

# Sistemas WiMAX

- A tecnologia **para redes locais sem fio** (Wireless LAN ou WLAN) teve como principal fator de popularização a criação, por parte do IEEE, do padrão **802.11**.
- Esse padrão também é chamado de IEEE WirelessLAN ou ainda **WiFi** (Wireless Fidelity), marca registrada de um grupo de fabricantes que se uniram para criar um selo de garantia de compatibilidade homônimo.
- **Para redes metropolitanas sem fio** (Wireless MAN ou WMAN) foi desenvolvida a tecnologia conhecida como **IEEE 802.16**, ou mais popularmente **WiMAX** (Worldwide Interoperability for Microwave Access).
- 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.

# Sistemas WiMAX

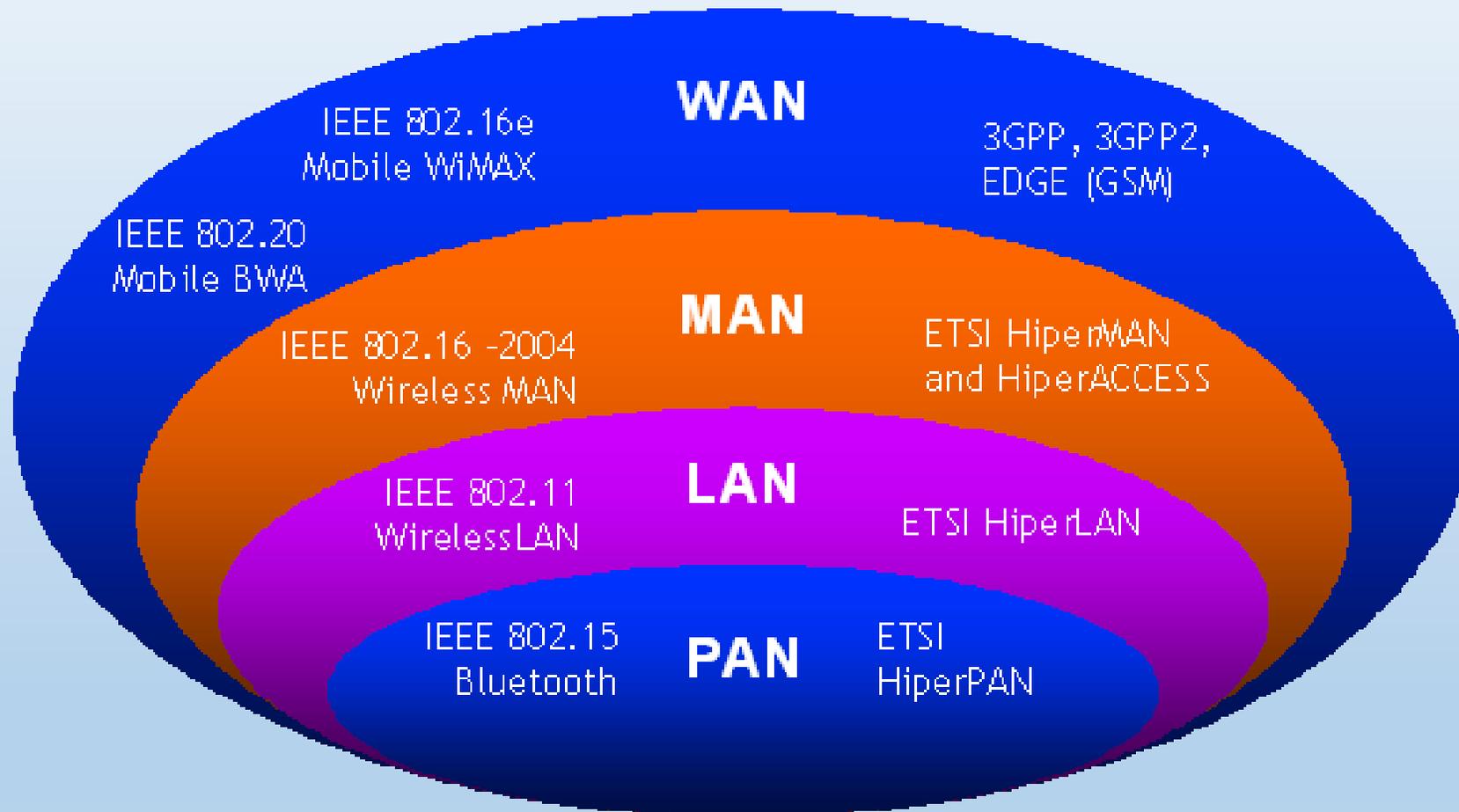


O padrão IEEE 802.16 veio para consolidar o conceito de WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*).

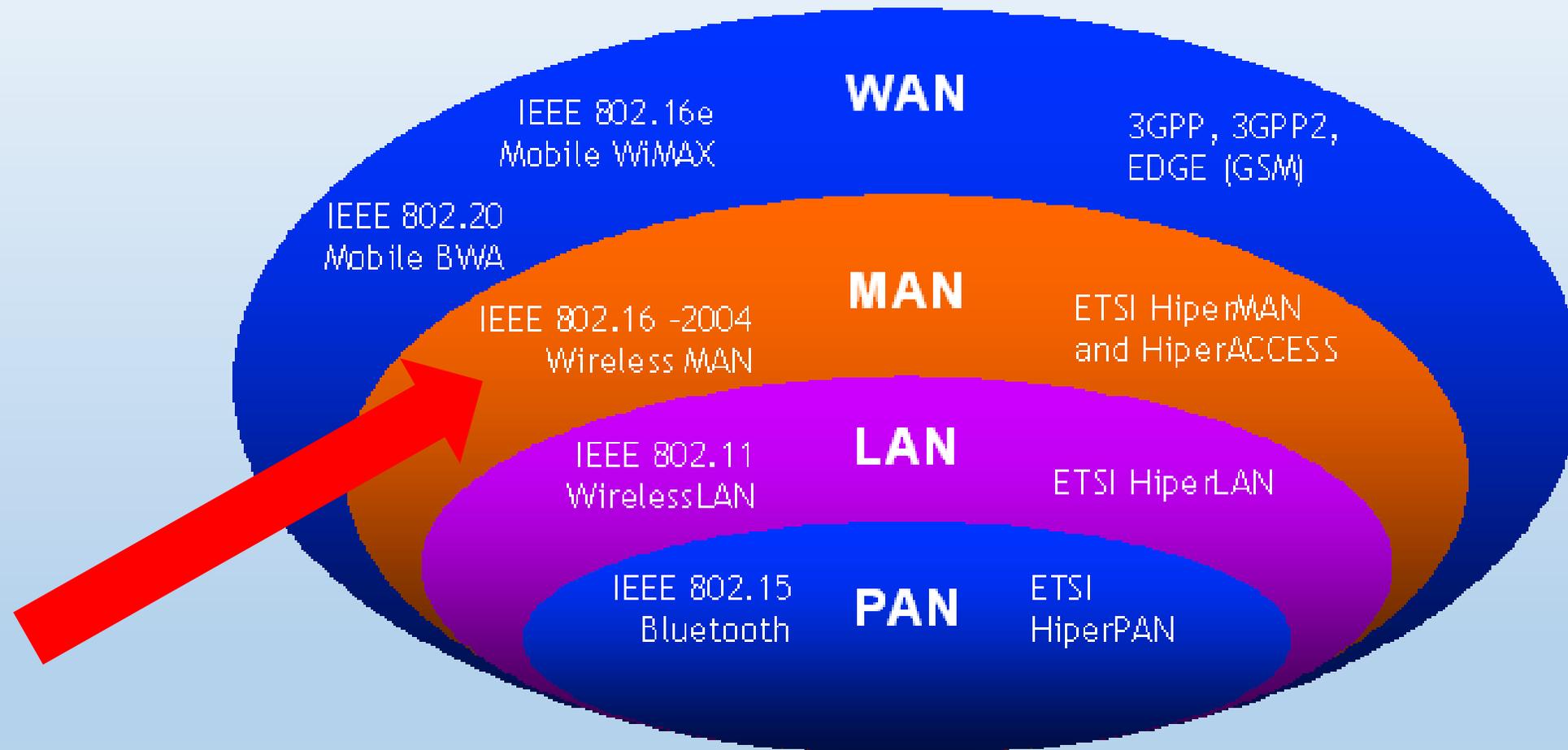
Para tanto, é necessário se ter altas taxas de transmissão numa grande área para um grande número de usuários.

Essa tecnologia foi batizada de WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) pelo consórcio da indústria WiMAX Forum.

# Tipos de Redes sem Fio e Padrões



# Tipos de Redes sem Fio e Padrões



# Padrão IEEE 802.16

- O padrão especifica duas faixas no espectro de frequências:
  - 2 a 11 GHz (ou sub-11) para condição NLOS (*non line of sight*, sem visada direta) com alcance de até 8 km.
  - 10 a 66 GHz para condição LOS (*line of sight*, com visada direta) com alcance de até 50 km, cabendo aos fabricantes e órgãos regulamentadores (Ex. Anatel) decidir quais serão as frequências utilizadas.
- O padrão possui a camada física (PHY) adaptativa, ou seja, ele altera a modulação (16 QAM, QPSK, 64 QAM) e codificação (*Reed Solomon*) do equipamento de acordo com as condições do canal.
- Permite correção de erro (FEC – *Forward Error Correction*), com tamanhos de blocos variáveis e oferece suporte para antenas inteligentes (adaptativas).
- Pode operar com TDD ou FDD no *uplink* e no *downlink*.
- Existem duas arquiteturas para o 802.16: Fixa e Móvel.

# Padrão IEEE 802.16

## Arquitetura Fixa:

Esta arquitetura segue a norma [IEEE 802.16](#) e é voltada para o acesso em redes metropolitanas.

Possui duas possibilidades de implantação, dependendo do local onde a rede WiMAX termina:

1. *Backhaul* quando constitui várias ligações ponto a ponto entre BSs;
2. Rede de última milha, quando um sinal WiMAX chega no ponto de acesso do assinante final.

## Arquitetura Móvel:

Esta arquitetura segue a norma [IEEE 802.16e](#), que acrescenta portabilidade e o suporte a clientes móveis.

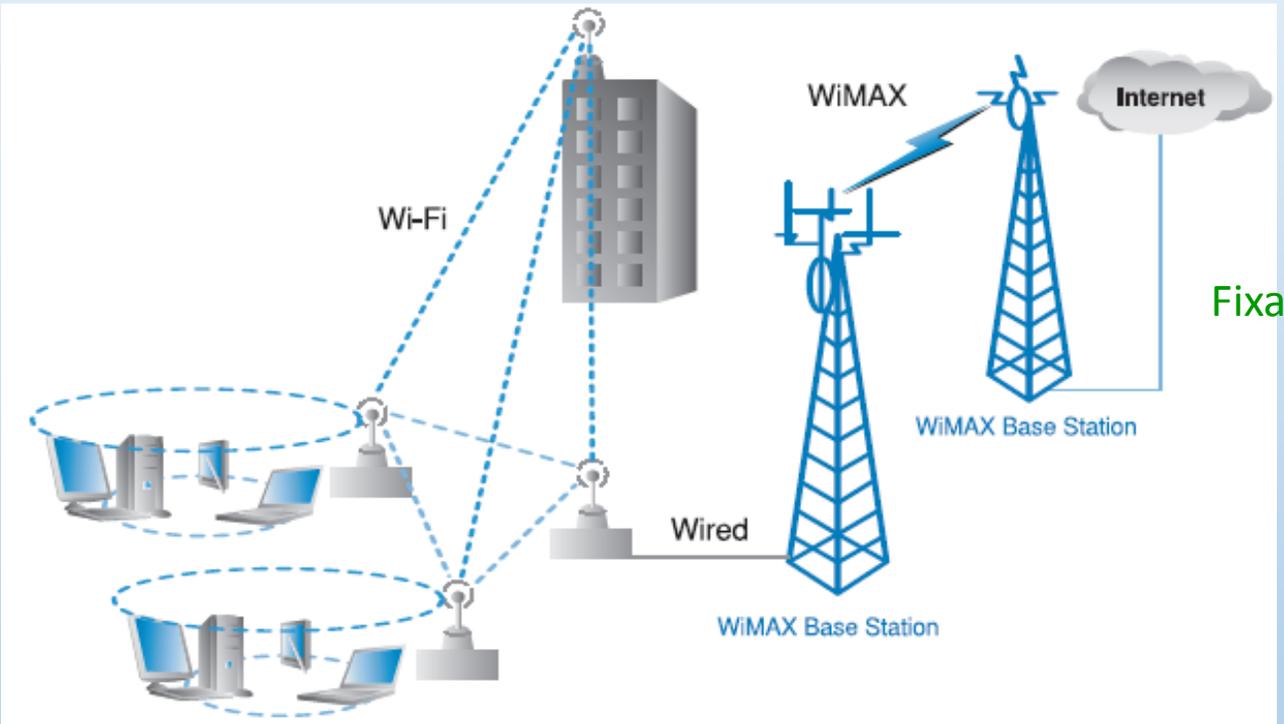
É uma solução de banda larga sem fio que admite a convergência de redes banda larga, móveis e fixas, por uma tecnologia MAN (*Metropolitan Area Network*) de rádio acesso de arquitetura de rede flexível.

Fonte: INATEL

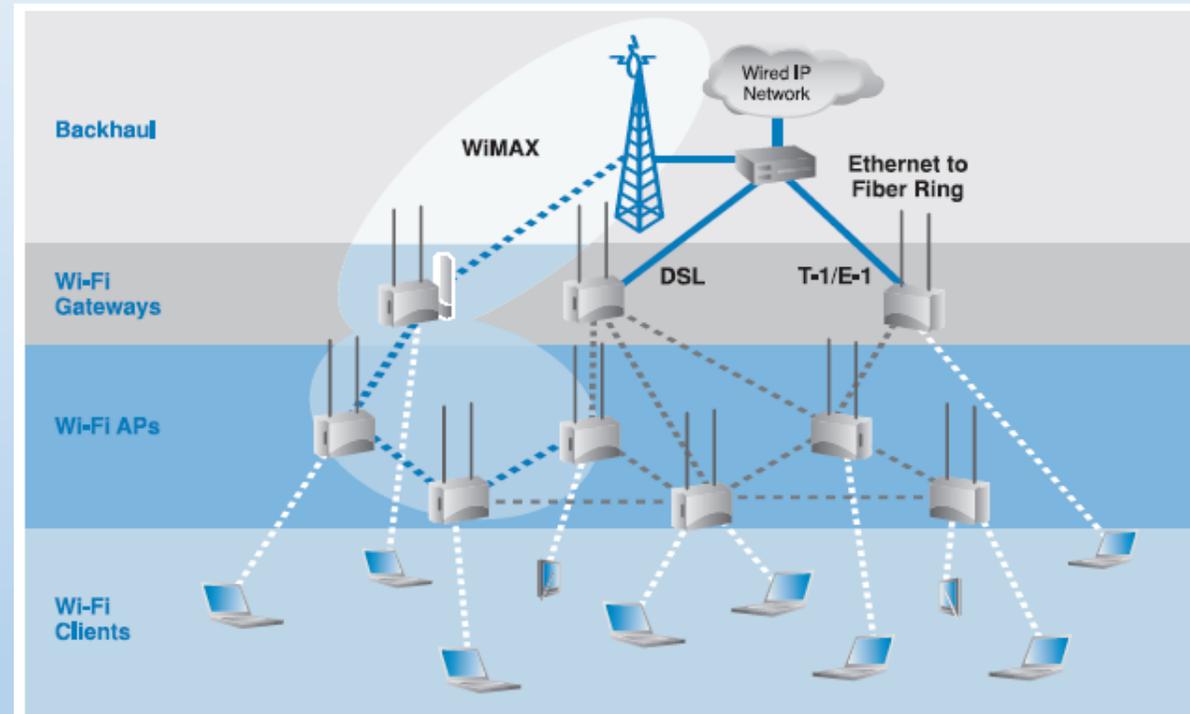
# Padrão IEEE 802.16

## Arquitetura Fixa:

WiMAX como *backhaul* para rede Wi-Fi:



WiMAX interligando *hot-spots* da rede Wi-Fi:



Fonte: Intel, "Understanding Wi-Fi and Wi-MAX as Metro-Access Solution", 2004.

Fonte: INATEL

# Padrão IEEE 802.16

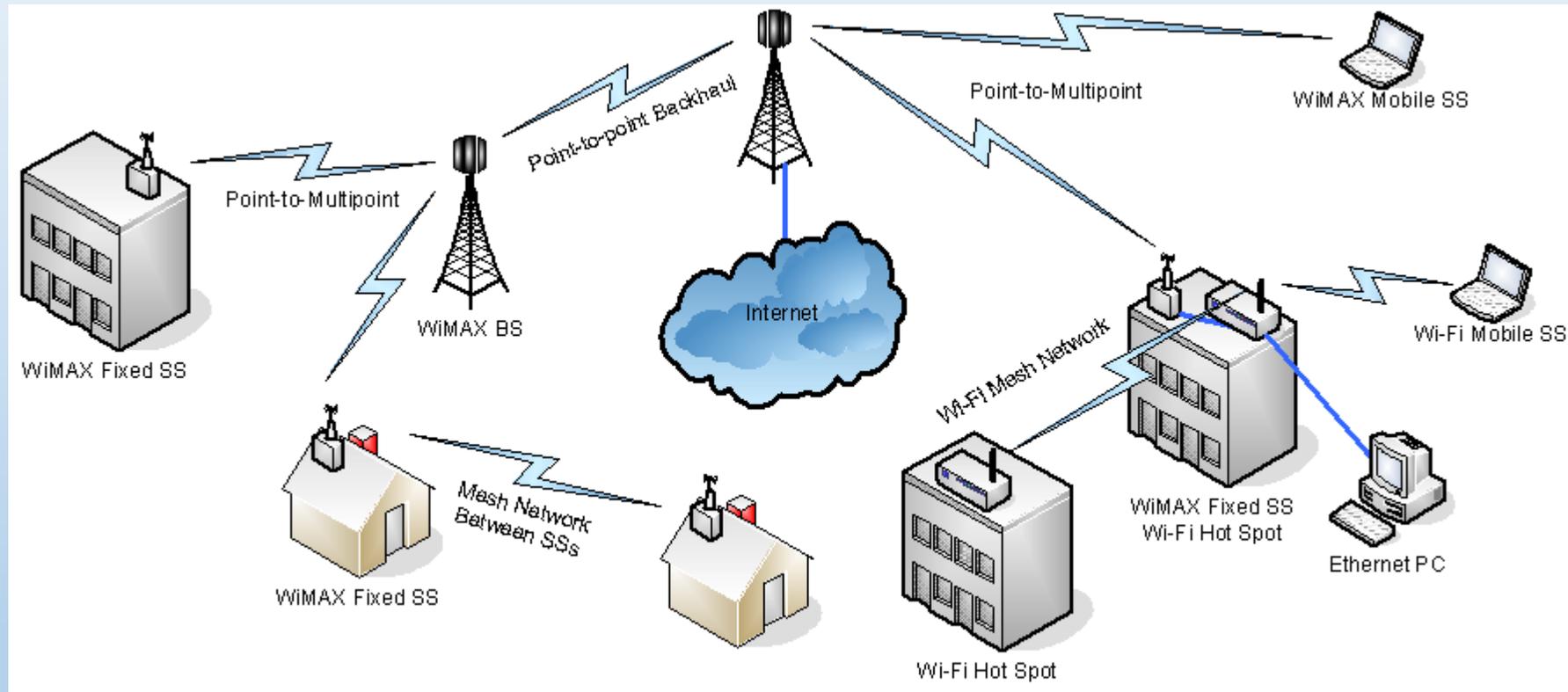
## Arquitetura Fixa:

WiMAX chegando aos clientes finais. Neste caso, é necessário instalar uma antena WiMAX no assinante:

- Tipicamente, esta antena é montada no telhado, sendo a instalação semelhante a uma antena de TV por satélite.
- Não é necessário que o cliente possua visada direta com a *Base-Station*, com a comunicação ocorrendo através de múltiplos-percursos.
- Neste caso o WiMAX é utilizado como uma alternativa para o cliente ter acesso aos serviços de voz e dados sem depender da disponibilidade da operadora local possuir infra-estrutura fixa no local.

# Padrão IEEE 802.16

## Arquitetura Fixa (visão geral):



Fonte: A. Alberti, R. Chan, S. Naves, "A Comparison of Approaches for IEEE 802.16 Performance Evaluation", MPRG 2006.

Fonte: INATEL

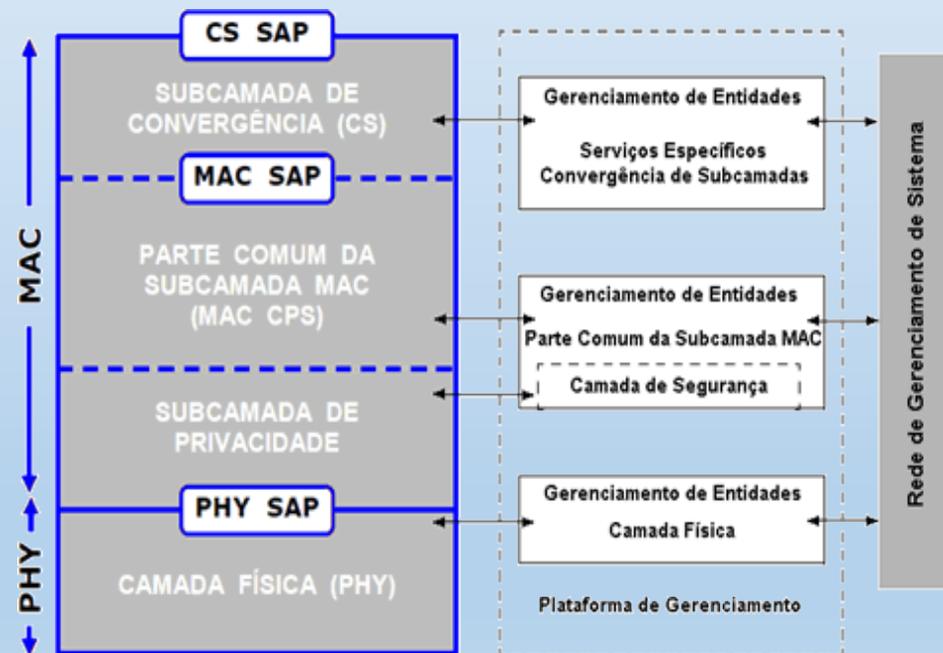
# Padronização

	802.16	802.16a/Rev d	802.16e
<b>Completed</b>	December 2001	802.16a: Jan 2003 802.16Revd: June 2004	Est. Mid-2005
<b>Spectrum</b>	10 - 66 GHz	2 - 11 GHz	2 – 6 GHz
<b>Application</b>	Backhaul	Wireless DSL & Backhaul	Mobile Internet
<b>Channel Conditions</b>	Line of Sight Only	Non Line of Sight	Non Line of Sight
<b>Bit Rate</b>	32 – 134 Mbps at 28MHz channelization	Up to 75 Mbps at 20MHz channelization	Up to 15 Mbps at 5MHz channelization
<b>Modulation</b>	QPSK, 16QAM and 64QAM	OFDM 256 sub-carriers QPSK, 16QAM, 64QAM	Scalable OFDMA
<b>Mobility</b>	Fixed	Fixed	Pedestrian Mobility – Regional Roaming
<b>Channel Bandwidths</b>	20, 25 and 28 MHz	Selectable channel bandwidths between 1.5 and 20 MHz	Same as 802.16a with UL sub-channels to conserve power
<b>Typical Cell Radius</b>	1-3 miles	4 to 6 miles; Max range 30 miles based on tower height, antenna gain and power transmit	1-3 miles

Fonte: INATEL

# Protocolos

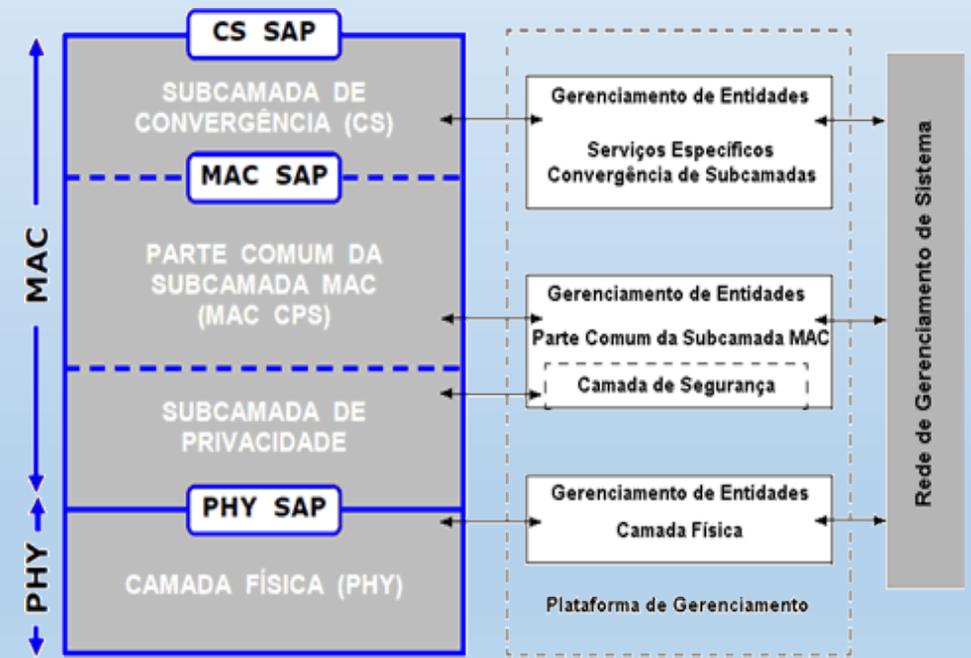
- Os protocolos apresentados no padrão IEEE 802.16 podem ser classificados, no modelo OSI, nos níveis: Usuário, Controle e Gerência.
- São definidas duas camadas, MAC (*Medium Access Control* – Controle de Acesso ao Meio) e PHY (*Physical Layer* – Camada Física).



Fonte: INATEL

# Protocolos

- A camada MAC (*Medium Access Control* – Controle de Acesso ao Meio) é dividida em três sub-camadas:
  - CS (*Service-Specific Convergence Sublayer* – Sub-camada de Convergência Específica).
  - CPS (*Common Part Sublayer* – Sub-camada de Convergência Comum).
  - Sub-camada de Segurança (*Security Sublayer*).
- A camada PHY (*Physical Layer* – Camada Física) é apresentada em cinco formatos:
  - WirelessMAN-SC,
  - WirelessMAN-SCa,
  - WirelessMAN-OFDM,
  - WirelessMAN-OFDMA e
  - WirelessHUMAN.



Fonte: INATEL

# Camada de Controle de Acesso ao Meio

Dentre as principais funções desempenhadas pela camada MAC estão:

- Suporte à qualidade de serviço.
- Adaptação do tráfego de outras tecnologias para a rede WiMAX.
- Suporte ao ajuste adaptativo das técnicas de transmissão digital em função do meio de transmissão.
- Multiplexação de fluxos de tráfego em conexões.
- Escalonamento e alocação dinâmica de recursos de transmissão.
- Suporte à segurança da comunicação.
- Controle de acesso e transmissão de informações.
- Suporte à topologia da rede.

Fonte: INATEL

# Camada de Controle de Acesso ao Meio

As sub-camadas MAC têm as seguintes funções:

- Subcamada de convergência:

Transformação ou mapeamento de dados da rede externa em SDU's (*Service Data Unit*) MAC (Oferece suporte a ATM – *Asynchronous Transfer Mode* e protocolos baseados em pacotes);

- Parte Comum da Subcamada MAC:

Funcionalidade do núcleo MAC do sistema de acesso, alocação de largura de banda, estabelecimento e manutenção de conexão;

- Subcamada de Privacidade:

Troca de chaves seguras, criptografia e autenticação;

# Camada Física

As principais funções da camada física são:

- Transmissão dos MAC PDUs (*Protocol Data Unit* ).
- Definição das técnicas de transmissão digital.
- Definição de espectro.
- Correção de erro.
- Definição da técnica de *duplexing*.
- Construção dos quadros e sub-quadros de transmissão.

A camada PHY apresenta cinco especificações:

WirelessMAN-SC, WirelessMAN-SCa, WirelessMAN-OFDM, WirelessMAN-OFDMA e WirelessHUMAN.

# Camada Física WirelessMAN-SC

- Opera na faixa de 10-66 GHz.
- Foi projetada para aplicações com linha de visada.
- Utiliza modulação *single carrier*.
- Suporta TDD e FDD.
- Permite utilizar vários perfis de transmissão adaptativos.

# Camada Física

## WirelessMAN-SCa

- À medida que o interesse comercial pelas faixas de 2-11 GHz aumentou, principalmente para oferecer acesso sem linha de visada, o grupo IEEE 802.16 definiu três novas camadas físicas.
- A interface WirelessMAN-SCa aperfeiçoa a estrutura dos quadros visando uma melhoria na robustez das transmissões.
- Suporta TDD e FDD.
- Permite utilizar vários perfis de transmissão adaptativos.

# Camada Física

## WirelessMAN-OFDM

- É baseada na modulação OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), projetada para sistemas sem visada direta (NLOS) e para operar na faixa de sub 11 GHz.
- Possui 256 subportadoras ao total. Destas, somente 200 transportam dados.
- Possui 55 portadoras de guarda.
- Suporta TDD e FDD.
- Esta camada possui estruturas de transmissão diferentes, dependendo se a topologia é PMP (*Point-Multipoint*) ou *Mesh*.
- A transmissão é feita em *bursts* contendo símbolos OFDM.

# Camada Física

## WirelessMAN-OFDM

Modos da Camada Física e Taxa de Transferência de Dados Correspondente

Modulation	Code rate	PHY throughput [Mbps]	MAC throughput [Mbps]
BPSK	1/2	6.91	6.10
QPSK	1/2	13.82	12.19
	3/4	20.74	18.59
16 QAM	1/2	27.65	24.69
	3/4	41.47	37.19
64 QAM	2/3	55.30	49.68
	3/4	62.21	55.78

Fonte: Christian Hoymann, "Analysis and performance evaluation of the OFDM-based metropolitan area network IEEE 802.16", Elsevier Computer Networks 49 (2005).

Fonte: INATEL

# Camada Física

## WirelessMAN-OFDMA

- Utiliza OFDM com 2048 subportadoras.
- Uma SS pode utilizar mais de uma subportadora, daí o termo *Multiple Access*.
- A utilização de 2048 subportadoras torna a FFT mais lenta e aumenta os requisitos de sincronização.
- Por estes e outros motivos, este sistema despertou menos interesse do que o de 256 subportadoras.
- É baseado no padrão WiBRO, da Coreia do Sul.

# Outras padronizações 802.16

- IEEE 802.16™: BROADBAND WIRELESS METROPOLITAN AREA NETWORKS (MANs)
- IEEE 802.16™-2012 IEEE Standard for Air Interface for Broadband Wireless Access Systems
- IEEE 802.16n™-2013 IEEE Standard for Air Interface for Broadband Wireless Access Systems--Amendment 2: Higher Reliability Networks
- IEEE 802.16p™-2012 IEEE Standard for Air Interface for Broadband Wireless Access Systems--Amendment 1: Enhancements to Support Machine-to-Machine Applications
- IEEE 802.16q™-2015 IEEE Standard for Air Interface for Broadband Wireless Access Systems-- Amendment 3: Multi-tier Networks
- IEEE 802.16.1™-2012 IEEE Standard for WirelessMAN-Advanced Air Interface for Broadband Wireless Access Systems
- IEEE 802.16.1a™-2013 IEEE Standard for WirelessMAN-Advanced Air Interface for Broadband Wireless Access Systems--Amendment 2: Higher Reliability Networks
- IEEE 802.16.1b™-2012 IEEE Standard for WirelessMAN-Advanced Air Interface for Broadband Wireless Access Systems--Amendment 1: Enhancements to Support Machine-to-Machine Applications
- IEEE 802.16.2™-2004 IEEE Recommended Practice for Local and metropolitan area networks--Coexistence of Fixed Broadband Wireless Access Systems