organização profissional sem fins lucrativos, fundada nos Estados Unidos. É a maior (em número de sócios) organização profissional do mundo. O IEEE foi formado em 1963 pela fusão do Instituto de Engenheiros de Rádio (IRE) com o Instituto Americano de Engenheiros Elétricistas (AIEE). O IEEE tem filiais em muitas partes do mundo, sendo seus sócios engenheiros eletricistas, engenheiros da computação, cientistas da computação, profissionais de telecomunicações etc. Sua meta é promover conhecimento no campo da engenharia elétrica, eletrônica e computação. Um de seus papéis mais importantes é o estabelecimento de padrões para formatos de computadores e dispositivos (IEEE,2007).

O IEEE definiu uma hierarquia de padrões complementares para redes sem fio (Figura 1)

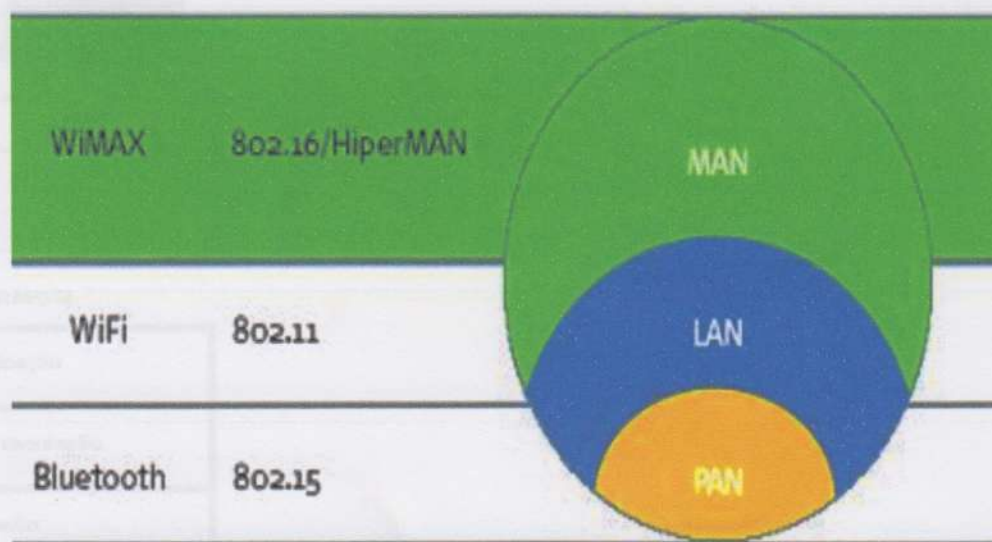


Figura 1: Padronização global para redes sem fio.
Fonte: Carlos, 2007

2.2 O PADRÃO IEEE 802.11

As redes sem fio IEEE 802.11, que também são conhecidas como redes Wi-Fi (Figura 2) foram uma das grandes novidades tecnológicas dos últimos anos. Atualmente, é o padrão de fato em conectividade sem fio para redes locais. Como prova desse sucesso pode-se citar o crescente número de *Hot Spots* (são pontos de

acesso à Internet sem fio) e o fato de a maioria dos computadores portáteis novos já saírem de fábrica equipados com interfaces IEEE 802.11. Os *Hot Spots*, presentes nos centros urbanos e principalmente em locais públicos, tais como universidades, aeroportos, hotéis, restaurantes etc., estão mudando o perfil de uso da Internet e, inclusive, dos usuários de computadores. (IEEE, 2007).

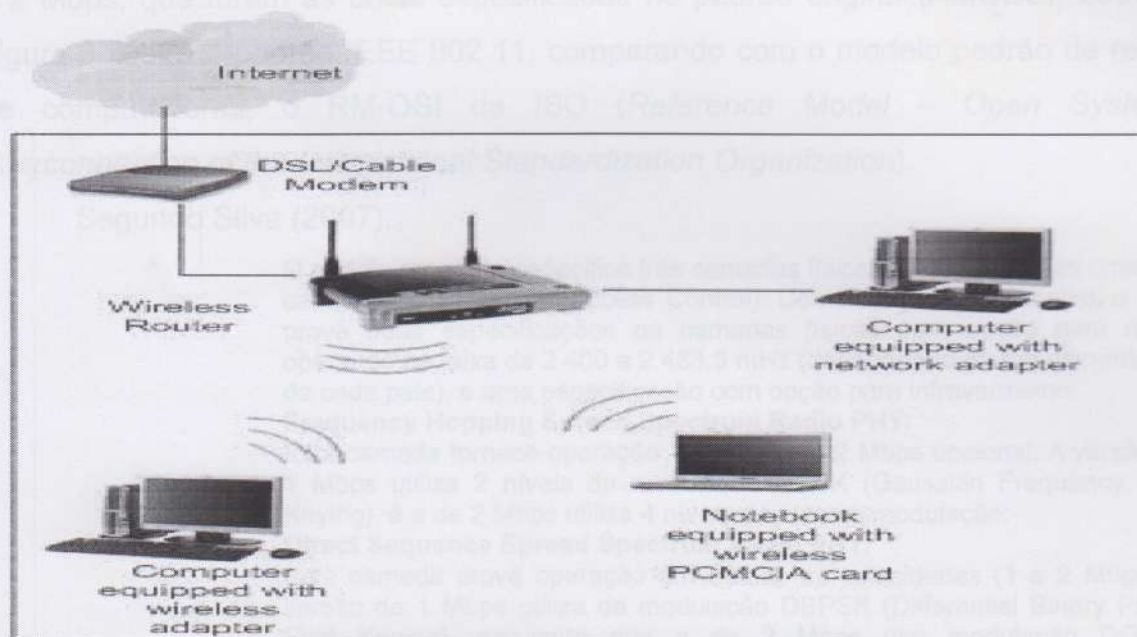


Figura 2: Modelo de uma rede sem fio IEEE802.11.

Fonte: Home-network-help(2007)

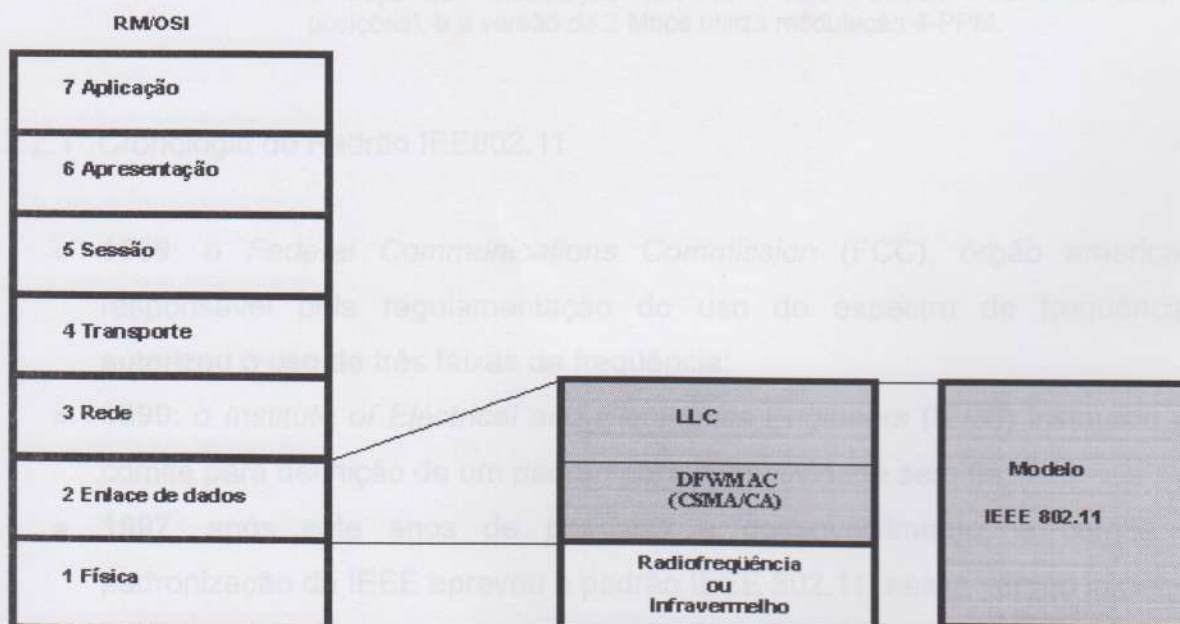


Figura 3: Comparação do padrão 802.11 com o RM-OSI.

Fonte: Uzeda(2007)

O padrão 802.11 original definiu três tipos de camada físicas diferentes e independentes para as redes sem-fio. Duas delas eram baseadas em técnicas de espalhamento espectral (*spread spectrum*), e a terceira era baseada no uso de sistemas infravermelho. Todas elas suportavam as taxas de transmissão de 1 Mbps e 2 Mbps, que foram as taxas especificadas no padrão original. (AMODEI, 2007). A Figura 3 ilustra o padrão IEEE 802.11, comparando com o modelo padrão de redes de computadores, o RM-OSI da ISO (*Reference Model – Open Systems Interconnection of the International Standardization Organization*).

Segundo Silva (2007),

O padrão proposto especifica três camadas físicas (PHY) e apenas uma subcamada MAC (Medium Access Control). Como apresentado abaixo, o draft provê duas especificações de camadas físicas com opção para rádio, operando na faixa de 2.400 a 2.483,5 MHz (dependendo da regulamentação de cada país), e uma especificação com opção para infravermelho.

Frequency Hopping Spread Spectrum Radio PHY:

Esta camada fornece operação 1 Mbps, com 2 Mbps opcional. A versão de 1 Mbps utiliza 2 níveis da modulação GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying), e a de 2 Mbps utiliza 4 níveis da mesma modulação;

Direct Sequence Spread Spectrum Radio PHY:

Esta camada provê operação em ambas as velocidades (1 e 2 Mbps). A versão de 1 Mbps utiliza da modulação DBPSK (Differential Binary Phase Shift Keying), enquanto que a de 2 Mbps usa modulação DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying);

Infrared PHY:

Esta camada fornece operação 1 Mbps, com 2 Mbps opcional. A versão de 1 Mbps usa modulação 16-PPM (Pulse Position Modulation com 16 posições), e a versão de 2 Mbps utiliza modulação 4-PPM.

2.2.1 Cronologia do Padrão IEEE802.11

- **1989:** o *Federal Communications Commission* (FCC), órgão americano responsável pela regulamentação do uso do espectro de frequências, autorizou o uso de três faixas de frequência;
- **1990:** o *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) instaurou um comitê para definição de um padrão para conectividade sem fio;
- **1997:** após sete anos de pesquisa e desenvolvimento, o comitê de padronização da IEEE aprovou o padrão IEEE 802.11; nessa versão inicial, as taxas de transmissão nominal atingiam 1 e 2 Mbps;
- **1999:** foram aprovados os padrões IEEE 802.11b e 802.11a, que usam as

freqüências de 2,4 e 5 GHz e são capazes de atingir taxas nominais de transmissão de 11 e 54 Mbps, respectivamente. O padrão 802.11b, apesar de atingir taxas de transmissão menores, ganhou fatias maiores de mercado do que 802.11a; as razões para isso foram basicamente duas: primeiro, as interfaces 802.11b eram mais baratas do que as 802.11a e, segundo, as implementações de 802.11b foram lançadas no mercado antes do que as implementações de 802.11a. Além disso, nesse ano foi criada a *Wireless Ethernet Compatibility Alliance* (WECA), que se organizou com o objetivo de garantir a interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes;

- **2000:** surgiram os primeiros *hot spots*, que são áreas públicas onde é possível acessar a *Internet* por meio das redes IEEE 802.11. A WECA lançou o selo *Wireless Fidelity* (Wi-Fi) para atestar a aderência dos produtos às especificações; mais tarde o termo Wi-Fi tornou-se um sinônimo de uso abrangente das tecnologias IEEE 802.11;
- **2001:** a companhia americana de cafeterias *Starbucks* implementou hot spots em sua rede de lojas. Os pesquisadores Scott Fluhrer, Itsik Mantin e Adi Shamir demonstraram que o protocolo de segurança Wired Equivalent Privacy (WEP) é inseguro;
- **2002:** a WECA passou a se chamar Wi-Fi Alliance (WFA) e lançou o protocolo Wi-Fi Protected Access (WPA) em substituição ao protocolo WEP;
- **2003:** o comitê de padronização da IEEE aprovou o padrão IEEE 802.11g que, assim como 802.11b, trabalha na freqüência de 2,4 GHz, mas alcança até 54 Mbps de taxa nominal de transmissão. Aprovou também, sob a sigla IEEE 802.11f, a recomendação de práticas para implementação de *handoff*;
- **2004:** a especificação 802.11i aumentou consideravelmente a segurança, definindo melhores procedimentos para autenticação, autorização e criptografia;
- **2005:** foi aprovada a especificação 802.11e, agregando qualidade de serviço (QoS) às redes IEEE 802.11. Foram lançados comercialmente os primeiros pontos de acesso trazendo pré-implementações da especificação IEEE 802.11e;
- **2006:** surgiram as pré-implementações do padrão 802.11n, que usa múltiplas antenas para transmissão e recepção, Multiple-Input Multiple-Output (MIMO), atingindo taxa nominal de transmissão de até 600 Mbps. (IEEE, 2007)

O padrão IEEE802.11 se divide em varias partes, apresentadas abaixo.

2.2.2 IEEE 802.11a

Chega a alcançar velocidades de 54 Mbps dentro dos padrões da IEEE e de 72 a 108 Mbps por fabricantes não padronizados. Esta rede opera na frequência de 5 GHz e inicialmente suporta 64 utilizadores por Ponto de Acesso (PA). As suas principais vantagens são a velocidade, a gratuidade da frequência que é usada e a ausência de interferências. A maior desvantagem é a incompatibilidade com os padrões no que diz respeito a *Access Points* 802.11 b e g, quanto a clientes, o padrão 802.11a é compatível tanto com 802.11b e 802.11g na maioria dos casos, já se tornando padrão na fabricação dos equipamentos.

2.2.3 IEEE 802.11b

Alcança uma velocidade de 11 Mbps padronizada pelo IEEE e uma velocidade de 22 Mbps, oferecida por alguns fabricantes não padronizados. Opera na frequência de 2.4 GHz. Inicialmente suporta 32 utilizadores por ponto de acesso. Um ponto negativo neste padrão é a alta interferência tanto na transmissão como na recepção de sinais, porque funcionam a 2,4 GHz equivalentes aos telefones móveis, fornos microondas e dispositivos *Bluetooth*. O aspecto positivo é o baixo preço dos seus dispositivos, a largura de banda gratuita bem como a disponibilidade gratuita em todo mundo. O 802.11b é amplamente utilizado por provedores de internet sem fio.

2.2.4 IEEE 802.11d

Habilita o hardware de 802.11 operar em vários países aonde ele não pode operar hoje por problemas de compatibilidade, por exemplo, o IEEE 802.11a não opera na Europa.

2.2.5 IEEE 802.11e

O 802.11e agrega qualidade de serviço (QoS) às redes IEEE 802.11. Neste mesmo ano foram lançados comercialmente os primeiros pontos de acesso trazendo pré-implementações da especificação IEEE 802.11e. Em suma, 802.11 permite a

transmissão de diferentes classes de tráfego, além de trazer o recurso de *Transmission Opportunity* (TXOP), que permite a transmissão em rajadas, otimizando a utilização da rede.

2.2.6 IEEE 802.11f

Recomenda prática de equipamentos de WLAN para os fabricantes de tal forma que os *Access Points* (APs) possam interoperar. Define o protocolo IAPP (*Inter-Access-Point Protocol*).

2.2.7 IEEE 802.11g

Baseia-se na compatibilidade com os dispositivos 802.11b e oferece uma velocidade de 54 Mbps. Funciona dentro da frequência de 2,4 GHz. Tem os mesmos inconvenientes do padrão 802.11b (incompatibilidades com dispositivos de diferentes fabricantes). As vantagens também são as velocidades. Usa autenticação WEP estática. Torna-se por vezes difícil de configurar, como *Home Gateway* devido à sua frequência de rádio.

2.2.8 IEEE 802.11h

Versão do protocolo 802.11a (Wi-Fi) que vai ao encontro com algumas regulamentações para a utilização de banda de 5 GHz na Europa. O padrão 11h conta com dois mecanismos que optimizam a transmissão via rádio: a tecnologia TCP permite que o rádio ajuste a potência do sinal de acordo com a distância do receptor; e a tecnologia DFS, que permite a escolha automática de canal, minimizando a interferência em outros sistemas operando na mesma banda.

2.2.9 IEEE 802.11i

Criado para aperfeiçoar as funções de segurança do protocolo 802.11 seus estudos visam avaliar, principalmente, os seguintes protocolos de segurança:

- *Wired Equivalent Protocol* (WEP)
- *Temporal Key Integrity Protocol* (TKIP)
- *Advanced Encryption Standard* (AES)

- IEEE 802.1x para autenticação e segurança

O grupo de trabalho 802.11i vem trabalhando na integração do AES com a sub camada MAC, uma vez que o padrão até então utilizado pelo WEP e WPA, o RC4, não é robusto o suficiente para garantir a segurança das informações que circulam pelas redes de comunicação sem fio.

O principal benefício do projeto do padrão 802.11i é sua extensibilidade permitida, porque se uma falha é descoberta numa técnica de criptografia usada, o padrão permite facilmente a adição de uma nova técnica sem a substituição do hardware.(CHOC,TED ,2007).

2.2.10 IEEE 802.11k

Possibilita um meio de acesso para Access Points (APs) transmitir em dados de gerenciamento. (IEEE, 2007)

O IEEE 802.11k é o principal padrão da indústria dentre os que estão agora em desenvolvimento e permitirá transições transparentes do Conjunto Básico de Serviços (BSS) no ambiente WLAN. O padrão IEEE 802.11k fornece informações para a descoberta do melhor ponto de acesso disponível.

2.2.11 IEEE 802.11n

Em fase final de homologação. Tem sua largura de banda de 104Mbps e opera nas faixas de 2,4Ghz e 5Ghz. Promete ser o padrão wireless para distribuição de mídia, pois oferecerá, através de configurações MIMO, taxas mais alta de transmissão (até 500 Mbps), maior eficiência na propagação do sinal e ampla compatibilidade reversa com demais protocolos. O 802.11n atende tanto as necessidades de transmissão sem fio para o padrão HDTV, como de um ambiente altamente compartilhado, empresarial ou não.

2.2.12 IEEE 802.11s

Padroniza "self-healing/self-configuring" nas Redes Mesh (malha). Redes Mesh é a topologia de rede sem fio, também conhecida como multi ponto-a-multi

ponto, na qual os assinantes (estações) dentro de uma área geográfica estão interconectados e podem atuar como estações repetidoras. Isso permite uma variedade de rotas entre o núcleo da rede e qualquer estação assinante. Sistemas *mesh* não possuem estações base no sentido convencional, como na topologia ponto-a-multi ponto (IEEE Std 802.16.2-2001).

2.2.13 IEEE 802.11v

É o padrão de gerenciamento de redes sem fio para a família IEEE 802.11, mas ainda está em fase inicial de propostas. O *Task Group v* do IEEE 802.11 (TGv), grupo encarregado de definir o padrão 802.11v, está trabalhando em um aditivo ao padrão 802.11 para permitir a configuração de dispositivos clientes conectados a redes 802.11. O padrão pode incluir paradigmas de gerência similares aos utilizados em redes celulares. (IEEE, 2007).

2.2.14 Outros Padrões do IEEE 802.11.

IEEE 802.11j: Diz respeito as bandas que operam as faixas 4.9GHz e 5GHz, disponíveis no Japão.

IEEE 802.11p: Utilizado para implementação e comunicação rápida entre veículos trabalhando numa frequência de 5.850-5.925 GHz .

IEEE 802.11r: Padroniza o *hand-off* rápido quando um cliente wireless se reassocia quando estiver se locomovendo de um ponto de acesso para outro na mesma rede.

IEEE 802.11u: Interoperabilidade com outras redes externas como móveis e celular.

2.3 ITENS PARA CONEXÃO IEEE 802.11

Os seguintes itens são necessários para se fazer uma conexão de rede sem fio no padrão IEEE 802.11 (Figura 4).

- Ítem 1: AP (*Access Point* ou Ponto de Acesso).
- Ítem 2: O Modem ADSL ou *Cable* é conectado ao AP.
- Ítem 3: No Computador de mesa, instalada uma placa de rede sem fio, que chega à 22 Mbps de taxa de transferência.
- Ítem 4: *Notebook*, será feita através de um cartão para rede sem fio PCMCIA ou já vem com uma placa embutida como é o caso dos mais novos.
- Ítem 5: Alguns computadores de mão (*Pocket PC, Handheld ou Palm*) já possuem uma placa de rede sem fio embutida e não precisam de nada além de um AP para se conectar a Internet.



Figura 4: Itens da rede sem fio IEEE802.11.

Fonte: O Próprio Autor (2007)

2.4 O PADRÃO IEEE 802.16

WiMax é o nome popular dado ao padrão IEEE 802.16 para redes metropolitanas sem fio, também conhecido como IEEE WirelessMAN ou ainda "*Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems*". Esse padrão tem como proposta inicial disponibilizar o acesso banda larga sem fio para 10 novas localizações cobrindo as bandas de 2 a 11 GHz das redes metropolitanas sem fio (Wireless MAN) sem a necessidade de investimento em uma infra-estrutura de alto custo (como ocorre com uma rede de acesso banda larga cabeada) e sem as

limitações de distância das tecnologias DSL. (WiMax forum, 2007)

A configuração básica deste padrão é formada por uma estação base (montada geralmente sobre um prédio ou em uma torre) que faz uma comunicação ponto a vários-pontos com os equipamentos dos assinantes localizados em empresas ou residências. O alcance é de aproximadamente uma célula de raio entre 6 a 9 quilômetros (Figura 5).

A estação base se conecta ao backbone de rede e usa uma antena externa para enviar e receber dados e voz do equipamento do assinante, eliminando desta forma a necessidade de longas e caras infra-estruturas com fio, proporcionando soluções para a Última Milha com menor custo e mais flexíveis (Carlos, 2007).

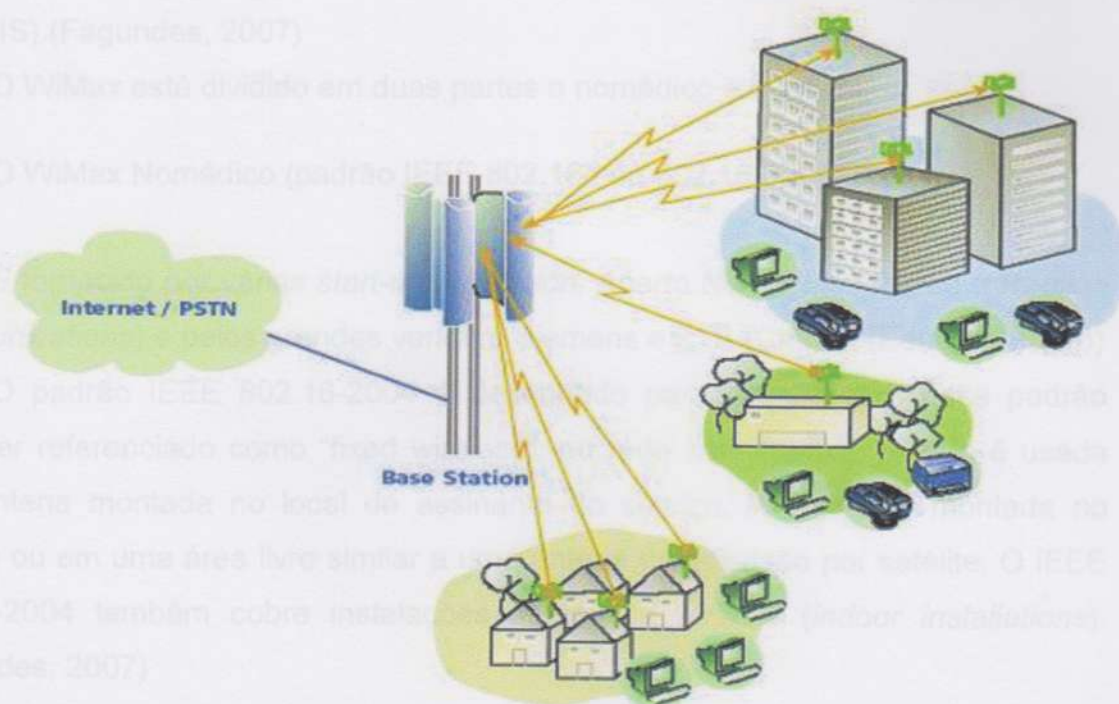


Figura 5: O padrão IEEE 802.16 viabiliza soluções que atendem as necessidades de uma variedade de segmentos de acesso banda larga.

Fonte: Carlos (2007).

Ultimamente, o WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) tem sido um dos termos mais mencionados e comentados no mundo da alta tecnologia. O WiMax, ou padrão 802.16 (*Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems*), promete revolucionar toda forma de comunicação digital, incluindo a telefonia fixa e móvel. O WiMax está diretamente relacionado ao conceito de WMANs, ou *Wireless Metropolitan Area Networks*. Com o WiMax, áreas de até 30 milhas estarão cobertas de sinal, possibilitando taxas de transferência de até

75Mbps ou mais, levando acesso de banda larga a lugares remotos e de difícil penetração via cabo. Com um custo de infra-estrutura e implantação bem menor que da rede celular, o WiMax promete revolucionar o mercado de telecomunicações e banda larga (Menezes, 2007).

O WiMax não conflita com o padrão 802.11 (WiFi) mas o complementa. Como o padrão IEEE 802.16 utiliza o mesmo LLC (Logical Link Controller baseado no padrão IEEE 802.2) de outras redes LANs e WANs, é possível o roteamento entre eles. Por ser um complemento do WiFi também é possível incluir outros protocolos das redes Ethernet (802.3), token-ring (802.5) e outras tecnologias não padronizadas pelo IEEE mas que usam o LLC, incluindo o FDDI e o cable modem (DOCSIS). (Fagundes, 2007)

O WiMax está dividido em duas partes o nomádico e o móvel.

2.4.1 O WiMax Nomádico (padrão IEEE 802.16d ou 802.16-2004)

É fornecido por várias *start-ups* (*Alvarion, Aperto Networks, Airspan e Redline Communications*) e pelos grandes vendedores Siemens e ZTE (China). (Eduardo Padro)

O padrão IEEE 802.16-2004 é desenhado para acesso fixo. Esse padrão pode ser referenciado como "fixed wireless", ou rede sem fio fixa, porque é usada uma antena montada no local do assinante do serviço. A antena é montada no telhado ou em uma área livre similar a uma antena de televisão por satélite. O IEEE 802.16-2004 também cobre instalações dentro de prédios (*indoor installations*). (Fagundes, 2007)

2.4.2 O WiMax Móvel (padrão IEEE 802.16e ou 802.16-2005)

Homologado em 07.DEZ.2005 – será fornecido em 2007 por grandes vendedores como Alcatel, Siemens, Motorola e ZTE. Aqui ainda temos também a pequena SR Telecom (Canadá). Recentemente a SR Telecom reviu sua estratégia e resolveu atacar no Nomádico também. (Padro, 2007)

A revisão IEEE 802.16e é uma extensão do 802.16-2004 com o objetivo de adicionar portabilidade e habilitar os clientes móveis para acesso direto a redes WiMax. O 802.16e usa a técnica de multiplexação OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*), que é similar ao OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). (Fagundes, 2007).

Segundo Fagundes (2007),

Um aspecto importante do IEEE 802.16 é que ele define uma camada MAC (Media Access Control) que suporta múltiplas especificações da camada física (PHY). Isto é crucial para que os fornecedores de equipamentos possam diferenciar suas ofertas de serviços.

A camada MAC é significativamente diferente no WiFi que usa contenção de acesso – todas as estações que desejam transmitir para um ponto de acesso (AP – access point) competem entre si em base randômica. Em contraste, a camada MAC do 802.16 é alocada para a estação e só compete com as outras uma vez (na entrada inicial na rede). Depois disso, é alocado um time slot na estação base para a estação cliente. Esse time slot pode aumentar ou diminuir, porém sempre estará alocado para a estação. Esse algoritmo de alocação oferece mais eficiência na banda e permite que a estação base controle a qualidade de serviço (QoS).



Figura 6 Estação Rádio Base WiMAX completa.

Fagundes, (2007)



Figura 7 Terminal WiMAX Residencial.

Fagundes, (2007)

2.5 ITENS PARA CONEXÃO IEEE 802.16

As seguintes figuras fazem parte de uma conexão do padrão IEEE802.16, para redes sem fio.

- Estação de radio base Wimax (Figura 6).
- Terminal Wimax residencial (Figura 7).
- Antenas de transmissão e recepção de sinal Wimax (Figura 8).
- Cabo Pigtail e conectores para conexão na antena e nas estações (Figura 9).



Figura 6: Estação Radio Base WiMAX completa.

Fonte: Siemens, (2007)



Figura 7: Terminal WiMAX Residencial.

Fonte: Siemens, (2007)

3 ANÁLISE DE RESULTADOS

3.1 RELACIONANDO OS PADRÕES

Os padrões de comunicação sem fio são tecnologias complexas e evoluem rapidamente. Embora as tecnologias sejam semelhantes em alguns aspectos, elas não são idênticas. As tecnologias de comunicação sem fio são projetadas para compartilhar informações sem a necessidade de um meio físico (como um fio).



Figura 8: Diversas antenas de transmissão e recepção de sinal Wimax.
Fonte: Mendonça, (2007)



Figura 10: Exemplificando a interconexão entre os padrões IEEE 802.11 e o IEEE 802.16.

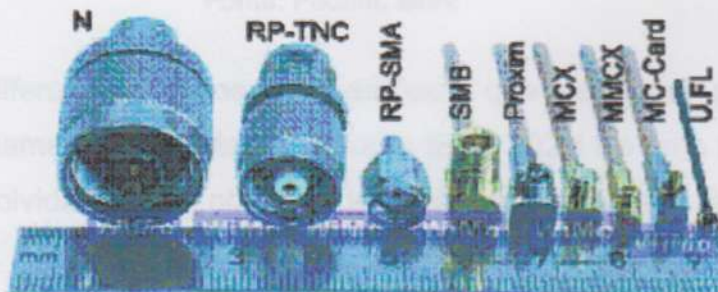


Figura 9: Cabo Pigtail para conexão de antenas e conectores de ambas as extremidades em detalhes. Fonte: Battisti, (2007)

3 ANÁLISE DE RESULTADOS

3.1 RELACIONANDO OS PADRÕES

Os padrões IEEE 802.11 e 802.16 não são oponentes, na realidade são tecnologias complementares, pois solucionam problemas diferentes. Embora se assemelhem em alguns aspectos (vistos na Figura 10), ambos criam "hot spots", que são áreas ao redor de uma antena central na qual as pessoas podem compartilhar informações sem a necessidade de uma infra-estrutura de cabos (conexão com fio).

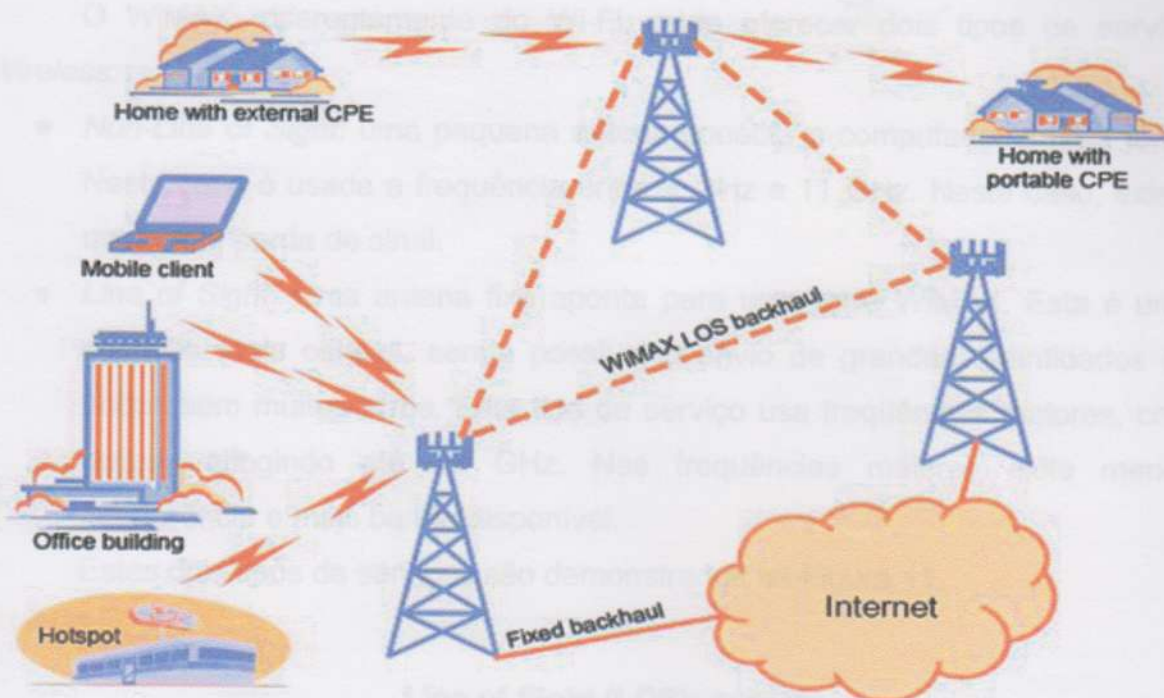


Figura 10: Exemplificando a interoperabilidade entre o IEEE 802.11 e o IEEE 802.16.
Fonte: Paolini, 2004.

A principal diferença entre os dois padrões é que eles foram projetados para aplicações completamente diferentes. O padrão IEEE 802.11 é uma tecnologia para rede local desenvolvida com o objetivo de adicionar mobilidade às redes locais cabeadas privadas. O padrão IEEE 802.16, por outro lado, foi projetado para prover um serviço de acesso banda larga sem fio em alta velocidade (BWA) a regiões metropolitanas. A idéia por trás do BWA é prover um serviço de acesso à Internet sem fio para localizações fixas, competindo com tecnologias como *cable modems* e DSL. Enquanto o mercado do 802.11 tem como alvo o usuário final, o foco do 802.16 está nos provedores de serviço de comunicação (Finneran, 2004).

O padrão IEEE 802.16 irá fornecer o *backhaul* (uma rápida expansão do tráfego de redes de transporte) para se conectar com os *hotspots* 802.11, redes domésticas e mesmo redes empresariais e prover a extensão das conexões via cabo e DSL de modo a garantir o acesso banda larga de última milha. O padrão tem o potencial de possibilitar o acesso sem fio a milhões de usuários de forma fácil e com baixo custo.

3.2 PARÂMETRO DE COMPARAÇÃO ENTRE OS PADRÕES

O WiMAX, diferentemente do Wi-Fi, pode oferecer dois tipos de serviço *Wireless*:

- *Non-Line of Sight*: uma pequena antena conecta o computador a uma torre. Neste caso é usada a frequência entre 2 GHz a 11 GHz. Neste caso, existe uma certa perda de sinal.
- *Line of Sight*: Uma antena fixa aponta para uma torre WiMAX. Esta é uma conexão mais estável, sendo possível o envio de grandes quantidades de dados sem muitos erros. Este tipo de serviço usa frequências maiores, com *ranges* atingindo até 66 GHz. Nas frequências maiores existe menos interferência e mais banda disponível.

Estes dois tipos de serviços são demonstrados na Figura 11.

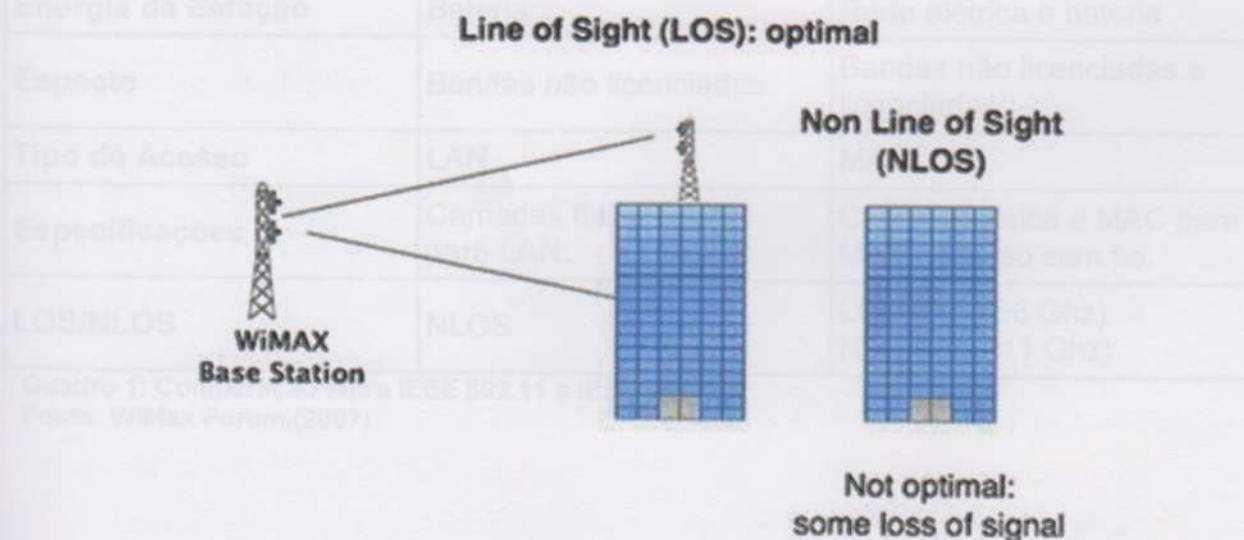


Figura 11: Vantagens do WiMAX em relação a outras tecnologias Wireless.
Fonte: Mara, (2006)

O quadro a seguir traz de forma resumida uma comparação entre os padrões IEEE 802.11 e 802.16. As diferenças são visíveis, visto que os padrões foram projetados para otimizar o uso de redes sem fio em ambientes bastante distintos.

	IEEE 802.11	IEEE 802.16
Aplicação Inicial	LAN sem fio	Acesso à banda larga sem fio (BWA)
Taxa de Transmissão	54 Mbps (canal de 20 MHz)	100 Mbps (canal de 20 MHz)
Alcance	Otimizado para 100 m	Até 50 Kms
QoS	Nenhum (Em desenvolvimento: 802.11e)	QoS para voz e vídeo, diferenciação de serviços
Cobertura	Otimizada para NLOS <i>indoor</i>	LOS e NLOS Otimizada para NLOS <i>outdoor</i>
Segurança	802.11i	Triple-DES, RSA.
Nível de Serviço	Nenhum	Diferentes níveis de serviço oferecem suporte a requisições diferenciadas de largura de banda
Protocolo de Acesso	CSMA/CA (11b/a/g)	Request/Grant (16a)
Usuário	Centenas	Milhares
Mobilidade	Portabilidade	Fixa e Movel
Energia da Estação	Bateria	Rede elétrica e bateria
Espectro	Bandas não licenciadas	Bandas não licenciadas e licenciadas
Tipo de Acesso	LAN	MAN
Especificações	Camadas física e MAC para LAN.	Camadas física e MAC para MAN. Acesso sem fio.
LOS/NLOS	NLOS	LOS (10 – 66 Ghz) NLOS (2 – 11 Ghz)

Quadro 1: Comparação entre IEEE 802.11 e IEEE 802.16.
Fonte: WiMax Forum.(2007)

O quadro abaixo mostra a lista de materiais que influencia na transmissão dos sinais dos padrões IEEE 802.11 e IEEE 802.16.

BARREIRA	CRITICIDADE	EXEMPLOS
Ar	Mínima	
Madeira	Baixa	Divisórias, portas.
Gesso	Baixa	Paredes Internas.
Material Sintético	Baixa	Divisórias.
Abestos	Baixa	Tetos.
Vidros	Baixa	Janelas.
Água	Média	Madeira Úmida, Aquário.
Tijolos	Média	Paredes Internas e Externas.
Mámore	Média	Paredes Internas.
Rolo de Papel	Alta	Rolo de Papel.
Concreto	Alta	Piso, Paredes.
Vidro Blindado	Alta	Salas de Segurança.
Metal	Muito Alta	Mesas, divisórias de Metal.

Quadro 2: Tabela de Matérias com influencia no sinal.

Fonte: mobilelife (2007).

Os padrões IEEE 802.11 e IEEE 802.16 possuem muitas diferenças, mas também algumas semelhanças. Primeiramente, eles foram criados para resolver diferentes problemas. Ambos foram projetados para fornecer comunicações sem fio de banda larga. Porém, o 802.16 oferece serviços para edifícios, que não são móveis, enquanto que mobilidade é uma questão fundamental do 802.11. As grandes distâncias envolvidas em uma rede metropolitana (50 km para o 802.16a) fazem com que haja grande diferença de potência percebida pela estação base quando emitida por usuários em diferentes locais, o que não acontece no 802.11.

O WiFi foi criado para redes locais em que segurança não era uma prioridade. No 802.16, a segurança tem um papel fundamental e é implementada na camada de enlace de dados.

Comparada com outras propostas para acesso *Wireless*, o WiMAX tem vantagens como cobertura maior de sinal em áreas de sombra, taxa de transmissão de dados superior e um número maior de assinantes conectados.

A arquitetura do WiMAX é composta por rádios e antenas, sendo que a grande maioria dos produtos desta tecnologia usam rádios separados das antenas. A grande vantagem é que o equipamento de rádio é protegido contra calor e umidade, o que aumenta a durabilidade e otimiza o desempenho da conexão *Wireless*. A antena é conectada ao rádio via um cabo chamado como "*pigtail*", que deve ser o mais curto possível para evitar atenuação do sinal entre a antena e o rádio.

O WiMAX pode ser encarado inicialmente como uma evolução do Wi-Fi. Entretanto, ambas tecnologias estão evoluindo rapidamente, fazendo com que novas aplicações possam surgir, principalmente aquelas que utilizam os baixos custos da tecnologia Wi-Fi.

O potencial maior de uso do WiMAX a curto prazo é na substituição do Wi-Fi em situações de longa distância utilizando frequências não licenciadas. Isto porque links deste tipo sofrem bastante com a interferência e a baixa robustez da tecnologia Wi-Fi em longas distâncias, já que a mesma não foi projetada para isso.

Existem também algumas questões que podem limitar o alcance desta padronização, como a dificuldade de obter bandas que possam ser licenciadas mundialmente para redes de banda larga sem fio. Por outro lado, a força político-econômica das mais de 230 empresas formadoras do WiMAX Forum demonstram que estas bandas serão facilmente encontradas para que a tecnologia seja colocada no mercado com sucesso. Isto nos indica que a tecnologia, em pouco tempo, se tornará uma forte concorrente para a conexão a cabo de DSL.

Portanto, estudar profundamente as tecnologias WiMAX e Wi-Fi é de grande importância, pois que permitirão não só o aprofundamento teórico em relação a essas tecnologias de rede sem fio, mas também possibilitarão proporcionar contribuições e benefícios futuros, estudando, desenvolvendo e aplicando a tecnologia em geral para futuras pesquisas e elaboração de novos trabalhos.

4 CONCLUSÃO

O crescimento das redes de computadores tem sido uma realidade e vem acontecendo de forma muito rápida. As formas de acesso a dados também têm mudado radicalmente. Transações que antes eram feitas de forma fixa e centralizada, hoje podem ser feitas de maneira móvel e distribuída. A cultura de utilização da informação também vem recebendo novas filosofias da era digital.

O WiMAX pode ser encarado, inicialmente, como uma evolução ao WiFi. Entretanto, ambas tecnologias estão evoluindo rapidamente, fazendo com que novas aplicações possam surgir, principalmente aquelas que utilizam os baixos custos da tecnologia WiFi.

O potencial maior de uso do WiMAX a curto prazo é na substituição ao WiFi em conexões de longa distância utilizando frequências não licenciadas. Isto porque links deste tipo sofrem bastante com a interferência e a baixa robustez da tecnologia WiFi em longas distâncias, já que a mesma não foi projetada para isso.

Existem também algumas questões que podem limitar o alcance desta padronização, como a dificuldade de obter bandas que possam ser licenciadas mundialmente para redes de banda larga sem fio. Por outro lado, a força político-econômica das mais de 230 empresas formadoras do WiMAX Fórum demonstra que estão sendo feitos grandes investimentos para que a tecnologia seja colocada no mercado com sucesso. Isto nos indica que a tecnologia, em pouco tempo, se mostrará uma forte concorrente para a conexão a cabo ou DSL.

Portanto, estudar pormenorizadamente as tecnologias WIMAX e WIFI foi de grande importância, posto que permitiu não só a agregação de conhecimento teórico em relação a essas tecnologias de rede sem fio, mas também possivelmente proporcionará contribuir e beneficiar futuros estudantes, professores e comunidade universitária em geral para futuras pesquisas e elaboração de novos trabalhos.

IEEE. Disponível em <<http://www.ieee.org>>. Acessado em 19 abr 2007.

IEEE Std 802.16.2-2001. IEEE Recommended Practice for Local and metropolitan area networks. Consistent of Fixed Broadband Wireless Access Systems. September 10, 2001. Disponível em <<http://www.ieee.org/xpl/locresult.jsp?isNumber=20557>> Acessado em 10 set de 2007.

REFERÊNCIAS

- ADAILTON, J. S. Silva. **As Tecnologias de Redes Wireless**. Disponível em: <<http://www.rnp.br/newsgen/9805/wireless.html>> Acessado em 13 mar 2007.
- AMODEI, Aurelio Junior. **Esquemas de Modulação do IEEE 802.11**. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/seminarios/semin2003_1/aurelio/index.htm> Acessado em 09 mar 2007.
- BATTISTI, Júlio. **Redes Wireless – Parte XVII**. Disponível em: <<http://www.juliobattisti.com.br/tutoriais/paulocfarias/redeswireless017.asp>> Acessado em 07 nov 2007.
- CARLOS, Otto Muniz Bandeira Duarte. **Redes1**. Disponível em <http://www.gta.ufrj.br/grad/04_2/WiMax/WiMax.html> Acessado em 08 mar 2007.
- CHOC, Ted. **Wireless Local Area Network Security The 802.11i Solution**. Disponível em <http://www.cc.gatech.edu/classes/AY2005/cs4235_fall/presentations/WirelessSecPr es.pdf>. Acessado em 10 abr 2007.
- FAGUNDES, Mayer Eduardo. **WiMax**. Disponível em <<http://www.efagundes.com/artigos/WiMax.htm>> Acessado em 20 mar 2007.
- FINNERAN, Michael F. **Wimax versus Wi-Fi: a comparison of Technologies, Markets, and Business Plans**. June 1, 2004. Disponível em <<http://searchnetworking.techtarget.com/searchNetworking/downloads/Finneran.pdf>> Acessado em 10 set de 2007
- Home-network-help. **Wireless Network**. Disponível em <<http://www.home-network-help.com/wireless-network.html>>. Acessado em 18 maio 2007.
- IEEE. Disponível em <<http://www.ieee.org>>. Acessado em 19 abr 2007.
- IEEE Std 802.16.2-2001. **IEEE Recommended Practice for Local and metropolitan area networks**. Coexistence of Fixed Broadband Wireless Access Systems. September 10, 2001. Disponível em <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/tocresult.jsp?isNumber=20557>> Acessado em 10 set de 2007.

MARA, Renata Schneckenberg Wowk. Redes. **WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)**. Disponível em <<http://www.ppgia.pucpr.br/~jamhour/Download/pub/Mestrado/QoS%20em%20Redes%20WiMAX.pdf>> Acessado em 10 set 2007.

MENDONÇA, César. **Wimax Realidade & Tendências**. Disponível em <http://www4.fct.unesp.br/secompp/material_apoio/palestra/Palestra++WIMAX+_+R&T.ppt> Acessado em 07 nov 2007.

MENEZES, Ricardo. **Glossário de termos técnicos e acrônimos de tecnologias móveis e sem fio**. Disponível em <<http://www.mobilezone.com.br/glossario.htm>> Acessado em 15 mar 2007.

MOBILE LIFE. Introdução ao Mundo Wireless. Disponível em <<http://www.mobilelife.com.br/textos/artigos/introducao-ao-mundo-wireless>> Acessado em 07 nov 2007.

PADRO, Eduardo. Wimax. Disponível em <http://www.revistadewimax.com.br/> Acessado em 07 nov 2007.

PAOLINI, Monica. **Wi-Fi, WiMAX and 802.20 – The Disruptive Potential of Wireless Broadband**. March, 2004. Disponível em <<http://www.eyeforwireless.com/WiMAXupdate.pdf>> Acessado em: 10 set de 2007.

UZEDA, Luis Guilherme Garcia. **REDES 802.11 (Camada de Enlace)**. Disponível em <http://www.gta.ufrrj.br/grad/01_2/802-mac/index.html> Acessado em 18 abr 2007.

WIMAX FÓRUM. Disponível em <<http://www.WiMaxforum.org/technology/>> Acessado em 08 mar 2007.