

WIMAX PADRÃO: IEEE 802.16X

WIMAX STANDARD: IEEE 802.16X

Mauricio Bastos da Anunciação¹
Ademir Araújo²
Antonio Matos³
Eduardo Pereira⁴
Gilmar Moreira⁵
Marcus Vilaronga⁶

RESUMO

Este artigo de revisão analisa a evolução e as perspectivas da tecnologia WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), fundamentada no padrão IEEE 802.16. O objetivo central é discutir as tendências de mercado e o futuro das redes de banda larga sem fio, com foco em prover conectividade massiva, segura e com qualidade de serviço a um custo reduzido em comparação com as tecnologias vigentes. A metodologia adotada foi a revisão de literatura, com base em pesquisas de organizações setoriais e fóruns de discussão. O estudo aborda uma visão geral do padrão, suas derivações (IEEE 802.16d e 802.16e), e o compara com outras tecnologias sem fio, como WLAN (IEEE 802.11) e Mobile-FI (IEEE 802.20). Os resultados destacam as vantagens do WiMAX, como a operação sem necessidade de linha de visada (NLOS), o uso da modulação OFDM, o suporte a Qualidade de Serviço (QoS) e o alcance superior. Conclui-se que o WiMAX possui um potencial transformador para o acesso à banda larga e para a computação móvel, apesar dos desafios relacionados à padronização final e à certificação de equipamentos. A tecnologia representa uma solução promissora para a universalização do acesso à internet, especialmente em países em desenvolvimento.

Palavras-chave: WiMAX; IEEE 802.16; Redes sem Fio; Banda Larga; Qualidade de Serviço.

ABSTRACT

¹ Graduado em Gestão em Redes de Computadores pela Universidade Salvador – UNIFACS. E MBA em Gestão em Tecnologia da Informação. Contato: mauriciobastos@car.ba.gov.br

² Graduado em Gestão em Redes de Computadores pela Universidade Salvador – UNIFACS

³ Graduado em Gestão em Redes de Computadores pela Universidade Salvador – UNIFACS

⁴ Graduado em Gestão em Redes de Computadores pela Universidade Salvador – UNIFACS

⁵ Graduado em Gestão em Redes de Computadores pela Universidade Salvador – UNIFACS

⁶ Graduado em Gestão em Redes de Computadores pela Universidade Salvador – UNIFACS

This review article analyzes the evolution and prospects of WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) technology, based on the IEEE 802.16 standard. The main objective is to discuss market trends and the future of wireless broadband networks, focusing on providing massive, secure, and quality-of-service connectivity at a reduced cost compared to existing technologies. The methodology adopted was a literature review, based on research from industry organizations and discussion forums. The study provides an overview of the standard, its derivations (IEEE 802.16d and 802.16e), and compares it with other wireless technologies, such as WLAN (IEEE 802.11) and Mobile-FI (IEEE 802.20). The results highlight the advantages of WiMAX, such as non-line-of-sight (NLOS) operation, the use of OFDM modulation, support for Quality of Service (QoS), and superior range. It is concluded that WiMAX has a transformative potential for broadband access and mobile computing, despite the challenges related to final standardization and equipment certification. Technology represents a promising solution for the universalization of internet access, especially in developing countries.

Keywords: WiMAX; IEEE 802.16; Wireless Networks; Broadband; Quality of Service.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por conectividade de alta velocidade e a necessidade de superar as limitações das infraestruturas cabeadas impulsionaram o desenvolvimento de tecnologias de acesso à banda larga sem fio (BWA – Broadband Wireless Access). Neste cenário, a tecnologia WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), fundamentada na família de padrões IEEE 802.16, emerge como uma solução proeminente para a oferta de conectividade em redes metropolitanas (WMAN). A sua proposta central é viabilizar a interoperabilidade entre equipamentos de diferentes fabricantes, fomentando a produção em larga escala e, consequentemente, a redução de custos operacionais e de investimento.

Embora o mercado de BWA já existisse com base em soluções proprietárias, a ausência de um padrão unificado limitava seu crescimento e acessibilidade. O WiMAX, por meio da atuação do WiMAX Forum, visa preencher essa lacuna ao certificar equipamentos e promover a adoção da tecnologia em bandas de frequência licenciadas e não licenciadas. Com o apoio de empresas líderes do setor, como Intel e Nokia, a tecnologia se posiciona como um

catalisador para a expansão do mercado de banda larga, com potencial para transformar as comunicações de voz e dados em escala global.

Este artigo apresenta uma revisão da tecnologia WiMAX, abordando sua evolução, características técnicas, vantagens e o cenário de mercado. A análise inclui uma comparação com outros padrões de redes sem fio, como WPAN, WLAN e WWAN, e discute as perspectivas de implantação e as tendências regulatórias no Brasil e em outros países. O objetivo é fornecer uma visão abrangente sobre o potencial do WiMAX como uma tecnologia disruptiva para a universalização do acesso à internet e para a viabilização de novas aplicações e modelos de serviço.

2. GRUPOS WIRELESS NO MUNDO

2.1. WPAN – WIRELESS PERSONAL AREA NETWORK

Neste grupo incluem-se tecnologias wireless com transmissão de pequeno alcance em metros. Algumas delas podem chegar a dezenas de metros, mas quase sempre estaremos falando de algo em volta das "pessoas". Uma das tecnologias mais conhecidas neste grupo chama-se Bluetooth e seu padrão é o IEEE 802.15.1. Há também dois irmãos do Bluetooth que prometem fazer sucesso muito em breve. O ZigBee e o outro UWB. O ZigBee - da ZigBee Alliance - é o padrão IEEE 802.15.4. O outro é conhecido como UWB (Ultrawideband) ainda não completamente homologado pelo IEEE.

O UWB é o padrão IEEE 802.15.3. O UWB tem proporcionado uma ferrenha disputa entre a Intel e Motorola. A Intel (MBOA) e a Motorola se digladiaram e não chegaram a um consenso sobre o padrão. Agora em JUL.2004 o IEEE vai buscar um consenso novamente. Tomara que dê certo para o bem mundial pois esta tecnologia é uma tecnologia chave. O ZigBee vai ser muito utilizado em Controle Residencial, Automação de Prédios e Automação Industrial. Segundo "futurólogos", o UWB deve substituir o Bluetooth.

2.2. WLAN – WIRELESS LOCAL AREA NETWORK

As Redes Locais sem Fio, ou WLANs, são definidas pelo conjunto de padrões IEEE 802.11x, que estabelecem as especificações para a comunicação sem fio em áreas geograficamente limitadas. A popularização dessas redes se deu em grande parte pelo padrão IEEE 802.11b, comercialmente conhecido como Wi-Fi (Wireless Fidelity). Este padrão opera na faixa de frequência de 2,4 GHz, utiliza a modulação DSSS (Direct-Sequence Spread Spectrum), e oferece uma taxa de transmissão de até 11 Mbps, com um alcance típico que varia de 100 a 300 metros em condições ideais.

Com a demanda por maiores taxas de transmissão, o padrão evoluiu, resultando em novas emendas como o IEEE 802.11a e o IEEE 802.11g. Estes padrões introduziram melhorias significativas, notadamente a adoção da modulação OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), que permitiu alcançar taxas de transmissão de até 54 Mbps. As principais diferenças entre eles residem na faixa de frequência de operação: o 802.11a opera na faixa de 5 GHz, menos congestionada, enquanto o 802.11g opera na mesma faixa de 2,4 GHz do 802.11b, garantindo retrocompatibilidade.

A transição da modulação DSSS para a OFDM representa um avanço técnico fundamental. A modulação OFDM é inerentemente mais robusta aos efeitos de multicaminho (reflexão de sinais), um fenômeno comum em ambientes internos que causa interferência destrutiva. Isso é alcançado através da divisão do canal de comunicação em um grande número de subportadoras ortogonais de baixa taxa de dados, que são menos suscetíveis ao desvanecimento seletivo em frequência. A eficiência e a resiliência da modulação OFDM a tornaram a tecnologia de base para sistemas de comunicação sem fio modernos, incluindo o WiMAX (IEEE 802.16).

2.3. WWAN – WIRELESS WIDE AREA NETWORK

Neste grupo encontramos as tradicionais tecnologias do telefone celular de voz e alguns serviços de dados. Aqui passamos pelos já conhecidos TDMA, CDMA e chegamos até às mais modernas EDGE e UMTS, não esquecendo também das GSM/GPRS. As velocidades destas tecnologias apresentam-se limitadas comparadas ao WiMax.

2.4. WMAN – WIRELESS METROPOLITAN AREA NETWORK

É neste grupo que se encontram as tecnologias WiMax e o Mobile-FI. Há também o padrão “4G proprietário”. Todas elas utilizam o mesmo tipo de modulação OFDM. Este último está ligado a alguns fornecedores como BeamReach Networks e Navini Networks que, inclusive aderiram ao padrão WiMax filiando-se ao fórum em meados de 2004.

2.4.1. Evolução 802.16

Por volta da década de 90 já se discutia algumas das funcionalidades (hoje tecnologicamente possíveis) encontradas no 802.16. Mas, apenas no segundo semestre de 1999 foi criado um grupo no IEEE para o padrão, ainda hoje em processo de aperfeiçoamento.

O padrão 802.16 foi batizado inicialmente como “Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems” em dezembro de 2001. O padrão prevê utilização dentro da faixa de frequência de 10 a 66 Ghz. Sua principal aplicação visa substituir cabeamento nas comunicações entre centros, já que nesta faixa de frequência as ondas viajam em linha reta. Dessa forma o acesso não é distribuído a toda a uma área. Para haver acesso, a transmissão precisa estar direcionada (antenas bem alinhadas).

Logo no início do ano de 2003, o IEEE aprovou um aditivo ao padrão 802.16, batizado de 802.16a que adiciona a possibilidade de operação do padrão original nas bandas de frequência licenciada e não licenciada de 2 a 11 Ghz. Essa extensão permite um acesso NLOS

(Non-Line of Sight) em bandas de frequência mais baixas, algumas das quais não licenciadas, com suporte para as tecnologias PMP e Mesh.

Atualmente o WiMax trabalha com os padrões IEEE 802.16d e IEEE 802.16e. O 802.16d é o padrão de acesso sem fio de banda larga fixa, cujos equipamentos fizeram testes de aderência ao padrão no 2º semestre de 2004 e disponíveis para comercialização no 1º semestre de 2005. O padrão 802.16d é uma evolução do 802.16^a e que permite um menor consumo de energia e menores CPE's (Customer Premises Equipment) como também inova na incorporação de antenas MIMO. O padrão 802.16e refere-se ao acesso sem fio de banda larga móvel, cujos equipamentos deverão estar disponíveis em meados de 2006.

Paralelo ao grupo de trabalho do padrão IEEE 802.16 (WiMax) há o grupo de trabalho do padrão IEEE 802.20 (Mobile-FI) operando em bandas licenciadas abaixo de 3,5 Ghz. O objetivo técnico do 802.20 é otimizar o transporte de dados baseado em IP, focando em altas taxas de transmissão de dados e suportando mobilidade veicular de até 250 Km/hora com um tempo de latência mínimo.

2.4.2. Algumas vantagens do WIMAX

- a) Trata-se de uma tecnologia padrão como já é o Wi-Fi. Padrão implica em interoperabilidade e custo decrescente;
- b) A tecnologia WiMax é mais barato de 20% a 30% que as tecnologias tradicionais (ADSL);
- c) Não precisa de linha de visada das antenas(NLOS)
- d) Utiliza modulação OFDM. Transmite múltiplos sinais simultaneamente por cabo ou pelo ar (sem fios), em diferentes frequências, com espaçamento ortogonal destas frequências, evitando interferências;
- e) O padrão IEEE 802.16 suporta duas topologias de rede: PMP e Mesh. A

topologia

Mesh permite a comunicação assinante para assinante em NLOS;

- f) Oferece QoS (Quality of Service). Suporta a priorização inteligente de diferentes formas de tráfego de acordo com sua urgência. QoS é extremamente importante para vídeo e voz sobre IP;
- g) Transmissão de vídeo, voz e dados;
- h) Alcance de até 50 Km (NLOS) e em áreas de alta densidade populacional de 8 a 10 Km;
- i) Opera em bandas licenciadas e não licenciadas;
- j) Segurança: O padrão inclui medidas para privacidade e criptografia de dados no protocolo.

2.5. COMPARAÇÃO COM OUTROS PADRÕES

2.5.1. 802.16 e 802.11

Apesar de semelhantes, os padrões acima resolvem problemas diferentes. A principal semelhança é que ambos foram projetados para comunicações sem fio em banda larga. Porém, a diferença está na rede, elas se diferem em detalhes importantes: O padrão 802.16 fornece um serviço para edifícios comerciais ou residenciais que são pontos fixos, eles não migram de uma célula para outra. No padrão 802.11 grande parte dele lida com mobilidade, o que não é relevante no 802.16. Edifícios servidos pelo 802.16 podem ter mais de um computador, uma complicação que não acontece quando a estação final é um notebook. Os proprietários de edifícios, em geral, estão dispostos a gastar muito mais dinheiro para desenvolver as comunicações do que os proprietários de notebooks. As distâncias envolvidas no 802.16 podem chegar a 50 Km. Isto implica em maior potência gasta na estação-base. Outro ponto

importante/relevante é a questão de segurança e privacidade.

Tabela 1 – Comparativo entre 802.11 e 802.16

	802.11	802.16
Largura de banda	54 Mbps (11 ^a)	Até 150 Mbps
Distância	100 m	50 Km
QoS	Nenhum	Sim
Cobertura	Voltada à comunicação entre as antenas	Toda uma área
Usuários	Centenas	Milhares

Fonte: <http://www.gta.ufrj.br/~rezende/cursos/ee1879/trabalhos/80216/80216.htm>

2.5.2. 802.16 e 802.20

O 802.20 opera abaixo de 3,5 Ghz. É preparado e otimizado para dados IP, com taxa de transferência por usuário de até 1 Mbps. Logo o 802.16 é bem mais veloz que o 802.20. A grande diferença entre os dois é que o 802.20 suporta uma mobilidade de até 250 Km/h, ou seja, a conexão é possível mesmo se deslocando nesta velocidade, óbvio que dentro da zona de cobertura.

2.6. MERCADO E TENDÊNCIAS

Se a tecnologia, conhecida como WiMax, satisfizer as expectativas, da AT&T, esta poderia entrar em uso já em 2006, substituindo as caras linhas de dados que a AT&T agora aluga de operadoras locais de telefonia para permitir conexões entre sua rede e os usuários empresariais. Estudos afirmam que a AT&T iniciou o primeiro teste de uma versão do WiMax em maio deste ano, em Middletown, Nova Jersey, com testes comerciais marcados para o final

do ano.

A AT&T, que aceitou uma proposta de aquisição da SBC Communications, no valor de US\$ 16 bilhões, é a maior fornecedora norte-americana de serviços de voz e dados para empresas.

No Brasil, esperava-se que os primeiros serviços de VoIP aparecessem no mercado no início de 2005. O mercado de VoIP vai tomar um vulto ainda maior com a chegada da tecnologia WiMAX ao mercado. Não se sabe ainda qual será a posição da ANATEL em relação à cobrança de impostos pelos estados em relação a VoIP. Caso ela queira, ela poderá utilizar o caso da FCC americana como jurisprudência.

Entende-se, porém, que as Tecnologias de Acesso Wi-Fi (WLAN) e WiMAX vão estimular bastante a Convergência Fixo-Móvel, no qual se destaca o trabalho de algumas Agências Reguladoras neste sentido de forma a estimular principalmente o WiMAX – que é mais recente que o Wi-Fi.

2.7. UTILIZAÇÃO DO WIMAX POR OUTROS PAÍSES

2.7.1. Reino Unido

A Agência Reguladora do Reino Unido – a Ofcom – tomou recentemente uma série de medidas que vão estimular bastante a difusão da Banda Larga sem Fio notadamente à tecnologia WiMAX Fixa (padrão IEEE 802.16d). As principais medidas da Ofcom foram:

- A Comercialização de Espectro será permitida a partir de 2005;
- Mudança de Utilização: nos anos iniciais a Ofcom terá que aprovar a Mudança de Utilização de espectro. Em 2007, os detentores de licenças somente serão sujeitos a limitações na potência de emissão dos sinais, para prevenir as interferências;
- Serão também alocadas novas frequências entre 2005 e 2010 que serão "neutras de tecnologia".

A Ofcom afirma que é a primeira Agência Reguladora de Telecom do mundo a permitir este uso de espectro independente de tecnologia.

EUA:

A FCC tomou a decisão de abrir a frequência de 1,9 GHz. Esta decisão vindo de um país importante como os EUA pode encorajar outros países a serem mais flexíveis nas regras da banda de 1,9 GHz, especialmente se elas são limitadas para a tão "acalentada" tecnologia 3G. Nos EUA, a comunidade de Banda Larga sem Fio, liderada pela Intel tem feito um lobby muito pesado para poder utilizar as tecnologias não celulares nas frequências abaixo de 2 GHz (as bandas sub-2 GHz) tais como 1,9 GHz ou 700 MHz - 900 Mhz.

Se várias Agências Reguladoras de Telecom tomam decisões semelhantes, o WiMAX Fórum poderia estar desenvolvendo um perfil do padrão IEEE 802.16 para estas bandas, fazendo o WiMAX Móvel um genuíno desafiante da tecnologia 3G. O que a banda de 700 MHz - 900 Mhz significa para o WiMAX? Muito simples: um alcance bem maior pela metade do custo.

2.8. A IMPLANTAÇÃO NO BRASIL

No Brasil, a ANATEL tem trabalhado as bandas de 3,5 GHz e 10,5 GHz (Bandas Licenciadas) e a banda 5,8 GHz (Banda não Licenciada).

A ANATEL tem interesse em trabalhar um "pouco mais" nos blocos de frequência alocados para o WiMAX em algumas das Bandas acima.

O mercado estava esperando 02 ações da Agência Reguladora de Telecom brasileira no final de 2004, mas elas não ocorreram. A primeira seria o leilão das "sobras" das bandas de 3,5 e 10,5 GHz do leilão de PMP (Ponto-Multiponto) de 2002 e a segunda seria uma Consulta Pública para revisão da Resolução nº. 371 de 17/05//2004 sobre a faixa de 2,6 GHz que é destinada para Serviço de Distribuição de Sinais Multiponto Multicanal (MMDS). Esta Consulta Pública poderia estar endereçando os seguintes pontos importantes, a saber:

- Novos Serviços - SCM (FCC);
- Outras aplicações - IMT 2000 (UIT-R) e WiMAX;
- Novas tecnologias - digitalização da faixa;
- Mobilidade Restrita;
- Estabelecimento de regras claras;
- Possibilidade de aumentar a competição.

Talvez estas 02 ações da ANATEL não tenham se materializado ainda em virtude da troca do Presidente da ANATEL agora no início de 2005.

A Brasil Telecom foi a primeira a anunciar seu interesse na Convergência e agora com a sua Operadora de Telefonia Móvel já operando - a BrT GSM - pode ser que a busca pela Convergência tenha uma maior velocidade. A Brasil Telecom faz parte da Fixed Mobile Convergence Alliance (FMCA) que inclui outras Operadoras do porte das

British Telecom (Reino Unido), a Cegetel (França), a Korea Telecom (Coreia do Sul), a NTT (Japão), a Rogers Wireless (Canadá) e a Swisscom (Suíça). A Brasil Telecom foi a primeira a anunciar seu Telefone Híbrido Fixo-Móvel no Brasil.

Existe atualmente um "ambiente" muito propício para serem desenvolvidas atividades de Convergência no Brasil. É o grupo da EMBRATEL + Claro + Net. Eles têm componentes muito interessantes apesar da desvantagem - a ser superada - que é a escala de última milha da Net. Por outro lado, contam com o porte de uma Operadora de Telefonia Móvel como a Claro. Por que eles não estão tentando? Talvez porque estão "arrumando" primeiro a casa com as recentes aquisições da EMBRATEL e da Net.

Tem casos também ao contrário de não se fazer uma Convergência como a que está sendo feita mundialmente por grandes Operadoras de Telefonia Móvel como a japonesa NTT DoCoMo, a coreana KDDI e a americana SBC Communications. Este aparente é o caso da Vivo. Para seu executivo Francisco Padinha, a convergência sustentável se faz sobre bases tecnológicas totalmente compatíveis e não distintas como as que estão em uso atualmente. Deve-se ter em mente que convergência tecnológica é bem diferente de mistura comercial.

2.9. FASES DE IMPLEMENTAÇÃO

A Intel prevê a instalação do WiMax em três fases:

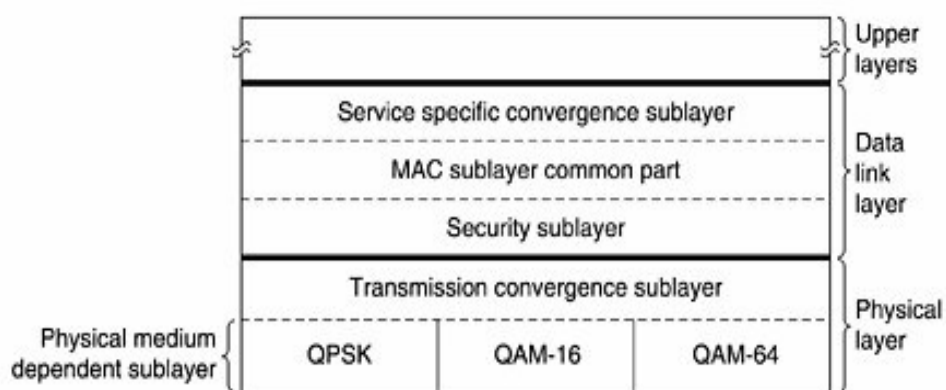
- A primeira fase da tecnologia WiMax (baseada no padrão IEEE 802.16-2004) proporcionará conexões sem fio fixas ainda na primeira metade de 2005.
- Na segunda metade de 2005, WiMax estará disponível para instalação em interiores, com pequenas antenas parecidas com um ponto de acesso Wi-Fi atual. Neste modelo fixo em interiores, WiMax estará disponível para uso em amplas instalações de banda larga residenciais, conforme os dispositivos forem desenhados para "instalação por parte do usuário", o que diminuirá o custo de instalação dos provedores.
- Para 2006, a tecnologia será integrada em equipamentos de computação portáteis para serem compatíveis com a itinerância entre as áreas de serviço de WiMax.

2.10. DESENVOLVIMENTO NA AMÉRICA LATINA

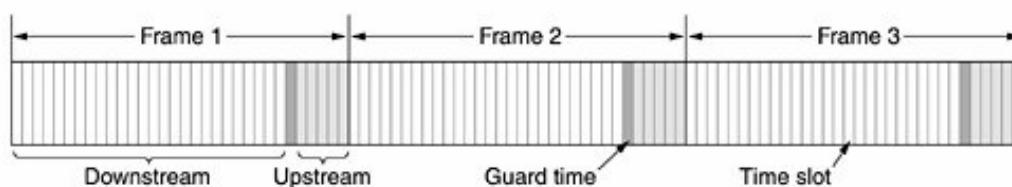
A Argentina foi o primeiro país latino-americano a contar com o WiMax, conforme indica a empresa Millicom - que há pouco anunciou a instalação do primeiro nó WiMax na torre mais alta da capital, Buenos Aires, no Parque da Cidade - e que já permite implementar conexões em menos de 48 horas com velocidades de até 10Mbs. "Desta maneira, algo que antes requeria meses de preparação e altos custos de implementação, hoje se pode realizar rapidamente com custo muito conveniente, aproveitando todas as vantagens do mundo sem fio", diz a Millicom. Também garante que duplicará a cobertura geográfica durante o ano de 2005, através da implementação da nova tecnologia incluindo, em uma primeira etapa, as áreas metropolitanas da capital, Córdoba e Mendoza.

Por outro lado, a consultoria em comunicação Carrier e Associados insinua que a companhia mexicana Telmex talvez possa trazer estes mesmos serviços através das antenas da empresa de telefonia móvel CTI, que ela controla na Argentina, e assim abrir caminho no terreno da banda larga - o que mais cresce no país junto com a telefonia celular.

2.11. A PILHA DE PROTOCOLOS



2.11.1. Camada Física



Cada quadro contém slots de tempo. Os primeiros se destinam ao tráfego downstream. Em seguida, a um tempo de proteção usado pelas estações para comutar o sentido. Por fim, temos os slots para tráfego upstream. O número de slots de tempo dedicado a cada sentido pode ser alterado dinamicamente, a fim de fazer a largura de banda em cada sentido corresponder ao tráfego neste sentido.

O tráfego downstream é mapeado em slots de tempo pela estação-base. A estação-base tem o controle completo para este sentido. O tráfego upstream é mais complexo e depende da qualidade de serviço exigido.

Outra característica interessante é sua capacidade de enfileirar vários quadros MAC's

em uma única transmissão física. Este recurso aumenta a eficiência espectral, reduzindo o número de preâmbulos e cabeçalhos de camada física necessários.

Subdivide-se em duas subcamadas:

2.11.2. Subcamada Inferior

Lida com a transmissão, usando o rádio tradicional de banda estreita com esquemas de modulação convencionais (QAM-64, QAM-16 e QPSK):

- QPSK – Quadrature Phase Shift Keying – chaveamento por deslocamento de fase de quadratura: Utiliza modulação apenas por deslocamento de fase, atingindo 2 bits/ baud.
- QAM-16 – Utiliza-se do QPSK somado à modulação em amplitude atingindo 4 bits/ baud.
- QAM-64 – Semelhante ao QAM-16, só que com maior quantidade de pontos, pode transmitir 16 bits/ baud.

2.11.3. Subcamada de Convergência e Transmissão

Utilizada para ocultar as diferentes tecnologias de enlace de dados (Ethernet, ATM etc.).

Camada de Enlace de Dados

2.11.4. Subcamada de Segurança

Esta camada lida com a privacidade e a segurança, sendo muito mais importante para redes públicas externas que para redes privadas internas, cuidando da criptografia, descryptografia e do gerenciamento de chaves.

2.11.5. Subcamada MAC

É nesta camada onde estão localizados os principais protocolos (Ex.: protocolo de gerenciamento de canais). Ela pode programar os canais de downstream (estação-base => assinante) e upstream (assinante => estação-base) de modo muito eficiente e importante. Outro ponto relevante é o fato de ser completamente orientado a conexões, incomum nos protocolos outros 802, fornecendo assim garantias de qualidade de serviço para a comunicação de telefonia e de multimídia. Para que isto ocorra são implementadas quatro classes de serviços:

1ª Classe => Serviço de taxa de bits constantes: Transmissão de voz não compactada, alocando-se slots de tempo que permanecem garantidos, sem a necessidade de novas conexões.

2ª Classe => Serviço de taxa de bits variável em tempo real: Utilizada onde a banda pode variar (a estação-base consulta periodicamente as estações sobre a taxa que precisam), exemplo: Aplicações de multimídia compactada e aplicações em tempo real.

3ª Classe => Serviço de taxa de bits variável em tempo não real: Destina-se a transmissões pesadas que não são de tempo real, como transferências de grandes arquivos. Quando as estações não respondem por n vezes, são colocadas em um grupo de multidifusão e a consulta é feita para o grupo, evitando-se com isto que as estações com tráfego percam tempo com as consultas.

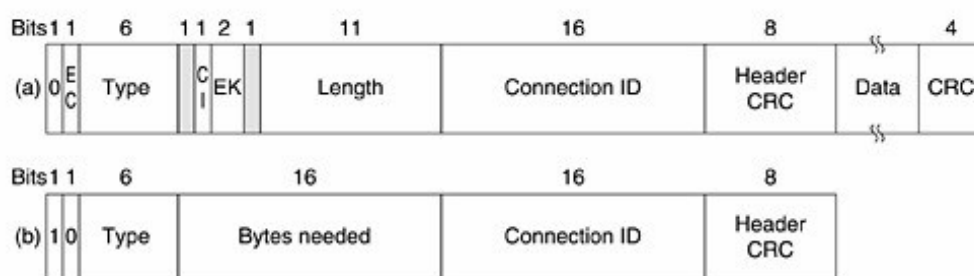
4ª Classe => Serviço de melhor esforço (default): Utilizado para todos os outros serviços, que concorrerão de igual para igual.

2.11.3. Subcamada de Convergência de Serviços Específicos

Esta subcamada é equivalente a subcamada de enlace lógico nos outros protocolos 802

e tem como função definir a interface de rede. Um problema que esta subcamada corrigiu foi o fato de ser orientada a conexão e ter que lidar com protocolos não orientados a conexão (Ethernet, PPP, IP etc). Quanto às redes ATM, estas conexões são mapeadas como conexões 802.16.

2.11.3.1 Enquadramento



2.11.3.2 Quadro Genérico

1º campo: Quando “setado” como ‘0’ o identifica como um campo genérico.

Campo EC: Informa se a carga útil estar criptografada.

Campo Tipo: Identifica o tipo de quadro, informando principalmente se a compactação e a fragmentação estão presentes.

Campo CI: Indica a presença ou ausência do total de verificação final. Campo EK: Informa qual das chaves de criptografia estão sendo usadas (se houver).

Campo Comprimento: Fornece o comprimento completo do quadro, incluindo o cabeçalho.

Campo ID de Conexão: Informa a qual conexão este quadro pertence. Campo CRC de Cabeçalho: É um total de verificação relativo apenas ao cabeçalho, empregando polinômio.

Campo Data: Refere-se a informação (payload).

Campo CRC: É um total de verificação relativo ao total do quadro (header + payload).

2.11.3.3 Quadro de Solicitação de Largura de Banda

1º campo: Quando “setado” como ‘1’ o identifica como um campo de solicitação de largura de banda.

Campo Tipo: Identifica o tipo de quadro, informando principalmente se a compactação e a fragmentação estão presentes.

Campo Bytes necessários: Forma um número de 16 bits que informa a quantidade de largura de banda necessária para transportar um número específico de bytes. Campo ID de Conexão: Informa a qual conexão este quadro pertence. Campo CRC de Cabeçalho: É um total de verificação relativo apenas ao cabeçalho, empregando polinômio.

3. CONCLUSÃO

O futuro será digital, o presente, certamente, muito mais digital que o passado recente. É fácil constatar isso quando lembramos que há 10 anos atrás praticamente não existiam telefones celulares nem DVDs, os computadores estavam iniciando seu processo de popularização, a Internet comercial dava seus primeiros passos.

O barateamento contínuo do processo de produção de chips torna possível a criação de tecnologias mais avançadas e impensáveis para um futuro próximo. Há anos atrás tínhamos a Internet com conexão discada, ainda majoritária no Brasil, depois chegamos à banda larga. Recentemente surgiu a tecnologia Wi-Fi, para redes sem fio (wireless). Neste IDF a Intel introduziu a tecnologia WiMAX. Trata-se do acesso à Internet sem fio, mas não apenas em pontos localizados, e sim, em toda uma área metropolitana.

Ressalta-se que da mesma forma como usamos telefones celulares em toda uma extensão geográfica, poder-se-á ter acesso à Internet por notebooks, computadores portáteis e

novos dispositivos eletrônicos, resultando em novas aplicações. Através do telefone celular, computador portátil ou outro dispositivo digital, você poderá saber, por exemplo, a localização de um determinado ônibus ou meio de transporte público. Parece futurístico, da mesma forma como parecia há 15 anos atrás, a tarifação eletrônica em pedágios.

A possibilidade de uma rede sem fio cobrir toda a extensão de uma cidade abre caminho para inúmeras novas aplicações. A computação móvel torna-se cada vez mais avançada e com mais aplicações graças às tecnologias de rede Wi-Fi e WiMAX, e chips como os da tecnologia Intel Centrino, usados hoje em notebooks.

A partir de 2006, entretanto, com a certificação e homologação dos produtos

WiMax IEEE 802.16d, o preço dos equipamentos tende a cair em função da quantidade das empresas, que estão apostando nesse mercado em torno do mundo. E se a cautela das operadoras fixas se mantiver pode ser que o dilema da universalização versus rentabilidade aumente já que é bem provável que empresas que estão dispostas a abocanhar uma fatia da telefonia local investem no padrão WiMax.

A Embratel, que hoje é a única grande operadora do Brasil que não está participando ativamente do filão de banda larga, poderá jogar suas fichas na nova tecnologia. Com o maior backbone de fibra óptica nacional, uma infra-estrutura de satélites e enlaces de rádio, a operadora pode eventualmente operar com um OPEX menor do que as demais concessionárias.

Em breve, a Frost & Sullivan deve detalhar aos interessados do setor de telecomunicações o potencial do WiMax no Brasil. O estudo já aponta que com o auxílio do WiMax, o Brasil poderá oferecer serviços de banda larga mais acessíveis e trará, em última instância, incontáveis benefícios para os usuários. Entre eles estão a competição na oferta de banda larga em regiões remotas, acesso à internet para diversas localidades sem cobertura e principalmente preço razoável ao consumidor.

Portanto, conforme indica a Intel, os membros do grupo de trabalho do padrão IEEE 802.16 estão investindo na evolução da operação fixa à portabilidade e mobilidade. A emenda IEEE 802.16e corrigirá a especificação base para habilitar não apenas a operação fixa mas

também a portátil e a móvel. Os grupos de trabalho das IEEE 802.16f e IEEE 802.16g se encarregam das interfaces de administração da operação fixa e móvel.

Em um cenário totalmente em movimento, os usuários poderão se deslocar enquanto têm acesso aos dados em banda larga ou a uma sessão de transmissão multimídia em tempo real. Todas essas características ajudarão a fazer com que WiMax seja uma solução ainda melhor para o acesso à Internet nos países em desenvolvimento.

No entanto, existem problemas, pois nem tudo que está relacionado a WiMax está claro. De acordo com a consultoria Prince & Cook, os impulsionadores da tecnologia WiMax (Intel, Nokia, NEC e Alcatel) não chegaram a um acordo sobre as especificações de um padrão que permita certificar os equipamentos. Isto, somado às outras questões, atrasa a adoção da tecnologia.

A primeira versão do WiMax, pensada para distribuir Internet sem fio de banda larga, foi aprovada em 2004 mas as provas de certificação e interoperabilidade entre equipamentos ficaram atrasadas até agora. Por isso, os primeiros produtos comerciais "certificados" poderão estar prontos apenas em 2006. Mesmo assim, equipamentos já estão em desenvolvimento e antenas estão sendo instaladas.

Contudo, em setembro do ano passado, a Intel anunciou seu primeiro chip de acesso sem fio de banda larga que segue o padrão 802.16-2004. O chip tem o nome chave de "Rosedale", e se espera que ele seja o primeiro com desenho tipo "sistema em um chip" para equipamento local do cliente (CPE) econômico que seja compatível com IEEE 802.16-2004. Os equipamentos locais do cliente são colocados em uma empresa ou residência para transmitir e receber sinais sem fio de banda larga para conexão à Internet.

4. REFERÊNCIAS

MAGNO, Carlos. Redes sem fio de longa distância – Padrão IEEE 802.16. [S. l.], [2004?]. Disponível em: http://www.gta.ufrj.br/grad/04_1/Carlos_Magno/. Acesso em: 16 jun. 2005.

PRADO, Eduardo. Comunidade Wireless Brasil: Seção 802.16 WiMax. [S. l.], [2005?]. Disponível em: http://wirelessbrasil.org/eduardo_prado. Acesso em: 16 jun. 2005.

SILVEIRA, Jorge Luis da. Comunicação de Dados e Sistemas de Teleprocessamento. São Paulo: Makron Books, 2002.

SOARES, Luiz Fernando Gomes Lemos; COLCHER, Guido. Rede de Computadores. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

TANENBAUM, Andrew S. Redes de Computadores. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, [s.d.].

INTEL E NOKIA tentam acelerar tecnologia WiMax. IDG Now!, São Paulo, 10 jun. 2005.

VASCONCELOS, Laércio. Intel Developer Fórum. [S. l.], 21 set. 2004.