

**TOPOLOGIAS E CONCEITOS BÁSICOS SOBRE O
PADRÃO IEEE 802.16 (WIMAX)**

MATHEUS CAVECCI

Dezembro 2011

INTRODUÇÃO

A transmissão de dados via ondas de radio não é novidade, segundo Haykin e Moher, as primeiras equações datam de 1964 e Guglielmo Marconi em 1901 conseguiu atravessar o oceano Atlântico utilizando ondas de longa distância, desde então os sistemas de transmissão sem fio não param de crescer.

A necessidade de estar conectado à rede de computadores mundial torna-se indispensável para empresas e usuários, de acordo com a ITU - *International Telecommunication Union* (2010), no ano de 2010 este número já alcançara 2 bilhões de usuários, graças a evolução dos dispositivos que vêm se tornando cada vez mais portáteis e a evolução das tecnologias de transmissão de dados sem fio.

A tecnologia de Rede Metropolitana Sem Fios (WMAN ou Wireless Metropolitan Area Network), fornecem uma ótima alternativa para as redes cabeadas, quando a geografia para instalação pode gerar um custo elevado, o WiMaX é baseado no padrão IEEE 802.16-2009.

O fórum WiMAX é uma organização sem fins lucrativos, formada por empresas fabricantes de equipamentos e de componentes, com o objetivo de promover e certificar a compatibilidade e a interoperabilidade de produtos para a banda larga sem fio.

Como uma única estação de WiMaX pode fornecer cobertura de rede à uma cidade, assim pode fornecer acesso a vários usuários simultaneamente o que pode vir a aumentar a possibilidade de falhas na transmissão e os riscos de ataques à rede assim podendo diminuir a confiabilidade da mesma.

Para prover acesso à rede com segurança o WiMaX possui algumas peculiaridades como criptografia de dados, autenticação e autorização de usuários, algumas normas e aplicações que já vem sendo usadas por corporações nacionais e internacionais.

RESUMO

De acordo com o Fórum WiMAX, uma rede de área metropolitana sem fio (WMAN) é uma rede com uma área de cobertura do tamanho de uma cidade. A WMAN é tipicamente de propriedade de uma única entidade, como um provedor de serviços de internet, entidade governamental ou grande corporação. O acesso a uma WMAN é normalmente restrito a usuários autorizados e dispositivos de assinante. A tecnologia mais amplamente implantada na WMAN é a tecnologia WiMAX, que se baseia em grande parte sobre o padrão IEEE 802.16. A indústria da associação comercial e o WiMAX Forum, cunharam a marca WiMAX e definem o conteúdo e âmbito da tecnologia WiMAX através de especificações técnicas que eles criam e publicam. Iterações iniciais da tecnologia WiMAX (baseada no IEEE 802.16-2004 e anteriores) foram projetadas para fornecer acesso de banda larga fixa sem fio de última milha. A emenda IEEE 802.16e-2005 adicionou suporte aprimorado para mobilidade de usuário. A mais recente norma, IEEE 802.16-2009, consolida o IEEE 802.16-2004 e o IEEE 802.16e-2005, além de alterações aprovadas no IEEE 802.16 entre 2004 e 2008. IEEE também lançou IEEE 802.16j -2009 para especificar redes de retransmissão *multi-hop*. Este artigo explica os conceitos fundamentais da tecnologia WiMAX, incluindo as suas topologias, e discute a evolução do padrão IEEE 802.16 abordando suas principais características até o final do ano de 2010.

CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA TECNOLOGIA WIMAX

Segundo o Fórum WiMAX existem cinco conceitos fundamentais com relação a sua estrutura:

Estação Rádio Base (ERB) (BS – *Base Station*). A BS é a responsável por conectar os dispositivos logicamente às redes do operador. A estação base mantém a comunicação com dispositivos assinantes e regula o acesso às redes do operador. A BS consiste nos elementos de infra-estrutura necessária para permitir comunicação sem fio, ou seja, antenas, transceptores de onda eletromagnética a outros aparelhos emissores. BSs são tipicamente nós fixos, mas podem também ser usados como parte de soluções móveis, por exemplo, a BS pode ser afixada num veículo, para fornecer comunicações para a próxima dispositivos WiMAX. A BS também serve como uma estação retransmissora *Base-relay* na topologia *multi-hop*

Estação Assinante – ES (SS - *Subscriber Station*). A SS é um sistema de rádio fixo com capacidade WiMAX, que se comunica com uma estação de base, embora também possa se conectar a uma estação de retransmissão *multi-hop* em operações de rede de retransmissão

Estação Móvel – EM (MS *Mobile Station*). Uma MS é uma SS que se destina a ser utilizada em movimento em velocidade localizada acima de veículos. Em comparação com SS fixa, as MSs tipicamente são operadas com energia de bateria e, portanto, empregam o gerenciamento de energia aprimorado. Exemplo EM incluem rádios WiMAX embutido em laptops e telefones celulares.

Estação de Retransmissão -ER (RS - *Relay Station*). As RSs são SSs configuradas para encaminhar o tráfego para outras RSs ou SSs em uma zona de segurança *multi-hop*. A RS pode estar em um local fixo (por exemplo, ligado a um edifício) ou móvel (por exemplo, colocado em um automóvel). A interface aérea entre um RS e um SS é idêntica à interface aérea entre um BS e um SS

Operador de Rede ou Redes do Operador (*Network Operator*). O Network Operator engloba funções de infra-estrutura de rede que fornecem acesso via rádio e serviços de conectividade IP para assinantes WiMAX. Essas funções são definidas nas especificações técnicas do WiMAX Fórum como a rede de serviço de acesso (acesso via

rádio) e da rede de serviços de conectividade (conectividade IP). Dispositivos WiMAX comunicam-se usando dois tipos de mensagens sem fio: as mensagens de gerenciamento e mensagens de dados. Mensagens de gerenciamento são usadas para manter as comunicações entre um SS / MS e BS, por exemplo, o estabelecimento de parâmetros de comunicação, trocando as configurações de segurança e realização de eventos de registro do sistema (entrada de rede inicial, *handoffs*, etc). Mensagens de dados são os dados, propriamente ditos, que trafegam pela rede WiMAX.

IEEE 802.16 define faixas de frequências para operações com base no tipo de propagação do sinal. Em um tipo, que emprega um feixe de radiofrequência (RF) para propagar sinais entre nós. Propagação ao longo deste feixe é altamente sensível aos obstáculos RF, portanto, uma visão desobstruída entre nós é necessária. Este tipo de propagação do sinal, chamado de linha de visada (LOS), está limitada a operações fixas e usa) faixa de frequência de 10-66 (GHz) gigahertz. O outro tipo de propagação do sinal é chamado de *non-line-of-sight* (NLOS). NLOS emprega técnicas avançadas de modulação RF para compensar as mudanças de sinal RF causadas por obstáculos que impeçam LOS comunicações. NLOS pode ser usado tanto para operações de WiMAX fixo (abaixo de 11 GHz) e operações de telefonia móvel (inferior a 6 GHz). NLOS propagação do sinal é mais comumente empregado que o LOS por causa dos obstáculos que interferem nas comunicações LOS e por normas rígidas para o licenciamento e implantação da antena de frequência em muitos ambientes que dificultam a viabilidade do uso LOS.

TOPOLOGIAS RELATIVAS AO WIMAX

O WiMAX Fórum relata que há quatro principais topologias de redes no padrão IEEE 802.16: ponto a ponto, ponto multiponto, *multi-hop* de revezamento, e móveis. Cada uma destas topologias é brevemente descrita abaixo.

PONTO A PONTO (P2P)

Uma topologia ponto a ponto (P2P) é constituída por um link dedicado de longo alcance, link de alta capacidade, sem fio entre dois componentes. Normalmente, o local principal ou central hospeda o BS, e o local remoto hospeda a SS, como visto na Figura

1. A BS controla as comunicações e os parâmetros de segurança para estabelecer a ligação com a SS. A topologia P2P é usada para banda larga sem fio *backhaul*, fornece serviços a uma gama de funcionamento máxima de aproximadamente 48 quilômetros (km) (30 milhas), utilizando propagação do sinal em LOS, e oito quilômetros (cinco milhas) com NLOS.

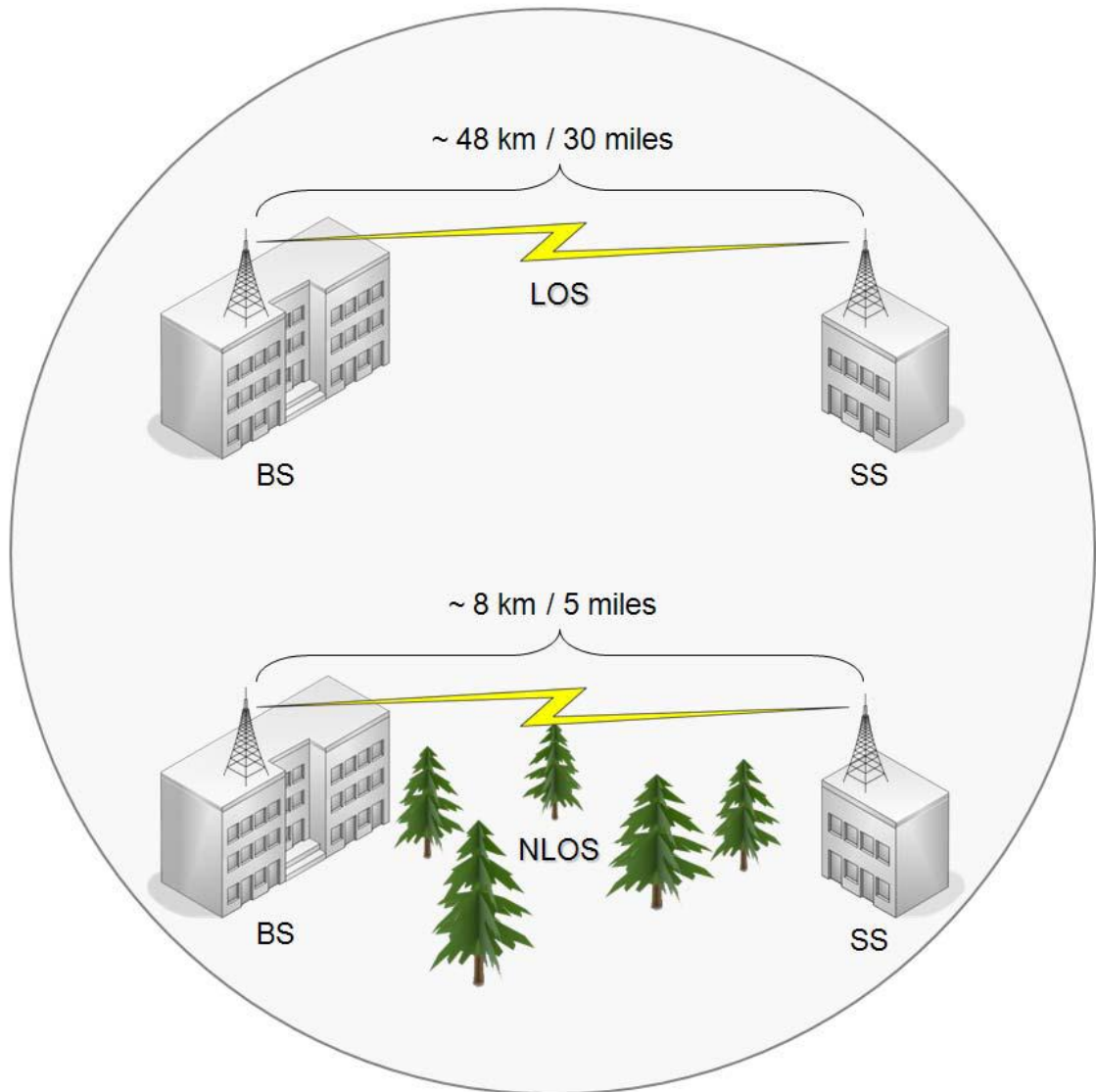


Figura 1. Ponto a Ponto (P2P)

PONTO-MULTIPONTO (PMP)

Uma topologia ponto-multiponto (PMP) é composta de uma central de apoio BS e SSs múltiplas, fornecendo acesso à rede de um local para muitos. É comumente utilizada para a última milha de acesso de banda larga, de longo alcance fornece

serviços de *backhaul* sem fio para vários locais. Redes PMP podem operar usando LOS ou NLOS na propagação do sinal. A BS em cada PMP tem uma gama de funcionamento máxima de 8 km (5 milhas), mas é tipicamente menos do que isso, devido à configuração da célula e a densidade urbana da meta da área de cobertura. A Figura 2 ilustra a topologia PMP.

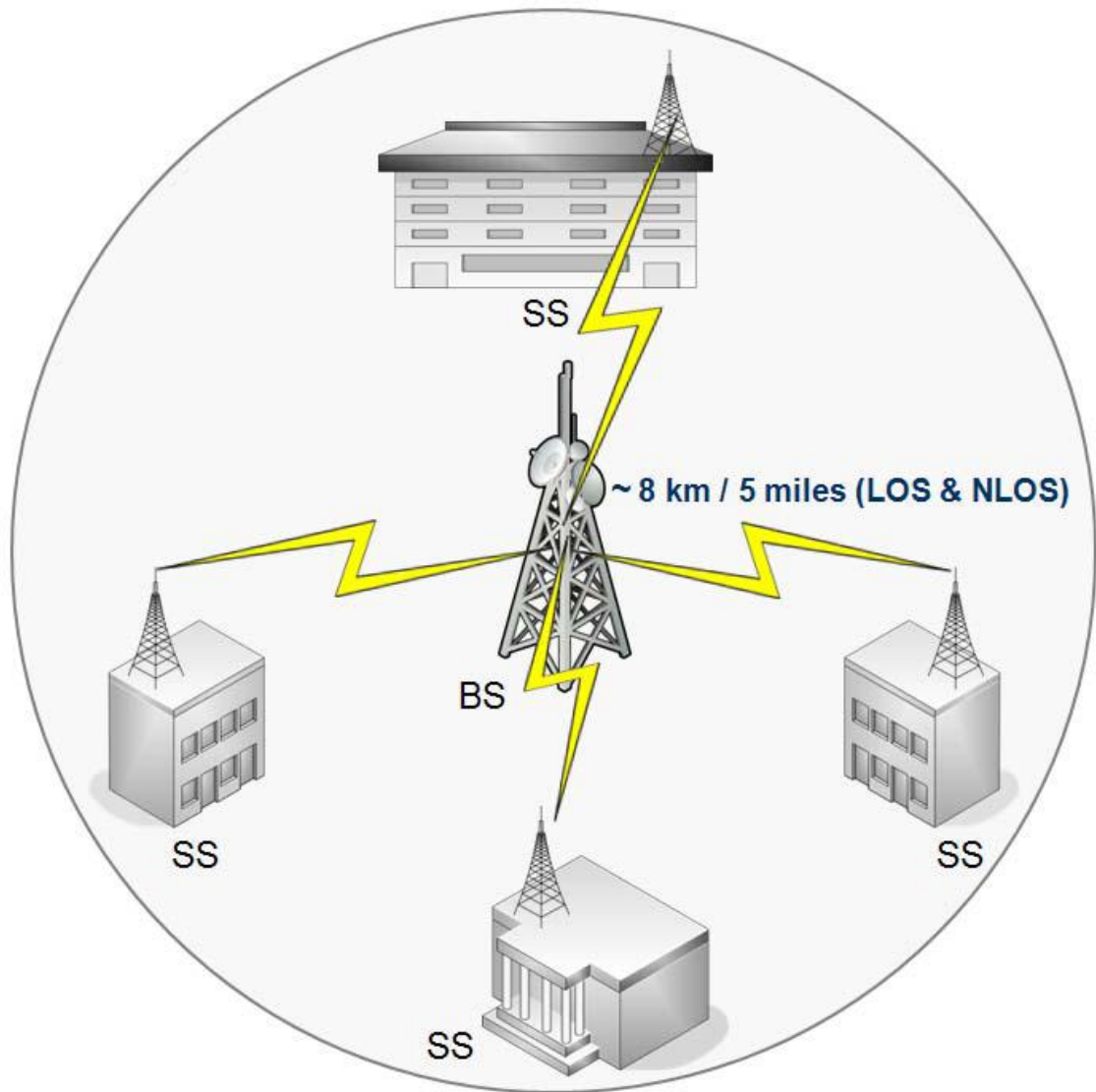


Figura 2. Topologia PMP

MULTI-HOP RELAY

A topologia de retransmissão *multi-hop* foi definida pelo IEEE 802.16j-2009, ela estende-se em uma área de cobertura do BS, permitindo para SSs / MSs distribuir o tráfego, agindo como RSs. A transferência de dados destinado a um SS / MS fora da

escala do BS é transmitida através de RSS adjacentes. A RS só pode encaminhar o tráfego para RSs / SSs dentro de sua zona de segurança.

A zona de segurança é um conjunto de relações de confiança entre um BS e um grupo de RSS. Dados provenientes de fora da área de cobertura de um BS é roteado através de múltiplas RSs, aumentando a área de cobertura geográfica da rede total, como visto na Figura 3. A topologia *multi-hop relay* normalmente usa NLOS na propagação do sinal, pois seu propósito é o de extensão de grandes áreas geográficas com obstáculos e múltiplas RF, no entanto, tecnicamente, podem operar utilizando a propagação LOS também. A faixa máxima de operação para cada nó em uma topologia de retransmissão *multi-hop* é de aproximadamente 8 km (5 milhas), mas a faixa de operação real é tipicamente menos dependendo das condições ambientais (por exemplo, a construção de obstáculos) e configuração de antena.

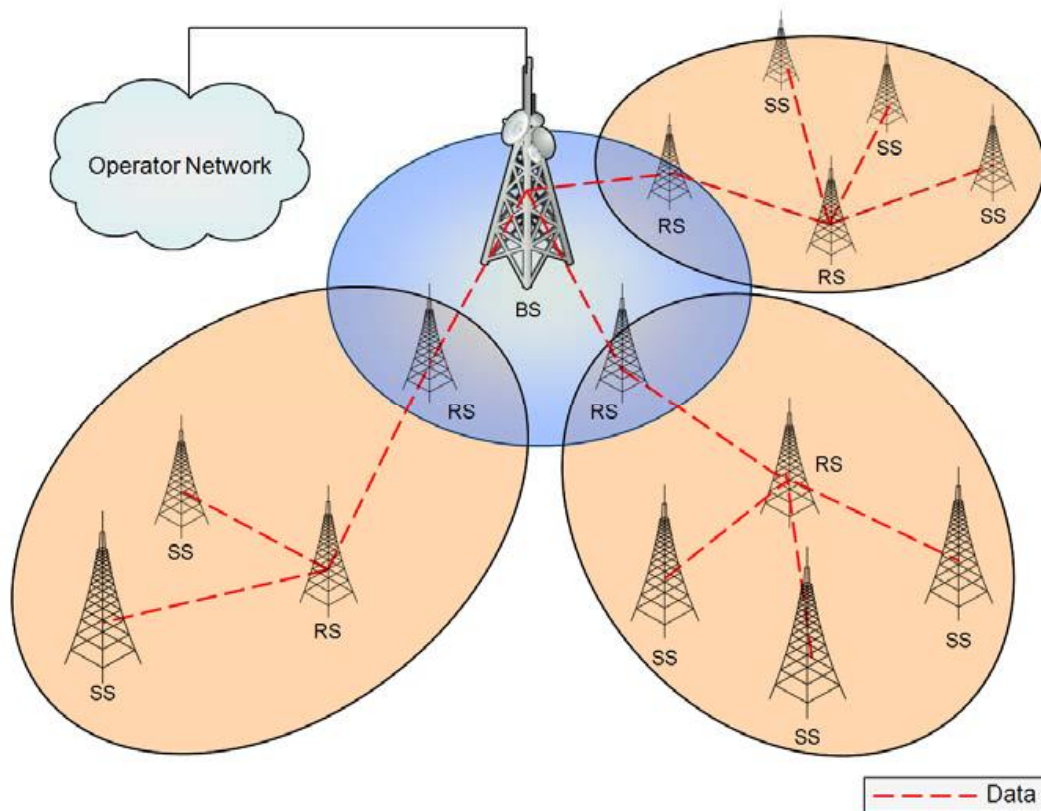


Figura 3. Topologia Multi-Hop

TOPOLOGIA MÓVEL

Uma topologia móvel é semelhante a uma rede celular, pois várias BSs colaboram para fornecer comunicações integradas através de uma rede distribuída para ambos os SSs e MSS. Esta topologia combina a área de cobertura de cada membro da BS e inclui medidas para facilitar *handoffs* da EM entre áreas de cobertura BS, como visto pelo carro contendo MS na Figura 4. Ele utiliza avançadas tecnologias de sinalização para suportar a complexidade necessária para operações móveis. Cada área de cobertura da BS é de aproximadamente 8 km (5 milhas). Sistemas móveis funcionam utilizando WiMAX NLOS e propagação do sinal em frequências abaixo de 6 GHz.

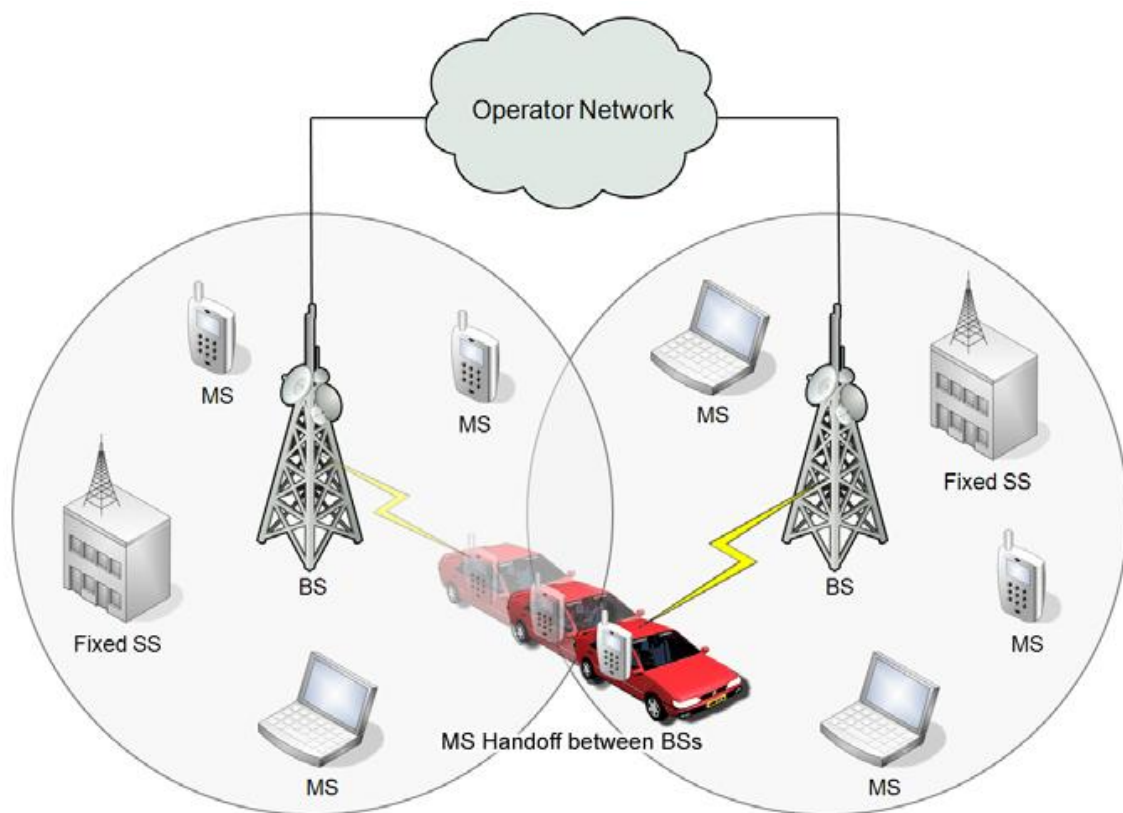


Figura 4. Topologia Móvel

EVOLUÇÃO DO PADRÃO IEEE 802.16

O WiMAX Forum “*Certification Program*” aborda que em 1999 foi criado o Grupo de Trabalho sobre Banda Larga 802.16 Wireless Access Standards para desenvolver normas e práticas recomendadas para apoiar o desenvolvimento e

implantação de banda larga WMAN. O quadro abaixo resume as normas e alterações que o grupo de trabalho produziu.

Quando o padrão IEEE 802.16-2001, que visava última milha de acesso sem fio de banda larga, foi a primeira em desenvolvimento em 2001, o Fórum WiMAX foi criado para promover a compatibilidade e a interoperabilidade das tecnologias IEEE 802.16. Em dezembro de 2001, o padrão IEEE 802.16-2001 foi aprovado. Operando na faixa de frequência desde 10 a 66 GHz e comunicações fixas LOS P2P e PMP em taxas de dados máxima de cerca de 70 *megabits* por segundo (Mbps). A implementação do padrão IEEE 802.16-2001 foi limitada devido à sua exigência LOS e da falta de espectro disponível. Para solucionar as deficiências do IEEE 802.16-2001, uma emenda, IEEE 802.16a, foi lançada em 2003. Esta alteração trouxe uma melhor interoperabilidade, qualidade de serviço (QoS), e desempenho de dados. Ela também forneceu a capacidade de propagar sinais de um dispositivo ativo para outro e ter comunicações NLOS. Uma emenda IEEE 802.16d foi também desenvolvida para melhorar a interoperabilidade, mas foi mais tarde transferida de uma única alteração a um projeto de revisão que agregou o IEEE 802.16-2001 e suas alterações em um único padrão: IEEE 802.16-2004. Versões do IEEE 802.16 anteriores IEEE 802.16-2004 não são mais suportados por fornecedores.

O IEEE 802.16-2004 combina todas as funcionalidades melhoradas e alterações do IEEE 802.16-2001, com novas especificações de interoperabilidade. O padrão suporta comunicações na faixa de frequência 2-66 GHz, com 10-66 GHz para LOS e 11-02 GHz para NLOS. Cada faixa de frequência emprega técnicas de modulação diferentes para acomodar requisitos de comunicação LOS e NLOS. Além disso, IEEE 802.16-2004 pode operar em P2P e topologias PMP.

A emenda IEEE 802.16e-2005 para o padrão IEEE 802.16-2004 fornece aprimoramentos para operações fixas sem fio e permite uma arquitetura semelhante à de celulares. Especificamente, o IEEE 802.16e-2005 oferece suporte de mobilidade para SSs e implementa técnicas de reforço de sinalização que permitem novas ofertas de serviços como Protocolo de Voz sobre Internet (VoIP), presença e difusão multimídia. Estas melhorias para a QoS o padrão anterior o tornou resistente contra as latências de comunicações e jitter. Além disso, IEEE 802.16e-2005 limita a faixa de frequência de 6 GHz ou abaixo para operações móveis. IEEE 802.16e-2005 também introduz novas medidas de segurança, que serão descritas nos tópicos seguintes.

A prestação de apoio no IEEE 802.16e-2005 para dispositivos móveis exigiu um afastamento significativo do processo de uso de BSs IEEE 802.16-2004 para gerenciar SSs. IEEE 802.16e-2005 introduz a dinâmica de *roaming* e outros novos métodos para gerenciar a comunicação entre *handoffs* SSs e BSs, ou seja, a mudança de uma transmissão de um SS da área de cobertura de uma BS em uma nova área de cobertura BS como os movimentos de SS móveis. A arquitetura de comunicações também é modificada para facilitar o melhor gerenciamento de energia e modos eficientes de operação para tratar as restrições de poder das EM.

Em maio de 2009, consolidam-se o IEEE 802.16-2004, 802.16e-2005, 802.16f-2005, e 802.16g-2007 para os últimos padrões IEEE 802,16-2009. No IEEE 802.16-2009 tecnicamente são consolidadas as normas feitas e alterações obsoletas, no entanto, como esta escrito, nas redes WiMAX muitas produções ainda são baseadas em IEEE 802.16-2004 ou IEEE 802.16e-2005. Em junho de 2009, foi lançado o IEEE 802.16j-2009 a alteração que especifica *multi-hop relay*. Esta alteração proporciona uma segurança mais desenvolvida e aprofundada em comunicações de arquitetura para a rede *multi-hop* do que foi previamente definido no IEEE 802.16-2004.

Além dos padrões e alterações já discutidas, a Tabela 1 lista outras normas pertinentes e alterações no IEEE 802.16 e a família de normas.

Tabela 1 IEEE 802.16 Normas e Alterações Adicionais

| Nome | Padrão ou Alteração | Status | Objetivo |
|--------------|---------------------|-----------------------------|--|
| 802.16h | Alteração | Projeto Atual: 3/2010 | Desenvolver métodos para melhorar o desempenho WiMAX isentos de licença. |
| 802.16k-2007 | Padrão | Ativo: Publicado em: 8/2007 | Definir os procedimentos para suportar a funcionalidade bridge em IEEE 802.16-2004. |
| 802.16m | Padrão | Projeto Atual: 4/2010 | Melhorar a interface aérea IEEE 802.16 para suportar velocidades de até 1 gigabit / segundo (Gbps) para as operações fixas e 100 Mbps para operações móveis. |

Segundo o WiMAX Fórum “*Certified Product Registry*”, geralmente, os organismos de normalização fornecem um quadro para o desenvolvimento do produto, mas não podem garantir a interoperabilidade do fornecedor. Certificações de produtos

servem para estimular a adoção de mercado de tecnologia baseada em padrões e para validar reivindicações de operacionalidade do fornecedor. Um grande esforço do WiMAX Fórum é projetar e promover a certificação de produtos baseados no padrão IEEE 802.16. O WiMAX Forum opera o Programa de Certificação do WiMAX Fórum utilizando laboratórios de ensaio e organismos de certificação designados para garantir produtos de WiMAX que são compatíveis e interoperáveis, e em conformidade com os padrões da indústria para garantir a interoperabilidade de produtos de diferentes fornecedores. Isso resulta em uma maior concorrência no mercado, maior flexibilidade na implantação, os mercados alvos e amplos, e menor custo de produção.

O WiMAX Fórum adverte que os fornecedores reivindicando seus equipamentos como '*WiMAX-like*', '*WiMAX-compliant*' não são certificados pelo WiMAX Fórum, o que significa que seu equipamento pode não ser interoperável com equipamentos de outros fornecedores.