

## WiMAX: Nova tecnologia de rede sem fio

Abelard Ramos Fernandes<sup>1</sup>, Luís Augusto Matos Mendes<sup>2</sup>,  
Eduardo Macedo Bhering<sup>3</sup>, Elio Lovisi Filho<sup>4</sup>.

Universidade Presidente Antônio Carlos – Barbacena

**Resumo:** *Este trabalho apresenta a abordagem de uma nova tecnologia de rede sem fio chamada WiMAX e mostra um projeto que está sendo feito na cidade de Ouro Preto - MG utilizando essa tecnologia. Nesta abordagem serão descritas suas características comparando-a com tecnologias existentes. Além disso, será mostrado o que está sendo feito no projeto em Ouro Preto - MG.*

### 1. Introdução

A tecnologia sem fio faz parte da vida de bilhões de pessoas no mundo, e sua aplicabilidade está cada vez mais evoluída. No princípio, era utilizada apenas para comunicação de voz, depois passou a ser utilizada para outros fins, como transmissão de dados mais sofisticados como, por exemplo, serviço de *internet* de banda larga.

O crescente desenvolvimento das tecnologias de telecomunicações e de informática, unido à necessidade do homem de estar cada vez mais informado esteja onde estiver, tem mostrado que as redes *Wireless* serão a próxima geração nas redes de computadores. Esta evolução conjunta da comunicação sem fio e da tecnologia de informática busca atender as necessidades do mercado: celulares, redes locais sem fio, redes metropolitanas sem fio, transmissões de dados via satélites, TV, rádio *modems*, sistemas de navegação entre outros.

A rede sem fio é um sistema de transmissão de dados flexível que pode ser utilizado como alternativa para as redes cabeadas. É uma tecnologia que permite a conexão entre equipamentos sem a existência de uma conexão física. Nos últimos anos, esse tipo de rede tem crescido e ganha popularidade nos diversos setores, principalmente, no que diz respeito as WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network* – redes metropolitanas sem fio).

O objetivo deste trabalho é demonstrar as características de uma tecnologia nova de rede sem fio chamada WiMAX baseada no padrão IEEE 802.16. Pelas características apresentadas neste trabalho chegaremos à

---

<sup>1</sup> abelardrf@hotmail.com

<sup>2</sup> lmendes@email.it

<sup>3</sup> bhering@unipac.br

<sup>4</sup> professor\_elio@nextwave.com.br

conclusão que essa tecnologia será umas das principais tecnologias de rede sem fio no mundo.

## **2. Wireless**

A comunicação sem fio não é idéia nova. Em 1901, o físico italiano Guglielmo Marconi demonstrou como funcionava um telégrafo sem fio que transmitia informações de um navio para o litoral por meio de código Morse (Afinal de contas, os pontos e traços são binários). Os modernos sistemas digitais sem fio têm um desempenho melhor, mas a idéia básica é a mesma.

As redes sem fio podem ser divididas em três categorias principais:

- **Interconexão de sistemas.**

Interconectar os componentes de computadores usando rádio de alcance limitado, como mouse, teclado, impressora, monitor, celulares, câmaras digitais e outros dispositivos. O padrão adota é o IEEE 802.15.

- **LANs sem fio.**

São sistemas em que todo computador tem um modem de rádio e uma antena por meios dos quais pode se comunicar com outros sistemas. Frequentemente, existe uma antena que permite a comunicação. Esta antena é comumente chamada de estação base que possibilita a comunicação entre os computadores. Mas se esses computadores estiverem próximos, eles poderão comunicar-se diretamente um com o outro em uma comunicação que não precisa de uma base de controle para comunicar chamada de não-hierárquica. As LANs sem fio estão se tornando cada vez mais comuns em pequenos escritórios e nos lares onde a instalação *Ethernet* não é viável. O padrão IEEE 802.11 é adotado para LANs sem fio

- **WANs sem fio.**

Esse tipo de rede sem fio é usado em sistemas geograficamente distribuídos. A rede de rádio utilizada para telefonia celular é um exemplo de sistemas sem fio de baixa largura de banda. Passou por três gerações, a primeira geração é analógica e sendo usada apenas para voz usando o sistema AMPS (*Advanced Mobile Phone System* – sistema avançado de telefonia móvel). A segunda geração é digital e tem os serviços de voz e troca de SMS (*Short message service* – sistema de mensagens curtas), sendo usado os seguintes sistemas D-AMPS (*Digital Advanced Mobile System* - sistema digital avançado de telefonia móvel), GSM (*Global System for Mobile Communicatios* – sistema global para comunicações móveis) e CDMA (Code Division Multiple Access – acesso múltiplo por divisão de código). A terceira geração é digital e se destina a voz e dados, os sistemas utilizados nessa geração são W-CDMA (*Wideband CDMA* – CDMA de banda larga), UMTS (*Universal Mobile Telecommunicatios System* – sistema universal de telecomunicações), EDGE (*General Packet Radio Service* – serviço geral de rádio de pacotes) e GPRS (*General Packet Radio*

*Service* – serviço geral de rádio de pacotes). Além dessas redes de baixa velocidade, também estão sendo desenvolvidas redes sem fio geograficamente distribuídas de alta largura de banda. O enfoque dessa rede é voz e dados caracterizados pela *Internet* de alta velocidade a partir dos lares e empresas comerciais. A vantagem desta é que não se utiliza do sistema de telefonia. O padrão **IEEE 802.16** foi desenvolvido para especificar esse serviço.[1]

Nos últimos anos a era do computador pessoal está perdendo espaço para a era da computação presente, na qual usuários utilizam, ao mesmo tempo, vários aparelhos eletrônicos através dos quais podem acessar todas as informações necessárias a qualquer hora e em qualquer lugar. A natureza destes aparelhos faz da comunicação através de redes sem fio a solução mais simples para que possa estar interconectado. Um exemplo disto está no crescimento da utilização da tecnologia sem fio tanto no ambiente de rede local (*Wireless Local Area Network* - WLAN), como para redes metropolitanas (*Wireless Metropolitan Area Network* - WMAN). Além de suportar a conectividade sem fio de estações fixas, portáteis e móveis, dentro de uma determinada área, uma rede sem fio pode oferecer conexão aos serviços oferecidos na *Internet*. É previsível que em um futuro não muito distante, essa tecnologia será amplamente utilizada como meio de acesso à grande rede.[1]

Uma WLAN tem o alcance de comunicação (de 100 a 500 metros) e deve satisfazer os mesmos requisitos de uma LAN, incluindo alta capacidade, completa conectividade entre as estações e a capacidade de *broadcast*<sup>5</sup>. Para isso, WLANs devem ser projetadas para cobrir algumas questões específicas de ambientes sem fio, tais como consumo de energia, mobilidade, segurança e limitações na capacidade do canal. Atualmente o padrão bem definido para redes locais sem fio é o padrão IEEE 802.11.

A crescente demanda por acesso à *Internet* com alta-velocidade (banda-larga) e pelos serviços de multimídia para clientes residenciais e corporativos, proporcionou o rápido desenvolvimento do acesso sem fio para WMAN que apresenta várias vantagens em relação aos sistemas de cabo e ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line* – linha digital assimétrica do assinante), como por exemplo: rápida implantação, baixo custo de atualização e manutenção, etc. O IEEE 802.16 é o padrão definido para essa rede sem fio e surgiu com o intuito de prover um sistema de acesso sem fio de alta velocidade e de alto desempenho. O padrão IEEE 802.16 faz parte de uma aliança internacional denominada *WiMAX*, garantindo a interoperabilidade entre os dispositivos de diferentes fabricantes.

As padronizações da comunicação sem fio são as seguintes:

- PAN - Redes *Wireless* locais de curto alcance usando os padrão IEEE 802.15;
- LAN - Redes *Wireless* locais privadas contidas em locais fechados usando o padrão IEEE 802.11;
- MAM – Rede *Wireless* metropolitana que abrange uma cidade usando o padrão IEEE 802.16;

---

<sup>5</sup> Segundo [1] *Broadcast* significa enviar para todos os computadores da rede.

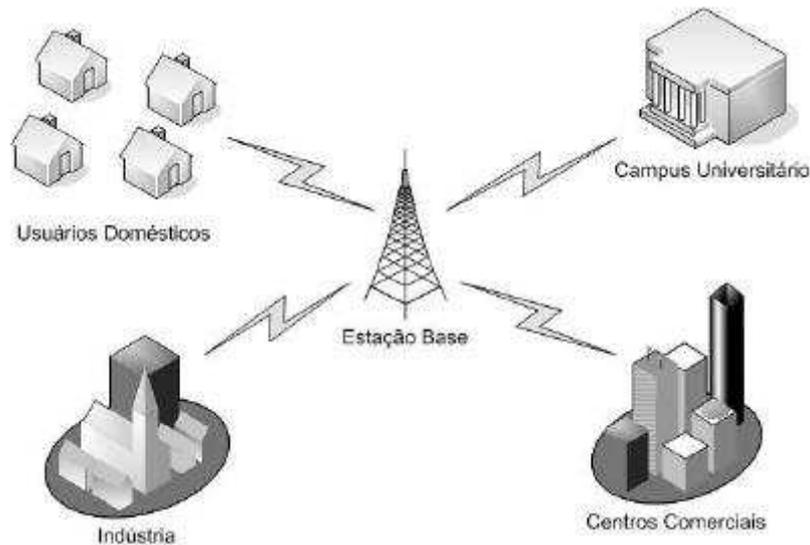
- WAN – Rede *Wireless* metropolitana voltada para usuários móveis usando o padrão IEEE 802.20.

### 3. WiMAX 802.16

Muitas empresas perceberam que ter um padrão de banda larga sem fio era o elemento chave que estava faltando, e assim a IEEE formou um comitê composto por pessoas de empresas importantes e do meio acadêmico para elaborar o padrão, como próximo número disponível no espaço de numeração do 802 era 802.16, o padrão recebeu esse numero 802.16 e os trabalhos começaram em julho 1999 e foi aprovado em abril de 2002 oficialmente. É chamado de (*Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System* - interface aérea para sistemas fixos de acesso sem fio de banda larga). No entanto algumas pessoas preferem chamar de MAN (*Metropolitan Área Net-Work* – rede metropolitana)[7].

Em janeiro de 2005 o grupo aprovou um adendo à norma para operações na faixa licenciada e não licenciada entre 2 a 11GHz denominada IEEE 802.16a.

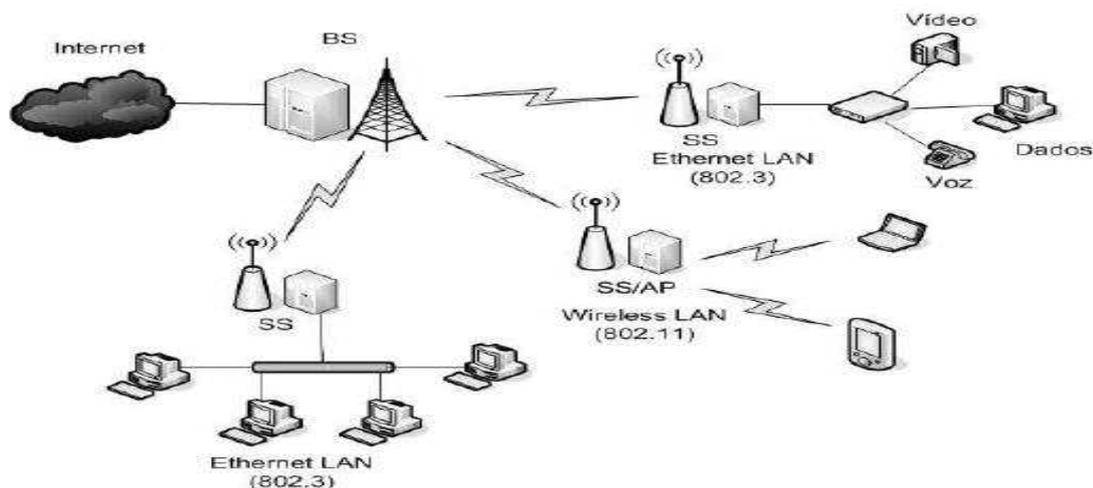
Este padrão que a IEEE criou, define como o tráfego sem fio é transmitido entre as estações clientes e uma estação base. Estes clientes podem ser usuários domésticos ou um centro comercial acessando a *Internet*, filiais de uma empresa conectados a sua matriz, ou mesmo um Campus Universitário, como ilustra a Figura 1.



**Figura 1 - Variedade de estações clientes comunicando-se com uma estação base.**

Sua arquitetura básica consiste de uma estação base (BS - *Base Station*) e uma ou mais estações clientes (SS - *Subscriber Station*), como mostra a Figura 2.

A BS é o nó central que coordena toda a comunicação e as SSs se localizam a diferentes distâncias da BS. Além disso, todo o tráfego de dados da rede passa pela BS, ou seja, não existe comunicação direta entre as SSs. A estação base pode estar conectada a uma outra infra-estrutura de rede (como por exemplo, a *Internet*), possibilitando uma extensão dos serviços oferecidos aos usuários. Da mesma forma, as estações clientes podem oferecer serviços diferenciados para usuários conectados através de uma rede local cabeada ou sem fio.



**Figura 2 - Arquitetura básica.**

### 3.1. O Padrão 802.16

Os padrões definidos hoje pela a IEEE são[3]:

- IEEE 802.16 (*Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System*): foi aprovado em dezembro de 2001. Esse padrão é para WMANs operando na banda de frequência de 10 – 66 GHz;
- IEEE 802.16.2 (*Recommended Practice for coexistence of fixed Broadband Wireless Access System*): publicado em 2001, especifica uma prática recomendada para endereçar a operação de múltiplos sistemas de BWA no range de frequência de 10 – 66 GHz;
- IEEE 802.16a: publicado em março 2003 operando na banda de frequência licenciada de 2 – 11 GHz;
- IEEE 802.16c: que foi aprovado em dezembro de 2002, vai ajudar na interoperabilidade através da especificação de perfis de sistemas no alcance de 10 – 66 GHz;
- IEEE 802.16e: vai atender o padrão original para cobrir de forma “combinada” a operação fixa e móvel nas bandas licenciadas da faixa de frequência de 2 – 6 GHz que foi aprovada em dezembro de 2002. Esse padrão incorpora o trabalho do “*ad hoc committee*” – o comitê de Handoff do IEEE.

O padrão 802.16 define a interface aérea WMAN para Redes de Área Metropolitanas *Wireless*, definindo um protocolo do tipo ponto-para-multiponto. A finalização desse padrão proclama a chegada do Acesso *Wireless* de Banda Larga (BWA) como um instrumento importante no esforço de conectar as residências e as corporações ao núcleo das redes de telecomunicações em todo o mundo.

Grandes empresas como a Intel Corporation, Fujitsu Microelectronics América e Nokia estão à frente do desenvolvimento deste padrão que vêm sendo considerado por muitos como a banda larga sem fios, quebrando assim muitas barreiras que hoje existem em relação ao ADSL e ao cabo.

### **3.2. Protocolo**

Os protocolos utilizados nas comunicações LAN FHSS (*Frequency Hopped Spread Spectrum* – espectro de dispersão de saltos de frequência) e DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum* – espectro de dispersão de sequência direta) necessitam de visada direta. Por esse motivo, não pode haver nenhum obstáculo entre o receptor e o transmissor. Uma parte do sinal do rádio é sempre refletida pelos prédios e paredes podendo ser utilizado para se atingir os pontos aonde não se consegue chegar diretamente com visada. No entanto as reflexões causam atenuações em algumas faixas de frequências, que são totalmente imprevisíveis, sendo assim, o protocolo utilizado deve ser capaz de lidar com a perda por estas atenuações.

O protocolo de rede sem fio utilizado pelo IEEE 802.16 para resolver esse problema foi o W-OFDM (*Wide-band Orthogonal Frequency Multiplexing* – multiplexação ortogonal por divisão de frequência). Esse protocolo, ao contrário do FHSS e DSSS, não transmite uma, mas centenas de portadoras ao mesmo tempo, bastando assim que alguma dessas portadoras chegue ao receptor para que a informação seja recuperada.

Assim, um equipamento tipicamente WiMAX será capaz de atingir comunicação satisfatória em distâncias de até 6 KM sem visada, somente se valendo das reflexões.

#### **3.2.1. OFDM**

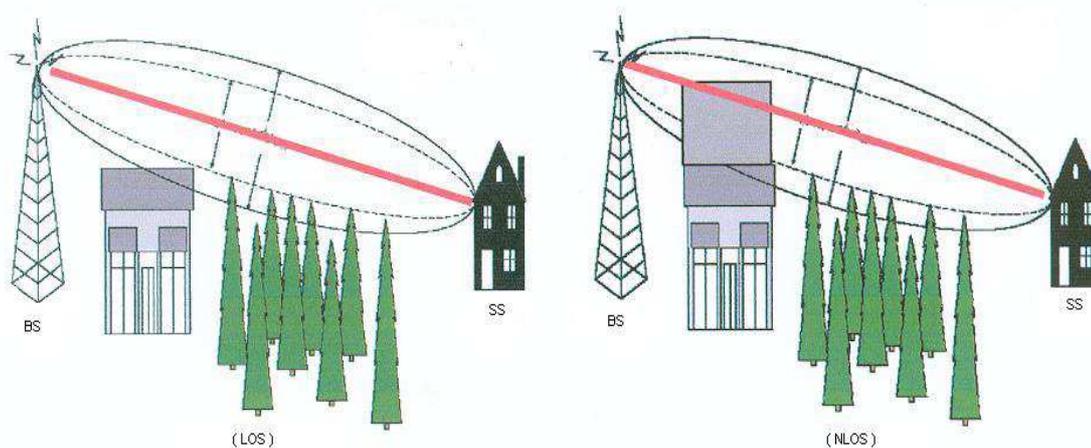
A divisão de frequência OFDM é uma tecnologia que transmite sinais múltiplos simultaneamente sobre um único trajeto de transmissão, tal como um cabo ou um sistema *Wireless*. Cada sinal viaja dentro de sua própria escala de frequência original (portador), que é modulada pelos dados (Texto, voz, vídeo, etc).

#### **3.2.2. W-OFDM**

Os avanços recentes em empresas de semicondutores e particularmente em processo digital, fazem do protocolo W-OFDM a tecnologia de escolha para as aplicações *Wireless* de alta velocidade e das transmissões futuras. A tecnologia do W-OFDM será usada para transmitir taxas elevadas de dados sobre o ar para as aplicações do consumidor do futuro.

O W-OFDM é uma variação mais eficaz do OFDM que permite velocidade de transmissão muito maior do que OFDM convencional usando uma faixa de frequência larga.

**Figura 3 – Linha de visada.**



A Figura 3 mostra o problema da falta de visada e como e como é feita a comunicação por reflexão.

Podemos observar na ilustração da esquerda, o caso onde as antenas da estação raio base e a antena do assinante estão com a linha de visada desobstruída, ou seja, as antenas podem se “enxergar” (LOS - *Line Of Sight*).

Na ilustração da direita, caso um novo prédio venha a ser construído, ou haja o crescimento de árvores na linha de visada, esta passa a ser obstruída, ou NLOS (*No Line of Sight*), passando o sinal da estação base, alcançar o usuário por caminhos diferentes (caminhos indiretos – reflexões e edificações) [7].

### 3.3. Características da camada física e da camada MAC

Com o objetivo de produzir um sistema de banda larga, os projetistas do IEEE 802.16 trabalharam intensamente para usar de forma eficiente o espectro disponível. Eles não gostaram do funcionamento do GSM e do D-AMPS. Ambos utilizam bandas de frequência distintas, mas, equivalentes para o tráfego *upstream*<sup>6</sup> e *downstream*<sup>7</sup>. No caso de voz, o tráfego provavelmente é simétrico em sua maior parte; porém, para acesso à *Internet* em geral existe maior tráfego *downstream* do que *upstream*. Conseqüentemente, o IEEE 802.16 fornece um modo mais flexível de alocar a largura de banda. Segundo [1] são usados dois esquemas, a FDD (*Frequency Division Duplexing* – duplexação por divisão de frequência) e TDD (*Time Division Duplexing* – duplexação por divisão de tempo)[1].

Na Tabela 1 é mostrada a principal característica da camada física do padrão IEEE 802.16.

<sup>6</sup> Tráfego de dados na seguinte direção do SS para BS

<sup>7</sup> Tráfego de dados na seguinte direção BS para SS

Características	Benefícios
W-OFDM	Suporte a ambientes com visada (LOS) e visada obstruída (NLOS) – Multicaminhos.
Modulação adaptativa e correção de erro variável	Possibilita uma maior proteção a erros na interface aérea, garantindo maior vazão
TDD e FDD	Atende a requisitos de agências reguladoras
Largura de banda Flexível	Atende a requisitos de agências reguladoras
Suporte a “Smart antenas”	Estes conjuntos de antenas estão se tornando mais baratas e garantem maior ganho para a área de atendimento do sistema, garantindo melhor relação sinal/ruído.

**Tabela 1 – Características camada física padrão IEEE 802.16**

Na camada MAC tem:

A camada MAC do IEE 802.16 define mecanismos de sinalização de QoS<sup>8</sup> e funções para controlar a transmissão de dados entre a BS e as SSs. Dentro desse contexto, o padrão define quatro tipos de serviços associados a fluxos de tráfego<sup>9</sup>, cada um com diferentes requisitos de QoS como demonstrado [1]:

1. *Unsolicited Grant Service* (UGS): este serviço suporta tráfego com taxa constante (CBR- *Constant Bit Rate*) ou fluxos similares tais como, voz sobre IP (VoIP). Estas aplicações requerem uma constante alocação de banda.
2. *Real-Time Polling Service* (rtPS): este serviço é para aplicações de tempo real com taxa de transmissão variável (VBR – *Variable Bit Rate*) como por exemplo, MPEG vídeo ou teleconferência. Estas aplicações possuem requisitos específicos de banda, bem como, um atraso máximo tolerável.
3. *Non-Real-Time Polling Service* (nrtPS): este serviço é para fluxos sem requisitos de tempo real, mas que necessitam melhores condições do que os serviços “de melhor esforço<sup>10</sup>”, como por exemplo, transferência de arquivo. Estas aplicações são insensíveis ao atraso no tempo e requerem um mínimo de alocação de banda.
4. *Best Effort Service* (BE): este serviço é para tráfego “de melhor esforço”, onde não existe garantia de QoS, tais como HTTP. As aplicações recebem banda disponível após a alocação dos três fluxos anteriores.

Na Tabela 2 é demonstrada a outra característica da camada MAC

<sup>8</sup> QoS Qualidade de serviços em rede de computador

<sup>9</sup> Comunicação entre o BS e SS

<sup>10</sup> Melhor esforço - Tráfego de dados é processado de forma rápida quando possível.

Característica	Benefício
Agendamento de transmissão	Uso da banda de forma mais eficiente
Orientado à conexão	OoS garantido por conexão Roteamento e encaminhamento de pacotes mais rápido
QoS	Eficiência na transmissão por causa do controle
Requisição de Retransmissão Automáticas	Aumenta o desempenho por passar para a camada física o acerto de erros ocorridos na interface aérea
Modulação Adaptativa	Possibilidade otimizar as taxas de transmissão de acordo com a relação sinal/ruído
Triple DES e RSA	Segurança
Controle de potência automático	Garante a melhor relação sinal/ruído através de ajuste no sinal transmitido

**Tabela 2 – Características da camada MAC**

### 3.4. Frequência de Operação.

Para se obter um ganho de escala e conseqüente redução de custos, os fabricantes devem ser capazes de utilizar a mesma tecnologia em todos os mercados, regiões e países. Como cada região tem sua legislação própria o IEEE procurou criar um protocolo que seja capaz de operar em frequências que vão de 2,4GHz a 66GHz, sendo assim capaz de se acomodar a praticamente qualquer legislação. Isso não significa que o mesmo rádio será capaz de operar em todas as frequências. Significa que os fabricantes poderão utilizar o mesmo protocolo de modulação, modificando apenas as antenas, sistema de potência e outros sub-sistemas menores que sejam dependentes da frequência. [1]

### 3.5. Desempenho.

Uma medida de performance muito importante para redes sem fio é a quantidade de banda conseguida em cada Hz utilizado. Isso é importante porque sempre existe limitação na faixa de frequência que se pode utilizar. Assim esse parâmetro informará quantos Mbps se poderá trafegar.

Enquanto que os protocolos LAN como o Wi-Fi fornecem aproximadamente 2,7 bps/Hz o WiMAX irá fornecer 5,0 bps/Hz; quase o dobro de aproveitamento desse meio escasso e compartilhado que é o espaço de frequências.

Como comparação, o IEEE 802.11a ocupa 20Mhz e permite performance de até 54Mbps. O WiMAX ocupando os mesmos 20MHz, irá permitir performances de quase 100Mbps.

O WiMAX foi projetado para permitir comunicação em distâncias de até 50Km. Em distâncias como essas a diferença de atraso entre os usuários mais próximos contra os usuários mais distantes passam a ser significativas. O WiMAX garante que mesmo com essas diferenças de atrasos cada usuário seja tratado de maneira igualitária e de acordo com seu QoS contratado.

O padrão IEEE 802.16 emprega três esquemas de modulação diferentes, dependendo da distância a que a estação do assinante se encontra em relação a estação-base, que são [1]: Para assinantes próximos, é usado o

QAM<sup>11</sup>-64, com 6 bits/ baud. No caso de assinantes situados a uma distância média é usado QAM-16 com 4 bits/ baud. Para assinantes distantes é usado o QPSK<sup>12</sup> com 2 bits/ baud. Por exemplo, para um valor típico de 25 MHz do espectro, o QAM-64 oferece 150 Mbps, o QAM-16 oferece 100 Mbps, e o QPSK oferece 50 Mbps. Isso significa que quanto mais distante da estação-base estiver o assinante, mais baixa será a taxa de dados.

Como não podia deixar de ser, o IEEE também se preocupou com a segurança e o sigilo das informações transmitidas. Para isso incluiu os protocolos de criptografia Triple-DES (128 bits) e RSA (1024 bits) como padrão além de mecanismos de certificação digital.

### 3.6. Equipamentos.

Nesta seção serão apresentados alguns equipamentos que são utilizados no WiMAX. As imagens aqui apresentadas referem-se a produtos do fornecedor Aperto Network.

A Figura 4 demonstra a antena-base (BS) com o controle da antena-base do equipamento modelo *PacketMAX 5000* da Aperto.



Antena Base (BS)



Controle antena Base

**Figura 4 – Antena Base e controle da antena Base**

A Figura 5 mostra a estação cliente (SS) com o controle da estação cliente do modelo *PacketMAX 5000* da Aperto.



Antena e controle do Cliente (SS)

**Figura 5 – Antena cliente e controle da antena**

As especificações dos equipamentos demonstrados pelas figuras 4 e 5 estão no anexo 1[6].

### 3.7. Tendência

<sup>11</sup> QAM – (*Quadrature Amplitude Modulation* – modulação por amplitude de quadrante)

<sup>12</sup> QPSK – (*Quadrature Phase Shift Keying* – chaveamento por deslocamento de fase de quadratura)

Quando usuários querem serviço de Internet de banda larga hoje, eles geralmente estão restritos à conexão T1, DSL ou baseada em modem-cabo. Entretanto, estas infra-estruturas a fio podem ser consideravelmente mais caras e consumir mais tempo de implantação na utilização do que uma sem fio.

Além disso, as áreas rurais e países em desenvolvimento freqüentemente não possuem infra-estruturas de fibra ótica ou de fio de cobre para serviços de banda larga e os provedores não querem instalar os equipamentos necessários para regiões com poucos benefícios potenciais. Assim, muitos residentes têm que trabalhar sem serviço de banda larga.

Por esses motivos o WiMAX tem um potencial muito grande de ser um das tecnologias de rede sem fio mais usada nos próximos 10 anos, hoje esse equipamento estão com um custo ainda muito elevado em relação às outras tecnologias mas com o término da especificação técnica desses equipamentos e a fabricação em série isso deverá mudar.

Segundo [5], podemos dizer que o WiMAX apresenta as seguintes vantagens e desvantagens:

Vantagens:

- Distância de banda Passante de até 50 Km de raio do BS;
- Enlace não precisa de Visada em até 6 Km de raio;
- Pode operar em uma variedade de freqüência de 2 – 66 GHz;
- Ajuste de sinal ao meio (Chuva, neve, etc)
- Banda larga de até 70 Mbps;
- Qualidade de serviço em rede de computador QoS entre o BS e SS; E
- Possibilidade de um número maior de usuários.

Desvantagens:

- Hoje o custo dos equipamentos é muito elevado;
- A estação cliente tem que ser fixa, logo, não há mobilidade;

### 3.8 – Comparação entre IEEE 802.11 e IEEE 802.16

Quando se fala em comunicação *Wireless*, pensamos logo no IEEE 802.11. Apesar de apresentar características e funcionalidades diferentes podemos citar também o IEEE 802.16. Desta forma, a Tabela 3 compara os padrões observando-se algumas características[1]:

	<b>IEEE 802.11</b>	<b>IEEE 802.16</b>
Largura de Banda	54Mbps (IEEE 802.11 a)	70Mbps
Distância	100m	50Km
QoS	Nenhum	Reforçado Centralmente

Cobertura	Optmised for indoor non-line-of-sight (NLOS)	Optmised for outdoor (NLOS)
Segurança	WEP <sup>13</sup>	Triple-Des, RSA
Níveis de serviços	Nenhum	A sustentação múltipla dos níveis diferencia o requerimento da largura de faixa
Usuários	Centenas	Milhares
Frequência	2,4 GHz	2-66 GHz
Mobilidade	Sim	Não

**Tabela 3 - IEEE 802.11 X IEEE 802.16**

#### 4. Projeto UFOP

O projeto “Ouro Preto Cidade Digital” foi desenvolvido em Brasília em setembro de 2004 e iniciado em 2005 com apoio do projeto piloto de escolas à *internet* com tecnologia de rede sem fio INTEL (WiMAX). Este projeto é uma das ações contempladas no acordo MEC-Intel celebrado em Junho de 2004, tendo a direção da UFOP (Universidade Federal de Ouro Preto) com a participação da Prefeitura Municipal de Ouro Preto, RNP<sup>14</sup>, ANATEL, SEC&T<sup>15</sup>, SEE<sup>16</sup> de MG e Telemar.

Os motivos que levaram Ouro Preto a sediar o projeto são apresentados a seguir:

Ouro Preto sendo Patrimônio cultural da humanidade, as intervenções locais são controladas tendo uma serie de restrições para a elaboração de qualquer obra, a topografia dificulta comunicação com visada, a ausência de conexão em banda larga em grande escala, uma comunidade similar, do ponto de vista socioeconômico, à grande maioria das comunidades brasileiras, vontade política dos dirigentes em participar do projeto e a universidade como agente de coordenação, desenvolvimento de pesquisa e avaliação.

O Projeto, “Ouro Preto Cidade Digital”, visa definir um modelo de rede comunitária, sem fio, replicável à pequenos e médios municípios, definir modelos econômicos de sustentação e de parceria público privada, desenvolver pesquisa sobre aplicações de rede sem fio e formação de profissionais na área de redes, Capacitando professores, alunos e dirigentes da rede educacional para o uso da tecnologia na educação e desenvolver estratégias pedagógicas baseadas na nova tecnologia[5];

##### 4.1. Arquitetura do projeto

Esse projeto é composto de uma estação base (BS) que esta localizada no campus da UFOP em cima do prédio do restaurante, esse é o ponto mais alto o campus e que apresenta uma pequena visada para o centro da cidade de Ouro Preto. Ainda encontram-se distribuídos pela cidade seis estações clientes (SS) sendo cinco presentes em escolas Municipais de 5ª a 8ª e Estaduais de Ensino Médio e uma no departamento de computação da UFOP. As escolas além de receberem o *link* de rede sem fio receberam também um laboratório de

<sup>13</sup> WEP – (Wired Equivalent Privacy )

<sup>14</sup> RNP – Rede nacional de Pesquisa.

<sup>15</sup> SEC&T - Secretarias estaduais de ciência e tecnologia.

<sup>16</sup> SEE - Secretaria do estado de educação

informática sendo que a montagem desses laboratórios é responsabilidade da prefeitura municipal de Ouro Preto e SEE.

A Figura 6 mostra a antena da estação (BS), à esquerda, situada no campus da UFOP, e o equipamento de controle do BS, à direita.



**Figura – 6 Antena Base e o Equipamento de controle do BS**

A Figura 7 mostra a visada da antena em relação a cidade de Ouro Preto. Como pode ser observado, a cidade de Ouro Preto situa-se em um vale o que possibilita a utilização da reflexão que é uma das características do WiMAX.



**Figura – 7 Visada da BS com relação à cidade de Ouro Preto**

A Figura 8 mostra a antena da estação cliente (SS), à esquerda, e o equipamento de controle da SS, à direita. Esta estação cliente (SS) situa-se na Escola Estadual Dom Pedro II, no centro de Ouro Preto.



**Figura – 8 Antena SS e o equipamento de controle.**

As fotos apresentadas anteriormente foram coletadas durante a visita efetuada à UFOP realizada em 03 de novembro de 2005. Nesta data, os equipamentos que estavam sendo utilizados eram da marca Aperto e modelo *PacketWare 700 Series*. Esses equipamentos são considerados uma tecnologia pré-WiMAX não apresentando todas as características do WiMAX, apresentando limitações quanto a taxa de dados com velocidade de no máximo de 20 Mbps e outras características que estão na especificação técnica no anexo 2[6].

## **5. Conclusão**

Vemos nos dias atuais como é crescente a demanda por serviços de *Internet* de banda larga, e geralmente esses serviços estão restritos as conexões cabeadas.

A tecnologia de rede sem fio *Wireless* vem crescendo muito durante esses últimos anos e uma das principais tecnologias que ajudou esse crescimento é sem dúvida a rede sem fio utilizando o padrão IEEE 802.16 conhecida por WiMAX.

Diversas características tornam o WiMAX uma grande promessa sendo a tecnologia de rede sem fio que será mais usada para acesso a serviços de banda larga. Destaca-se nessa tecnologia o raio de alcance da estação base de até 50km, a possibilidade da transmissão da base com o cliente sem precisar de uma visada, a taxa de transmissão de dados até 70 Mbps, uma qualidade de serviço possibilitando a separação dos dados de acordo com a sua característica e uma largura de banda flexível.

Diante disso o alto investimento de grandes empresas na definição e na fabricação do padrão IEEE 802.16, os equipamentos que já tem no mercado, como, por exemplo, no projeto “Ouro Preto Cidade Digital”, podemos concluir que em um futuro próximo essa tecnologia poderá estar à venda nas principais lojas de rede de computadores e com um custo adequado ao mercado.

Pode se dizer que as redes metropolitanas sem fio podem ser consideradas belas alternativas para um futuro próximo. Vive-se uma revolução

nas telecomunicações, pois além de propiciar todos os serviços já existentes, possibilitará um acesso quase universal.

## 6. Bibliografia.

- [1] TANENBAUM Andrews S. **Redes de Computadores**. 4.ed. Rio de Janeiro editora Campus, 2003.
- [2] STEVEN J. Vaughan-Nichols. **Alcançando a Banda Larga Sem Fio através da WiMax**. Disponível em : <http://www.computer.org/join/>. Acesso em 05 de setembro de 2005.
- [3] CARL Eklund, Centro de Pesquisas Nokia, Roger B. Marks, Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia, Kenneth L. Stanwood e Stanley Wang, Ensemble Communications Inc. **Padrão IEEE 802.16**. Disponível em : <http://www.comsoc.org/pubs/commag/> Acesso em 05 de setembro de 2005.
- [4] ARUNABHA Ghosh e David R. Wolter, SBC Laboratories Inc, Jeffrey G. Andrews e Runhua Chen, The University of Texas at Austin. **TÓPICOS SOBRE ACESSO À BANDA LARGA**. Disponível em : <http://www.comsoc.org/pubs/commag/> Acesso em 05 de setembro de 2005.
- [5] CAVALCANTI Carlos Frederico. **Ouro Preto Cidade Digital**. Disponível em : <http://www.decom.iceb.ufop.br/prof/cfmcc/> Acesso em 30 de agosto de 2005
- [6] **Packet MAX Base station Specification**. . Disponível em : <http://www.apertonet.com>. Acesso em 30 de setembro de 2005.
- [7] FIGUEIREDO I Fabrício, **Fundamentos da tecnologia WiMAX**. Centro pesquisa e desenvolvimento em telecomunicações – CPqD. . Disponível em : <http://www.cpqd.com.br/file.upload/> Acesso em 30 de agosto de 2005.

## Anexos

### Anexo 1

#### **Interfaces PacketMAX 5000**

<b>Quad Wireless Controller (QWC)</b>	(up to 3 per chassis)
Wireless System Card (WSC)	
1 IF Port per WSC	F Connector, 75 Ohm
Up to 4 WSC per QWC	(up to IF 12 ports per chassis)
Main System Card (MSC)	(up to 2 per chassis)
Backhaul	100/1000 Mbps Full Duplex
Management	10/100 Base-T, RS-232
Shelf Management	10 Base-T, RS-232
External Clock Input	2 BNC
Synchronization Ports	2 BNC

#### **Power Requirements**

AC Option	85 – 265 VAC; 47 – 63 Hz
DC Option	40 – 60 VDC
Power Consumption	380 watts maximum

#### **Dimensions (Indoor Units)**

Mounting	19" rack
Width	439 mm (17.3")
Height	222 mm (8.7") - 5U
Depth	381 mm (15")
Weight	18.1 kg (40 lbs)

#### **Dimensions (Outdoor Units)**

Mounting	Pole Mount
Width	340 mm (13.4")
Height	340 mm (13.4")
Depth	55.9 mm (2.2")
Weight	2.2 kg (6 lbs)

#### **Redundancy**

Power	Redundant feeds
Main System Board	2 cards per system (future)
Wireless IF	IF port redundancy (future)

#### **Environmental**

Operating Temperature (Indoor Unit)	0° – 40° C (32° – 104° F)
Humidity (Outdoor Unit)	10 – 90% non condensing
Operating Temperature (Outdoor Unit)	-45° – 60° C (-49° – 140° F)
Humidity (Outdoor Unit)	0 – 100% non condensing

## **Operation**

PHY	OFDM 256 FFT
Frequency Bands Supported	3.3 – 3.6 GHz 3.6 – 3.8 GHz 2.5 – 2.7 GHz 5.425 – 5.725 GHz 5.725 – 5.925 GHz
Channel Bandwidths	2 – 7 MHz in 1 MHz steps, 1.75, 3.5, 7, 14 MHz (future)
3.3 – 3.6 and 3.6 – 3.8 GHz	2 – 10 MHz in 1 MHz steps, 5.5 MHz
2.30 – 2.36 and 2.5 – 2.7 GHz	2 – 10 MHz in 1 MHz steps, 20 MHz
5.425 – 5.725 and 5.725 – 5.925 GHz	Option 1: 20 dBm
RF Power Output	Option 2: 28 dBm (Q1 2006)
Receiver Sensitivity	-100 dBm
Modulation Rates	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
Duplexing Mode	TDD
Error Correction	Convolution coding 1/2, 2/3, 3/4
Automatic Frequency Selection (AFS)	Yes
Dynamic Frequency Selection(DFS)	Yes

## **Networking**

Protocols	IP Routing, OSPF, RIPv2, VLSM, CIDR DHCP (client and relay agent), VLAN, Bridging, and PPPoE
VLAN	16 management VLANs per network. Support for 4,096 VLAN's either tagged or double tagged.

## **QoS**

Service Classes	CG – Continuous Grant RT – Real Time NRT – Non Real Time BE – Best Effort
Flows per Base Station	16 flows per subscriber (Flows are Bi-directional)

## **Security**

Encryption	3DES AES CCM, 128 and 1024
------------	-------------------------------

## **Management**

Provisioning	Centralized using WaveCenter
Agent	Embedded WaveCenter agent supporting SNMP
SNMP	MIB II (RFC 1213), WiMAX MIB, Aperto Enterprise MIB

## **Antenna Options**

Full Frequency Reuse	90° and 60°
Other options	120° and 360° (omni)

## Anexo 2

### PacketWave 760 Base Station Unit Specifications

#### Interfaces

---

Radio Interfaces:

IF signal (F connector)

Control (RJ-45 connector)

Cable Length: 164 feet (50 meters) or up to 328 feet

(100 meters) with specified cable

Backhaul Port: 10/100Base-T Fast Ethernet

Local Craft Interface: RS-232 serial port

(DB9)

Multiple PacketWave 760 Synchronization (BNC)

#### Operation

---

20 Mbps raw data rate, 12-14 Mbps net throughput  
Frequency Bands Supported

(using Aperto Networks radios and antennas):

2.5-2.689 GHz

3.3-3.4 GHz

3.4-3.7 GHz

5.25-5.35 GHz

5.725-5.925 GHz

Duplexing Mode: TDD

Modulation: QPSK and 16 QAM, adaptive

Error Correction:

Reed Solomon FEC with variable block length and correction factor

MAC-layer ARQ with up to 6

retransmissions  
Frequency Switching:

Automatic Frequency Selection

(AFS), up to 20 channels, switching

manually or based upon

interference criteria; provides

interference avoidance and

redundancy

#### Networking

---

Protocols: IP Routing RIPv2, VLSM, CIDR,

DHCP (client and relay agent),

VLAN 802.1Q, 4095 pass-through,

tagged and double tagged.

Bridge up to 21,000 hosts (MAC

addresses)

Service Classes: CBR, CIR, BE

with minimum guaranteed and/or peak rate;

4 service flows per CPE are supported

#### Management

---

Provisioning: Centralized or embedded provisioning using WaveCenter

Configuration Manager on Microsoft

Windows 2000 Professional and Linux.

Fault Management: Embedded

WaveCenter agent supporting SNMP and

Web browser interfaces, SYSLOG interface,

and email alerts

Installation: Advanced Installation Manager

(AIM) and alignment tool for setup,

diagnostics, and testing

SNMP: version 2, MIB II (RFC 1213),

Aperto Enterprise MIB

Upgrade Tool: System Upgrade Manager

(SUM)

Radio Diagnostics: Tx & Rx testing, cabling

diagnostics, remote and local power levels.

Frequency Scanning Algorithm (FSA)

detects radio power levels in channel band

#### LED Indicators

---

Power

Radio: transmit, receive, status

Ethernet: link, transmit, and receive

Multiunit Sync

#### Power Requirements

---

AC Option: 100-240 VAC; 47-63 Hz; 30 watts

DC Option: 18-56 VDC

#### Dimensions and Weight

---

Width: 16.5 in (41.9 cm)

Height: 1.75 in (4.4 cm)

Depth: 8.5 in (21.6 cm)

Mounting: standard 19 inch rack or wall

Weight: 4.4 lbs (2.0 kg)

#### Environmental

---

Indoor Unit

Operating Temperature: 32° to 104°

F (0° to 40° C)

Humidity: 10% to 90%

noncondensing

Outdoor Unit

Operating Temperature: -31° to

140° F (-35° to 60° C)

Storage Temperature: -40° to 257°

F (-40° to 125° C)

Relative Humidity: 0% to 100%

### **Regulatory Approvals**

---

Certifications: FCC Part 15 Class B, CE,  
EN 301 753, EN 01 489-4, EN 60950, EN  
55022

### **Ordering Information**

---

PW760-FFDD-M-V-0C

FF	Frequency
	25 – 2.5 GHz
	33 – 3.3 GHz
	35 – 3.5 GHz
	53 – 5.3 GHz
	58 – 5.8 GHz
DD	Antenna
	90 – 90° antenna
	60 – 60° antenna
	OM – omni antenna
	00 – no antenna
M	Subscriber Unit Capacity
	Mode Possible Subscriber
	Units
	A 8
	B 16
	C 32
	D 64
	E 128
	F Product Maximum
V	Power Option
	A – A/C
	D – D/C
C	Power Cord
	1 – US
	2 – Europe
	3 – Italy
	4 – UK
	5 – Australia

### **Shipping Part Numbers**

---

Base Station Unit - PW760-V-C  
Base Station Radio - PWRFF00  
Base Station Antenna - PWAFF00-DD  
Capacity License Key - CLK760-M  
1637 South Main Street • Milpitas, CA  
95035