

Unidade V

5 O RDSI E O WIMAX

5.1 Topologia ponto a ponto sob ISDN

A topologia ponto a ponto sob ISDN consiste em vários componentes:

- Enquadramento PPP: o RFC 1662 discute a implementação do PPP no enquadramento do tipo HDLC. Há diferenças na forma como o PPP é implementado nos *links* assíncronos e síncronos.

Quando uma extremidade do *link* usa o PPP síncrono (como um roteador de ISDN) e a outra usa o PPP assíncrono (como um TA de ISDN conectado à porta serial de um PC), duas técnicas ficam disponíveis para fornecer a compatibilidade de enquadramento. O método preferencial é permitir a conversão do quadro PPP de síncrono para assíncrono no TA de ISDN.

- LCP: o LCP (*link control protocol*) do PPP oferece um método de estabelecimento, configuração, manutenção e encerramento de uma conexão ponto a ponto. Antes que qualquer datagrama da camada de rede (por exemplo, o IP) possa ser trocado, o LCP deve primeiro abrir a conexão e negociar os parâmetros de configuração. Essa fase será concluída quando um quadro de confirmação da configuração tiver sido enviado e recebido.
- Autenticação PPP: a autenticação PPP é usada para fornecer segurança primária na ISDN e em outros *links* encapsulados do PPP. Os protocolos de autenticação do PPP (o PAP e o Chap) são definidos no RFC 1334. Após o LCP ter estabelecido a conexão PPP, você pode implementar um protocolo de autenticação opcional antes de partir para a negociação e o estabelecimento dos programas de controle de rede. Se a autenticação for necessária, ela deverá ser negociada como uma opção na fase de estabelecimento do LCP. A autenticação pode ser bidirecional (cada lado autentica o outro Chap) ou unidirecional (um lado, normalmente o lado que recebeu a chamada, autentica o outro PAP).
- A autenticação PPP é ativada com o comando de interface `ppp authentication`. O PAP e o Chap podem ser usados para autenticar a conexão remota. O Chap é considerado um protocolo de autenticação superior porque ele usa um *handshake* triplo para evitar enviar a senha em texto claro pelo link do PPP.

Seguem os três usos de mercado do protocolo rede digital de serviços integrados:

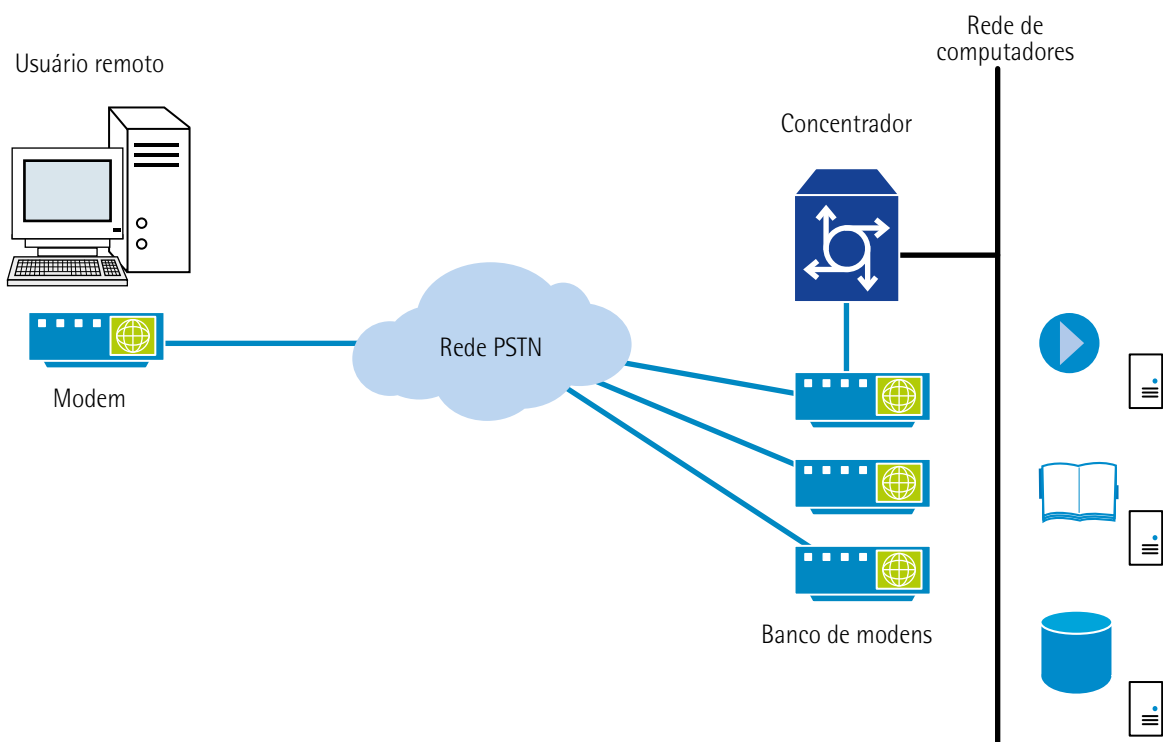


Figura 54 – Topologia da aplicação de uma rede ISDN

A rede digital de serviços integrados possui diversas utilidades dentro de uma rede, a exemplo de:

- acesso remoto;
- nós remotos;
- conectividade *small office/home office* (SOHO).

A proposta do acesso remoto estabelece a conexão de usuários localizados em pontos remotos através de algum tipo de conexão padrão *dial-up*. O ponto remoto pode ser um pequeno escritório em quarto de hotel ou, até mesmo, a residência de um funcionário. A conexão *dial-up* pode ser feita através de uma conexão padrão analógica, utilizando o serviço de rede de telefonia básica através das redes digitais de serviços integrados RDSI. O ponto negativo de conectividade é justamente a velocidade, porém o custo pela distância e a disponibilidade compensam essa deficiência.

Se observarmos a maioria dos projetos de rede, o acesso remoto geralmente representa o ponto mais fraco de conectividade dentro de uma empresa, e qualquer grau de sofisticação e aperfeiçoamento na velocidade da conexão será bem-vindo. Os custos de acesso remoto tendem a ser relativamente baixos, especialmente para o serviço telefonia usado como base de operações. A tarifação do serviço de redes digitais e serviços integrados RDSI pode variar de acordo com as especificidades geográficas, pela disponibilidade dos serviços e pelo método de cobrança da operadora, associados às limitações de

distância, ou ainda por estar fora da área geográfica da abrangência em relação aos serviços *dial-up*, especialmente aqueles relacionados à rede digital de serviços integrados (RDSI).

Os nós remotos do protocolo ISDN:

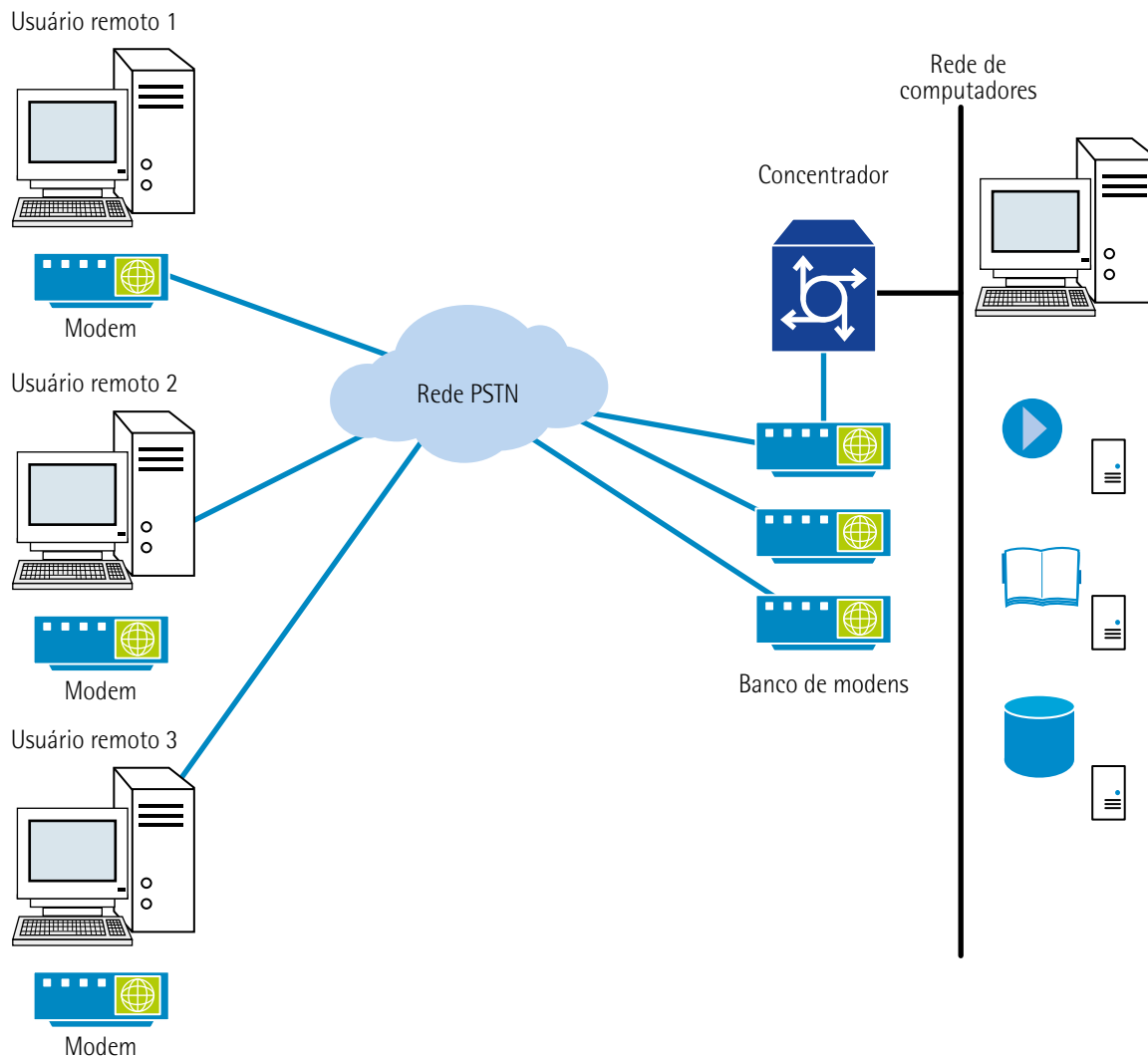


Figura 55 – Múltiplos usuários remotos sob uma rede ISDN

Temos como exemplos os métodos dos nós remotos, em que os usuários se conectam à LAN local no ponto central através da PSTN (*public switched telephone network*) durante a chamada. Além de ter uma conexão lenta, o usuário vê o mesmo ambiente que o usuário local. A conexão à LAN é normalmente feita através de um servidor de acesso. Esse dispositivo geralmente combina as funções de um *modem* e as de um roteador. Quando o usuário remoto efetua *login*, ele pode acessar servidores na LAN local como se eles fossem locais.

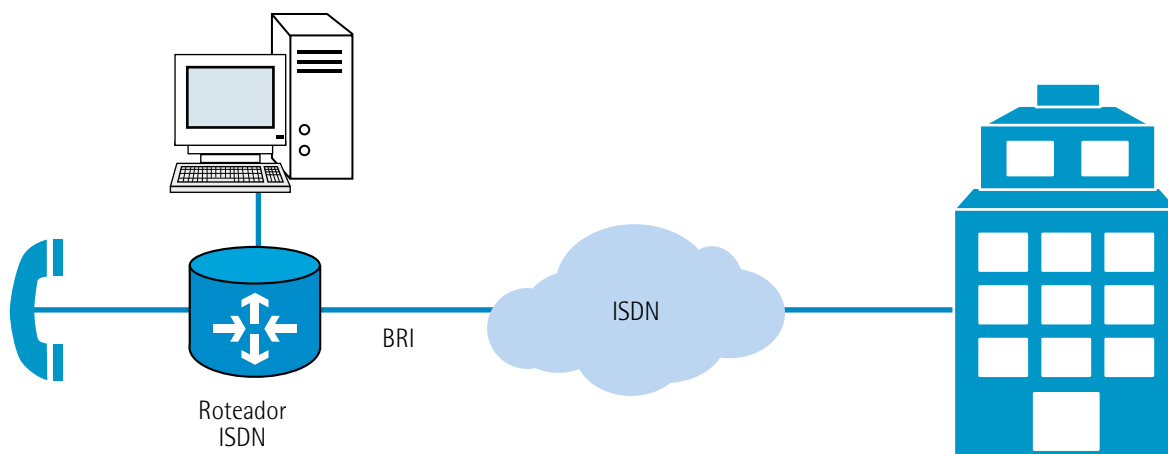


Figura 56 – Cenário de conectividade ISDN com rede remota

Esse método oferece muitas vantagens. Além de ser mais seguro, flexível e escalonável, apenas um PC é necessário para o usuário remoto e muitas soluções de *software* cliente estão disponíveis. O único *hardware* adicional necessário no local remoto é um *modem*. A principal desvantagem desse método é a sobrecarga administrativa adicional necessária para suportar o usuário remoto.

O usuário móvel em tempo integral é aquele que normalmente trabalha fora de casa. Esse usuário é, geralmente, um usuário avançado que precisa de acesso às redes da empresa durante muito tempo. Essa conexão deve ser confiável e deve estar sempre disponível. Tal requisito geralmente apontaria para a RDSI como o método de conexão. Com essa solução, a conexão da RDSI pode ser usada para atender a qualquer demanda de telefone, assim como para conectar a estação de trabalho.

5.2 A conectividade Soho (*small office or home office*) e o RDSI

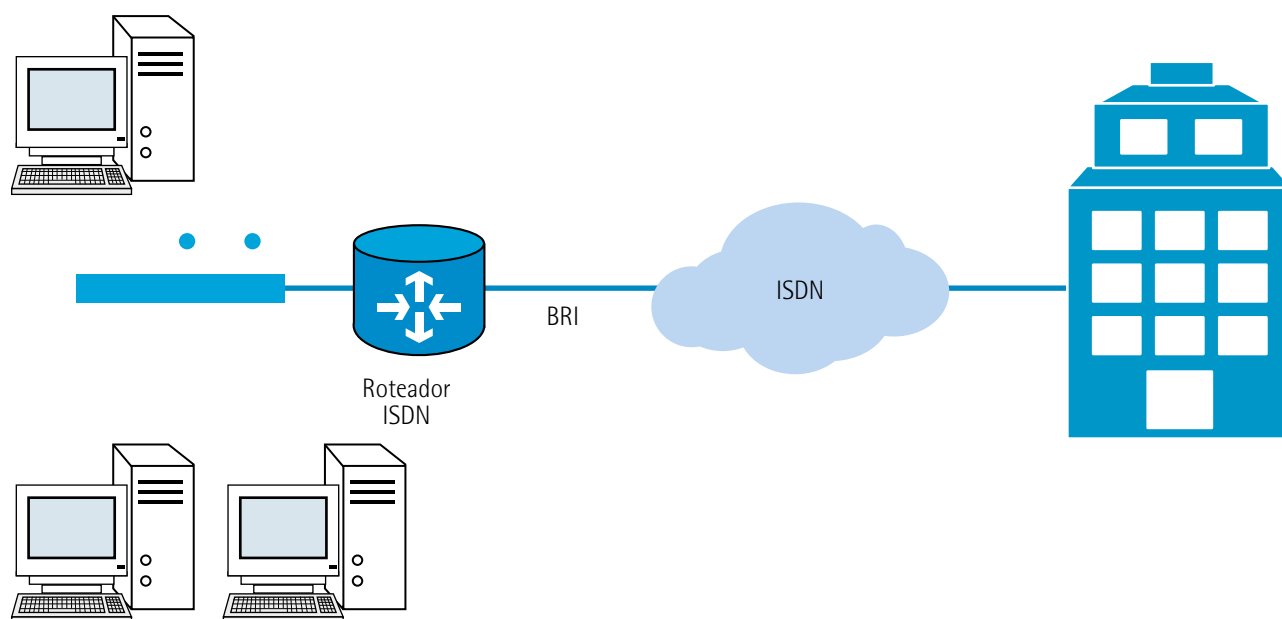


Figura 57 – Exemplo de conectividade Soho/ISDN

O Soho (*small office or home office*) se apresenta no caso de usuários que exigem uma conexão que forneça conectividade mais rápida e confiável comparada a uma conexão *dial-up* analógica. Todos os usuários no local remoto têm acesso igual aos serviços localizados no escritório corporativo através de um roteador para redes digitais de serviços integrados RDSI. Isso oferece aos locais do Soho casuais ou de tempo integral a capacidade de se conectar ao ponto corporativo ou à internet em velocidades muito mais rápidas do que as que estão disponíveis nas linhas telefônicas e nos *modems*.

A maioria dos projetos de Soho geralmente envolve apenas uma *dial-up* (conexões iniciadas pelo Soho) e pode tirar proveito da nova tecnologia de conversão de endereços para simplificar o projeto e o suporte. Usando esses recursos, o ponto do Soho pode suportar vários dispositivos, mas é exibido como um único endereço IP.

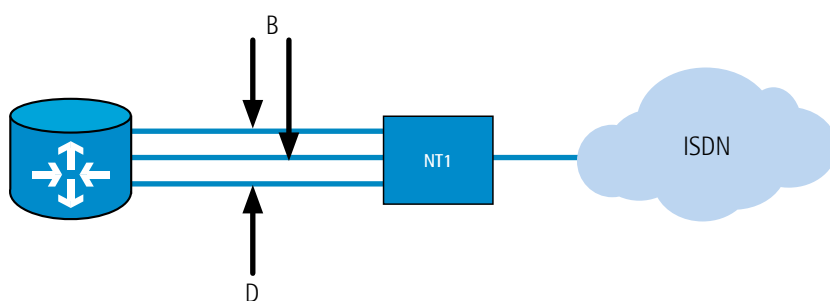


Figura 58 – Atribuição dos serviços BRI e PRI

Há dois serviços das redes digitais de serviços integrados RDSI: a BRI e a PRI. O serviço da BRI, redes digitais de serviços integrados (RDSI), oferece dois canais B de 8 *bits* e um canal D de 2 *bits*, frequentemente chamados de 2B + D. A BRI RDSI (redes digitais de serviços integrados) distribui um total de largura de banda de uma linha de 144 Kbps em três canais separados – 8000 quadros por segundo * (2 * canais B de 8 *bits* + 1 canal D de 2 *bits*) = 8000 * 16,25 = 144 Kbps. O serviço do canal B BRI opera em 64 Kbps (8000 quadros por segundo * 1 canal B de 8 *bits*) e tem a função de transportar dados do usuário e tráfego de voz.

As redes digitais de serviços integrados (RDSI) fornecem boas características de flexibilidade ao projetista de rede devido a sua capacidade de usar cada um dos canais B para aplicativos de dados e/ou voz separados. Por exemplo, um canal B ISDN de 64 Kbps pode fazer o *download* de um documento longo a partir da rede corporativa enquanto o outro canal B estiver sendo usado para navegar em uma página da *web*.

O terceiro canal, o canal D, é um canal de sinalização de 16 Kbps (8000 quadros por segundo * canal D de 2 *bits*) usado para transportar instruções que informam à rede telefônica como identificar cada um dos canais B. O serviço do canal D BRI opera em 16 Kbps e tem a função de transportar as informações de sinalização e controle, embora ele possa suportar a transmissão de dados do usuário em determinadas circunstâncias. O protocolo de sinalização do canal D ocorre nas camadas de 1 a 3 do modelo de referência OSI.

Os terminais não podem transmitir no canal D, a menos que detectem primeiro um número específico de 1s (indicando nenhum sinal) correspondente a uma prioridade preestabelecida. Se o TE detectar um *bit* no canal de eco (E) que seja diferente dos *bits* D, ele deverá interromper imediatamente a transmissão. Essa técnica simples assegura que apenas um terminal possa transmitir sua mensagem D de cada vez. Essa técnica é similar e tem o mesmo efeito que a detecção de colisão nas LANs ethernet. Depois do êxito da transmissão da mensagem D, o terminal tem sua prioridade reduzida pela solicitação para que detecte mais 1s contínuo antes da transmissão. Os terminais não podem aumentar a prioridade até que todos os outros dispositivos na mesma linha tenham a oportunidade de enviar uma mensagem D. As conexões telefônicas têm prioridade superior a todos os outros serviços e as informações de sinalização têm uma prioridade superior às informações de não sinalização.

O serviço PRI redes digitais de serviços integrados (RDSI) oferece 23 canais de 8 *bits* e 1 canal D de 8 *bits*, mais 1 *bit* de enquadramento na América do Norte e no Japão, concedendo um total de taxa de *bits* de 1,544 Mbps (8000 quadros por segundo * (23 canais B de 8 *bits* + 1 canal D de 8 *bits* + 1 enquadramento de *bits*) = 8000 * 24,125 = 1,544 Mbps) (o canal D PRI executa em 64 Kbps). A PRI redes digitais de serviços integrados (RDSI) na Europa, na Austrália e em outras partes do mundo fornece 30 canais B de 8 *bits*, mais um canal D de 8 *bits*, mais um canal de enquadramento de 8 *bits*, para uma taxa total de interface de 2,048 Mbps (8000 quadros por segundo * (30 * canais B de 8 *bits* + canal D de 8 *bits* + canal de enquadramento de 8 *bits* = 8000 * 32 = 2,048 Mbps).

Ao utilizar canais de dados digitais T1/E1 e nos quadros de taxas de dados superiores, os canais B são encadeados como vagões em um trem de carga. Como vagões em um pátio de manobras, os canais B são reorganizados e movidos para outros quadros à medida que atravessam a *public switched telephone network* (PTSN) até alcançarem o destino. Esse caminho através da matriz do *switch* estabelece um *link* síncrono entre dois nós de extremidade. Isso permite comunicações de voz contínuas sem interrupções, dados descartados ou degradação. As redes digitais de serviços integrados (RDSI) usam a estrutura de transmissão digital para a transferência de dados digitais.

5.3 O estabelecimento da conectividade BRI

A engenharia de tráfego pode exigir vários serviços BRI ou várias PRIs em alguns lugares. Depois de conectado à estrutura da ISDN através das interfaces BRI ou PRI, o projeto de serviços ponto a ponto de RDSI (redes digitais de serviços integrados) deve ser implementado.

O *loop* local da BRI é encerrado no local do cliente em um NT1. A interface do *loop* local no NT1 é chamada de ponto de referência U. Ao lado do local do cliente do NT1 está o ponto de referência S/T.

Dois tipos comuns de CPE ISDN estão disponíveis para os serviços BRI: roteadores LAN e TAs PC. Alguns dispositivos BRI oferecem NT1s e TAs integrados para os telefones analógicos.

Os roteadores LAN para as RDSI fornecem roteamento entre a BRI RDSI e a LAN usando o DDR (*dial-on-demand routing*). O DDR estabelece e libera automaticamente as chamadas comutadas por circuito, fornecendo conectividade transparente para os locais remotos com base no tráfego de rede. O DDR também controla o estabelecimento e a liberação de canais B secundários com base nos limiares

de carga. As conexões de ponto a ponto de vários *links* são usadas para fornecer agregação de largura de banda ao se usar vários canais B. Alguns aplicativos RDSI podem exigir que o usuário do Soho tenha controle direto sobre as chamadas RDSI.

Os TAs PC se conectam às estações de trabalho PC através do barramento do PC ou de forma externa através das portas de comunicações (como a RS-232) e podem ser usados de forma similar aos *modems* externos e internos analógicos (como o protocolo V.34). Eles podem fornecer um único usuário do PC com controle direto sobre a iniciação e liberação da sessão RDSI, similar ao uso de um *modem* analógico. A maioria dos mecanismos automatizados deve ser fornecida para suportar a adição e a remoção do canal B secundário. As placas PC da série Cisco 200 podem fornecer serviços para as redes digitais de serviços integrados (RDSI) para um PC.

Devemos especificar os parâmetros globais e de interface para preparar o roteador para a operação em um ambiente das redes digitais de serviços integrados (RDSI).

As tarefas do parâmetro global incluem:

- Selecionar o *switch* que corresponde ao *switch* do provedor da ISDN em um escritório central. Esse requisito é necessário porque, apesar dos padrões, os aspectos particulares da sinalização diferem regional e nacionalmente.
- Definir os detalhes do destino. Isso envolve indicar rotas estáticas do roteador para outros destinos da ISDN e estabelecer os critérios para os pacotes de interesse no roteador que fazem uma chamada ISDN para o destino apropriado.

As tarefas do parâmetro da interface incluem:

- Selecionar as especificações da interface. Especifique o tipo de interface BRI e o número dessa porta BRI RDSI. A interface usa um endereço IP e a máscara de sub-rede.
- Configurar o endereçamento RDSI com as informações do discador de DDR e qualquer ID fornecida pelo provedor de serviços das RDSI. Indique que a interface faz parte do grupo de discadores, usando os pacotes de interesse definidos globalmente. Comandos adicionais fazem a chamada de RDSI para o destino apropriado.
- Depois da configuração da interface, você poderá definir recursos opcionais, incluindo o tempo que a portadora das RDSI espera para responder à chamada e os segundos de tempo ocioso antes do roteador atingir o *timeout* e descartar a chamada.
- A seguir, a configuração da BRI envolve a configuração das RDSI, o tipo de *switch* e os SPIDs RDSI.

A seguir, veremos os comandos IOS Cisco para a interface BRI redes digitais de serviços integrados RDSI:

Para configurar a BRI e entrar no modo de configuração da interface, use o comando `interface BRI` no modo de configuração global. A sintaxe completa do comando é:

```
interface bri número
```

O argumento `número` descreve o número da placa, da porta, do conector ou da interface. Os números são atribuídos na indústria no momento da instalação ou quando adicionados a um sistema e podem ser exibidos usando-se o comando `show interfaces`.

5.4 A interação dos comandos IOS para *switches* ISDN

Antes de usar a BRI RDSI, você deve definir o comando global `ISDN switch-type` para especificar o *switch* do escritório central ao qual o roteador se conecta. O comando de saída do Cisco IOS ajuda a ilustrar os tipos de *switch* BRI suportados (na América do Norte, os tipos mais comuns são 5ESS, DMS100 e NI-1). Para configurar um *switch* do escritório central na interface ISDN, use o comando `isdn switch-type` no modo de comando da configuração global. A sintaxe completa do comando é:

```
isdn switch-type tipo-de-switch
```

O argumento `tipo-de-switch` indica o tipo de *switch* do provedor de serviços. O padrão do `tipo-de-switch` é `none`, o que desativa o *switch* na interface redes digitais de serviços integrados RDSI. Para desativar o *switch* na interface RDSI, especifique `isdn switch-type none`.

O exemplo a seguir configura o tipo de *switch* 5ESS da AT&T:

```
isdn switch-type basic-5ess
```

5.5 A interação dos comandos IOS para SPIDs do ISDN

Os SPIDs permitem que vários dispositivos ISDN, como os dispositivos de dados e voz, compartilhem o *loop* local. Em muitos casos, como quando se configura o roteador para se conectar a um DMS-100, você precisa fornecer os SPIDs.

Lembre-se que a ISDN é normalmente usada para a conectividade *dial-up*. Os SPIDs são processados durante cada operação de configuração da chamada. Use o comando `isdn spid2` no modo de configuração de interface para definir no roteador o número SPID que foi atribuído pelo provedor de serviços da ISDN para o canal B2. A sintaxe completa do comando é `isdn spid2 número-spid [ldn]`. O comando LDN opcional é para o número do diretório de discagem local. O número deve corresponder às informações recebidas do *switch* ISDN a fim de usar ambos os canais B na maioria dos *switches*.

Use o comando no isdn spid2 para desativar o SPID especificado, evitando, assim, o acesso ao *switch*. Se você incluir o LDN (*local directory number* ou número do diretório local) na forma no desse comando, o acesso ao *switch* será permitido, mas o outro canal B pode não ser capaz de receber as chamadas que chegam. A sintaxe completa do comando é:

no isdn spid2 número-spid [ldn]

O argumento número-spid indica o número que identifica o serviço que você assinou. Esse valor é atribuído pelo provedor de serviços das redes digitais de serviços integrados (RDSI) e é normalmente um número de telefone de 10 dígitos com alguns dígitos extras. Por padrão, nenhum número SPID é definido.



Lembrete

O serviço PRI oferecido na América do Norte é entregue em uma ou mais portadoras T1 (muitas vezes, referida como 23b + D) de 1544 kbit/s (24 canais). A PRI possui 23 canais B e 1 canal d para sinalização (o Japão usa um circuito chamado J1, que é semelhante a um T1). Intermutável, mas incorretamente, um PRI é conhecido como T1 porque ele usa o formato portador T1. Um verdadeiro T1 (comumente chamado de "analógico T1" para evitar confusão) usa 24 canais de 64 kbit/s de sinalização em banda.

5.6 A tecnologia das redes WiMAX

5.6.1 WiMAX IEEE 802.16

O WiMAX é uma tecnologia de acesso sem fio de micro-ondas que é capaz de fornecer tecnologia 4G incluindo níveis de acesso sem fio de banda larga para aplicações móveis e fixas.

Essa tecnologia de comunicação de banda larga sem fio de dados é baseada no padrão IEE 802.16, fornecendo dados de alta velocidade para grandes metrópoles.

A tecnologia WiMAX é capaz de atender às necessidades de uma grande variedade de usuários, incluindo aqueles em nações desenvolvidas que querem instalar uma nova rede de dados de alta velocidade com baixo custo, sem os recursos e tempo necessário para instalar uma rede cabeada, e para aqueles em áreas rurais, que necessitam de acesso rápido, onde soluções com fio podem não ser viáveis por causa das distâncias e dos custos. Além disso, ela está sendo usada para aplicações móveis, fornecendo dados de alta velocidade para os usuários móveis.

O WiMAX é um padrão para redes metropolitanas sem fio que foi desenvolvido pelo grupo de trabalho número 16 do IEEE 802, especializado em tecnologias ponto a multiponto e acesso sem fio de banda larga. Inicialmente, 802.16a foi desenvolvido e lançado, porém tem recebido aprimoramentos. O 802.16d ou 802.16-2004 foi lançado como uma versão refinada do 802.16, um padrão destinado a

aplicações fixas. Outra versão do padrão, 802.16e ou 802.16-2005, também foi lançada e destinada aos mercados de tecnologia móvel.

A tecnologia WiMAX usa algumas tecnologias-chave para permitir que ele forneça as taxas de dados de alta velocidade. Um exemplo é o OFDM (multiplexador por divisão de frequência ortogonal), que foi incorporado à tecnologia WiMAX para permitir que ele forneça dados de alta velocidade sem a perda de frequência seletiva e outras questões relacionadas ao formato do sinal.

O multiplexador por divisão de frequência ortogonal (OFDM) é uma forma de transmissão que usa um grande número de portadoras com espaçamento próximo, que são moduladas com dados de bandas baixas. Normalmente, esses sinais poderiam interferir, mas aplicando os sinais ortogonais uns aos outros, não há interferência mútua. Os dados a serem transmitidos são divididos em todas as portadoras para atingir a resiliência contra a perda seletiva do sinal e dos efeitos da multiplicidade de caminhos.

O WiMAX usa a tecnologia de propagação múltiplos caminhos, usando, sobretudo, a tecnologia MIMO. Ao utilizar os múltiplos caminhos de sinal existentes, o uso do MIMO permite a operação com níveis de intensidade de sinal mais baixos, ou melhor, permite taxas de dados mais elevadas.

As duas limitações principais nos canais de comunicação podem ser interferência de vários caminhos, e as limitações de largura de banda de dados podem ser resultado da Lei de Shannon. O MIMO fornece uma maneira de utilizar os caminhos de sinal múltiplo que existem entre um transmissor e um receptor para melhorar significativamente a taxa de transferência de dados disponível em um determinado canal com a sua largura de banda definida. Usando várias antenas no transmissor e receptor, juntamente com algum processamento de sinal digital complexo, a tecnologia MIMO permite ao sistema configurar vários fluxos de dados no mesmo canal, aumentando assim a capacidade de dados dele.

5.6.2 O Fórum WiMAX

Um dos objetivos do fórum é possibilitar a adoção de uma norma que permita a plena interoperabilidade entre os produtos. Aprendendo com os problemas da má interoperabilidade experimentada com padrões sem fio anteriores e com o impacto causado, o Fórum WiMAX pretende evitar que isso aconteça. Em última análise, os vendedores serão capazes de ter produtos certificados pelos membros do fórum e, em seguida, possibilitar o anúncio de seus produtos com o selo Forum Certified.

Embora a tecnologia WiMAX venha apoiar o tráfego baseado em tecnologias de transporte que vão desde ethernet, IP (*internet protocol*) e ATM (modo de transferência assíncrona), o fórum só irá certificar os elementos relacionados com IP, dos produtos 802.16. O foco está nas operações IP porque este é o principal protocolo de rede usado no mundo.

5.6.3 As versões WiMAX

O WiMAX possui várias versões desde a sua concepção inicial. As novas aplicações para WiMAX foram desenvolvidas e, como resultado, existem duas versões da tecnologia WiMAX que estão disponíveis: a 802.16d (802.16-2004) e a 802.16e (802.16-2005). As duas versões da tecnologia WiMAX são usadas

para diferentes aplicações e, embora sejam baseadas no mesmo padrão, a implementação de cada uma foi otimizada para atender à sua aplicação específica.

O protocolo 802.16d-DSL, em substituição à versão 802.16d, é, muitas vezes, referenciado como 802.16-2004 e é o mais perto do que pode ser denominado como a versão original do WiMAX definida por 802.16a. Destina-se a aplicativos fixos e fornece o equivalente sem fio de dados de banda larga DSL. Ela consiste em uma tecnologia baseada em padrões que permite a entrega de última milha de acesso sem fio de banda larga como uma alternativa ao cabo e DSL.

O protocolo 802.16d é capaz de fornecer taxas de dados de até 75 Mbps e, como resultado, é ideal para aplicações fixas em substituição ao DSL. Ele também pode ser usado para *backup* cujos dados finais podem ser distribuídos para mais usuários individuais. Os raios das células são tipicamente de até 75 km.

O protocolo 802.16e-Nomad/Mobile existe enquanto 802.16/WiMAX e foi originalmente previsto como uma tecnologia apenas fixa. Porém, com a necessidade de usuários móveis exigindo dados de alta velocidade a um custo inferior ao oferecido por serviços celulares, uma oportunidade para uma versão móvel foi revista e, então, a 802.16e foi desenvolvida. Esse padrão também é amplamente conhecido como 802.16-2005. Ele, atualmente, fornece a capacidade para os usuários se conectarem a uma célula WiMAX a partir de uma variedade de locais.

O protocolo 802.16e é capaz de fornecer taxas de dados até 15 Mbps. As distâncias do raio celular são tipicamente entre 2 e 4 km.

5.6.4 Tecnologia concorrente

A concorrência com WiMAX 802.16 depende do tipo ou da versão que está sendo usada. Embora, inicialmente, se pensasse que poderia haver uma concorrência significativa com Wi-Fi, existem outras áreas em que o WiMAX está se apresentando como uma ameaça. Por exemplo, o WiMAX é capaz de fornecer *links* de dados de alta velocidade para os usuários e, dessa forma, pode representar uma ameaça para os operadores de cabo DSL. Operadoras de telefonia celular também observam a versão móvel do WiMAX como uma ameaça significativa, pois ele está oferecendo velocidades de *download* de dados superiores àquelas que podem ser oferecidas por elas, até mesmo usando o celular UMTS HSPA (alta velocidade *packet access*). No entanto, o LTE ganhou aceitação como o sistema global de telecomunicações celulares.

5.6.5 Histórico da tecnologia

O desenvolvimento do WiMAX começou na década de 1990, com a realização de estudos que indicavam um aumento significativo no tráfego de dados sobre as redes de telecomunicações. Com as redes de telecomunicações com fio sendo muito onerosas, especialmente em áreas periféricas e não implementadas em muitos países, os métodos sem fio foram avaliados.

A história do WiMAX começou com essas investigações, denominadas conectividade da última milha, que são métodos de entregar dados de alta velocidade a um grande número de usuários que podem não ter nenhuma conexão fixa.

A possibilidade de baixo custo associado à conectividade da última milha, juntamente com a probabilidade de se ter um sistema que poderia lidar com *backups* através de um *link* sem fio, provou ser um argumento convincente para desenvolver um novo sistema de ligação de dados sem fio.

O IEEE Standard desenvolveu a próxima fase principal na história de WiMAX: os padrões pelo IEEE.

O padrão 802.16 organizou grupo de trabalho e foi criado em 1999 pelo IEEE 802 LAN/Man Standards Committee. O primeiro padrão 802.16 foi aprovado em dezembro de 2001 e foi seguido por duas emendas ao padrão básico 802.16. Essas alterações abordaram as questões do espectro de radiofrequências e da interoperabilidade. Na sequência vieram as denominações 802.16a e 802.16c.

Em setembro de 2003, foi iniciado um grande projeto de revisão cujo objetivo era alinhar o novo padrão com o padrão europeu (ETSI HiperMAN) e incorporar especificações de teste de conformidade dentro do padrão geral. O projeto foi concluído em 2004 e o padrão foi lançado como 802.16d, embora seja, muitas vezes, referido como 802.16-2004, em vista da data de lançamento. Com o lançamento do padrão 802.16-2004, os documentos anteriores do 802.16, incluindo as emendas A, B e C, foram retirados.

5.6.6 Visão geral da tecnologia

Embora as normas para as camadas físicas e Mac sejam definidas no 802.16, a tecnologia foi nomeada WiMAX (interoperabilidade mundial do acesso à micro-ondas), e as questões, incluindo interoperabilidade, certificação e promoção do sistema, são geridas pelo Fórum WiMAX.

5.6.7 O relacionamento com o Fórum WiMAX

O Fórum WiMAX foi formado em junho de 2001. O seu objetivo é promover e certificar a compatibilidade e a interoperabilidade dos produtos sem fios de banda larga. Em particular, o seu foco está no padrão IEEE 802.16, que foi alinhado com o padrão ETSI HiperMAN europeu. Com esse papel, o Fórum WiMAX funciona com o grupo de trabalho IEEE 802.16.

O padrão 802.16 controla as normas e alterações. Embora o padrão 802.16 original, juntamente com as alterações a, b, e c tenham sido retirados do mercado, há ainda muitos documentos que estão sendo usados para a definição e evolução do padrão 802.16. Um resumo dos principais documentos, incluindo aqueles que foram retirados, é referenciado: o padrão básico 802.16, que foi lançado em 2001, serviu para ligações de dados básicas elevadas em frequências entre 11 e 60 GHz. Porém, o padrão 802.16 original agora foi retirado. Essa emenda abordou certas questões de espectro e permitiu que o padrão fosse usado em frequências abaixo do mínimo de 11 GHz do padrão original.

O padrão 802.16b, agora retirado, aumentou o espectro que foi especificado para incluir frequências entre 5 e 6 GHz, fornecendo também para a qualidade dos aspectos do serviço.

O padrão 802.16c, agora retirado, aborda a emenda do 802.16 e forneceu um perfil de sistema para operar entre 10 e 66 GHz, além de oferecer mais detalhes para operações dentro deste intervalo. O objetivo era permitir um maior nível de interoperabilidade.

O padrão 802.16d é também conhecido como 802.16-2004, tendo em conta o fato de ter sido lançado em 2004. Foi uma grande revisão do padrão 802.16: após a sua libertação, todos os documentos anteriores foram retirados. O padrão/emenda forneceu uma série de correções e melhorias para 802.16, incluindo o uso de 256 OFDM. Os perfis para testes de conformidade também são fornecidos e o padrão foi alinhado com o padrão ETSI HiperMAN europeu para permitir a implantação global. Até então, o padrão era apenas endereçado à operação de conexões fixas.

Já o padrão 802.16e (802.16-2005) normatizado, também conhecido como 802.16-2005, tendo em conta a sua data de lançamento, com taxas de dados mais baixas de 15 Mbps de encontro a 70 Mbps do padrão 802.16d, permitiu o uso de tecnologia móvel.

O padrão 802.16f opera com base na gestão das informações vindas do protocolo 802.16g, que aborda procedimentos do plano de gestão e serviços, o protocolo 802.16h, que abrange a melhoria da coexistência dos mecanismos de licença operação isenta, o protocolo 802.16j, que especifica os modos multissalto, e a especificação 802.16k, que opera as pontes de interface sem fio. Essa emenda está direcionada ao futuro: prevê-se o fornecimento de taxas de dados de 100 Mbps para aplicações móveis e 1 Gbps para aplicações fixas. Ela vai permitir a cobertura celular, macro e micro, observando que atualmente não há restrições sobre a largura de banda RF, embora sejam esperadas frequências de 20 MHz ou mais.

Em resumo, as normas IEEE 802.16, tendo em conta o fato de que é importante que os padrões como 802.16 tenham melhorias continuamente, emitirão as novas alterações e novos documentos como um novo desenvolvimento. Só tendo em conta a forma como a tecnologia está se movendo e os novos requisitos para 802.16 pode-se atender o ritmo das necessidades dos usuários. Um bom exemplo de um padrão que evoluiu é ethernet. Essa norma manteve-se em uso por muitos anos e vai fazê-lo por muitos anos mais, o que foi conseguido, simplesmente, atualizando o padrão para manter o ritmo das necessidades dos usuários. Dessa forma, tem sido o principal padrão de rede por mais de 30 anos, o que também pode ocorrer para o padrão IEEE 802.16.

5.6.8 Camada física e modulação

O padrão WiMAX 802.16-2004 descreve quatro tipos diferentes de radiofrequência ou interfaces Wi-Fi, dependendo do aplicativo previsto. Destes, o que se destina a aplicações não visadas até 30 km e para frequências abaixo de 11 GHz é o mais amplamente implementado no momento, sendo resultado da interface de Wi-Fi WiMAX.

As noções básicas da interface Wi-Fi WiMAX mostram que o sinal de WiMAX RF usa o OFDM (multiplexação por divisão de frequência ortogonal), cujas técnicas e sinal incorporam múltiplos de 128 portadoras em uma largura de banda de sinal total que pode variar de 1,25 a 20 MHz.

A divisão de frequência Multiplex (OFDM) é uma forma de transmissão que usa um grande número de portadores com espaçadores próximos que são modulados com dados de baixa taxa. Normalmente, para esses sinais seria esperada a interferência de uns com os outros, mas, fazendo os sinais ortogonais de uns para os outros não há interferência mútua. Os dados a serem transmitidos são divididos em todas as portadoras para dar resiliência contra a atenuação seletiva dos efeitos promovidos por vários caminhos.

A largura de banda de sinal WiMAX pode ser definida como uma base entre 1,25 e 20 MHz. Para manter a ortogonalidade entre as portadoras individuais, o período do enlace deve ser recíproco ao espaçamento do portador. Como resultado, a largura estreita da banda WiMAX desses sistemas tem um período de enlace mais longo. A vantagem de um período de enlace mais longo é que isso ajuda a superar problemas como a interferência de vários caminhos.

As versões Mimo para WiMAX mais avançadas, incluindo 802.16e, utilizam Mimo e, como resultado, suportam várias antenas. O uso dessas técnicas fornece benefícios potenciais em termos de cobertura: auto-instalação, consumo de energia, frequência de reutilização e eficiência de largura de banda.

Duas limitações principais do Mimo, nos canais de comunicação, podem ser: a interferência de vários caminhos e as limitações de largura de banda de dados como resultado da Lei de Shannon. O Mimo fornece uma maneira de utilizar os caminhos de sinal múltiplo que existem entre transmissor e receptor para melhorar significativamente a taxa de transferência de dados disponíveis em um determinado canal com a sua largura de banda definida.

Usando várias antenas no transmissor e receptor, juntamente com algum processamento de sinal digital complexo, a tecnologia Mimo permite que o sistema possa configurar vários fluxos de dados no mesmo canal, aumentando assim a capacidade de dados de um canal.

A modulação adaptativa e a codificação do WiMAX são adaptáveis, o que lhe permite variar esses parâmetros de acordo com as condições prevaletentes. A modulação e a codificação WiMAX pode ser alterada em uma explosão por rajada base por *link*. Para determinar o esquema de codificação e modulação WiMAX, é exigido o indicador de *feedback* de qualidade do canal usado. O portador móvel pode fornecer à estação um gabarito da qualidade do canal e da ligação descendente; para o *uplink*, a estação pode estimar a qualidade do canal, baseada na qualidade recebida do sinal.

Um resumo das diferentes tecnologias de modulação de acesso/modulação e as taxas de amostragem são dadas na tabela a seguir:

Tabela 11 – Diferentes tecnologias de modulação WiMAX

Parâmetro	Downlink	Uplink
Modulação	BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM; BPSK opcional para OFDMA-PHY	BPSK, QPSK, 16 QAM; 64 QAM (opcional)
Codificação	Mandatório: códigos de convolução na taxa 1/2, 2/3, 3/4, 5/6	Mandatório: códigos de convolução na taxa 1/2, 2/3, 3/4, 5/6
	Opcional: códigos de convolução turbo na taxa 1/2, 2/3, 3/4, 5/6; repetição dos códigos na taxa 1/2, 1/3, 1/6, LDPC, RS-códigos para OFDM-PHY	Opcional: códigos de convolução turbo na taxa 1/2, 2/3, 3/4, 5/6; repetição dos códigos na taxa 1/2, 1/3, 1/6, LDPC

5.6.9 Taxas de dados de camada física

No WiMAX, um dos principais fatores de desempenho de qualquer sistema sem fio são as taxas de dados que podem ser alcançadas. Como WiMAX é particularmente flexível em termos de largura de banda de canal, de modulação e também do esquema de codificação, estes podem variar significativamente as taxas de dados que podem ser alcançados.

A tabela a seguir dá um resumo das taxas de dados físicas, posteriores aos que podem ser obtidos usando diferentes taxas de modulação WiMAX, codificação e largura de banda de canal.

Tabela 12 – Resumo das taxas de dados físicas

Canal B/W	Taxa de dados na camada física (KBPS)							
	1.25		3.5		5		10	
Modulação & taxa código	Downlink	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink	Uplink
BPSK	--	--	946	326	--	--	--	--
01/fev								
QPSK	504	154	1882	653	2520	653	5040	1344
01/fev								
QPSK	756	230	2822	979	3870	979	7560	2016
03/abr								
16QAM	1008	307	3763	1306	5040	1306	10080	2688
01/fev								
16QAM	1512	461	5645	1958	7560	1958	15120	4032
03/abr								
64QAM	1512	461	5645	1958	7560	1958	15120	4032
01/fev								
64QAM	2016	614	7526	2611	10080	2611	20160	5376
02/mar								
64QAM	2268	691	8467	2938	11340	2938	22680	6048
03/abr								
64QAM	2520	768	9408	3264	12600	3264	25200	6720
05/jun								

5.6.10 O TDD e o FDD

Na mecânica de multiplexação a ser implantada como TDD (*time division duplex*), FDD (*frequency division duplex*) e *half duplex* FDD, o arranjo mais comum é o modo TDD. Sua aplicação permite uma maior eficiência no uso do espectro do que o modo FDD.

Usando o modo TDD, a estação base de WiMAX e os usuários finais transmitem na mesma frequência, mas para permitir que eles não interfiram entre si, suas transmissões são separadas no tempo. A fim de conseguir

isso, a estação base transmite primeiro um subquadro, seguido por uma pequena lacuna que é chamada *gap* de transmissão/recebimento na transição (tTG). Após essa lacuna, os usuários ou estações remotas são capazes de transmitir seus canais. O sincronismo desses canais do *uplink* precisam de ser controlados e sincronizados com precisão, de modo que não se sobreponham a qualquer distância da estação base. Uma vez que todos os canais do *uplink* foram transmitidos, outra abertura curta, conhecida como a abertura da transição da recepção/transmissão (RTG), é deixada antes que a base transmita outra vez.

Existem ligeiras diferenças entre os canais WiMAX transmitidos no *uplink* e na ligação. O subquadro descendente começa com um preâmbulo, após o qual um cabeçalho é transmitido, e isso é seguido por uma ou mais rajadas de dados. A modulação dentro de um subquadro pode mudar, mas permanece a mesma dentro de uma visão individual. Não é possível para que o tipo da modulação mude de um estouro ao seguinte. As primeiras explosões a serem transmitidas utilizam as formas mais resilientes de modulação, como BPSK e QPSK. Explosões posteriores podem usar as formas menos resilientes de modulação, como 16 QAM e 64 QAM, que permitem que mais dados sejam transportados.

Diferentes bandas estão disponíveis para aplicações WiMAX em diferentes partes do mundo. As frequências comumente utilizadas são 3,5 e 5,8 GHz para 802.16d e 2,3, 2,5 e 3,5 GHz para 802.16e, mas o uso depende dos países. Veja:

Tabela 13 – Distribuição de frequências no mundo

Região	Frequência Bandas (GHZ)	Comentários
Canadá	2.3 2.5 3.5 5.8	
Estados Unidos	2.3 2.5 5.8	
América Central e América do Sul	2.5 3.5 5.8	O espectro é muito fragmentado e a alocação varia de país para país.
Europa	2.5 3.5 5.8	O espectro é muito fragmentado e a alocação varia de país para país. A frequência 2.5 GHz alocada é costumeiramente alocada para IMT 2000. A frequência de 5.8 GHz não está disponível na maior parte dos países da Europa
Oriente Médio e África	2.5 5.8	O espectro é muito fragmentado.
Rússia	2.5 3.5 5.8	A frequência de 2.5 GHz alocada é costumeiramente alocada para IMT 2000.
Pacífico, Ásia	2.3	O espectro é muito fragmentado entre vários países.
(China, Índia, Austrália etc.)	2.5	
	3.3	
	3.5 5.8	

5.6.11 A camada MAC

A camada de Mac WiMAX é uma forma de avaliar a Mac usada para o sistema WiMAX.

A camada de Mac WiMAX é uma camada de protocolo de comunicação de dados de controle de acesso de mídia e também pode ser conhecida como uma camada de controle de acesso médio.

Uma camada Mac é uma subcamada da camada de vínculo de dados. Isso é definido no padrão do modelo OSI de sete camadas como camada 2. A camada Mac fornece mecanismos de controle de acesso de endereçamento e canal que possibilitam que vários terminais ou nós de rede se comuniquem dentro de uma rede de vários pontos, normalmente uma rede local (LAN) ou uma rede de área metropolitana (Man).

O Mac WiMAX foi projetado e otimizado para habilitar o ponto e as aplicações sem fio multiponto e a camada de Mac. O WiMAX fornece uma interface entre a camada física e as camadas de aplicativo mais altas dentro da pilha.

A camada de Mac WiMAX precisa atender a um número de requisitos, como direcionar para multiponto. Um dos principais requisitos para o WiMAX é que deve ser possível para uma estação base se comunicar com um número de diferentes usuários periféricos, fixos ou móveis. Para conseguir isso, o IEEE 802.16 WiMAX Mac Layer foi baseado no CSMA/CA (senso de colisão de acesso múltiplo com prevenção a colisão) para fornecer ponto de multiponto e capacidades PMP.

Ela apresenta conexão orientada, ou seja, suporta comunicação em todas as condições. A camada Mac WiMAX deve ser capaz de suportar um grande número de usuários juntamente com altas taxas de dados. Com o tráfego e os dados de pacotes orientados, deve ser capaz de suportar o tráfego contínuo e "vazante". A maioria de tráfego de dados é rajada por natureza e apresenta períodos curtos de taxas de dados elevadas, então permanece sem transmissão por um curto período de tempo.

Além disso, o Mac de WiMAX deve ser capaz de suportar os métodos que permitem um uso eficiente do espectro.

No que se refere à variedade de opções de QoS, para fornecer o suporte para diferentes formas de tráfego de dados de voz para navegar na internet, uma variedade de diferentes classes e formas de suporte de QoS é necessária. O suporte para QoS é uma parte fundamental do WiMAX Mac-Layer, que utiliza alguns dos conceitos incorporados no padrão do *modem* de cabo DOCSIS.

Quanto às múltiplas camadas físicas do WiMAX/IEEE 802.16, com variantes diferentes, a camada de Mac WiMAX deve ser capaz de fornecer suporte para os diferentes protocolos físicos. Para o WiMAX, a operação de camada Mac é primariamente uma adaptação entre a camada física e a parte superior das camadas dentro da pilha geral.

Uma das principais tarefas da camada Mac WiMAX é transferir dados entre as várias camadas. A recepção dos dados na camada Mac WiMAX leva os MPDUs para a camada física. Ele encapsula e os reorganiza em MSDUs e depois os passa para os protocolos de camada superior.

Para os diferentes formatos IEEE 802.16-2004 e IEEE 802.16 e-2005, o projeto WiMAX Mac inclui uma subcamada de convergência. Ela é usada para interagir com uma variedade de protocolos de camada superior, como ATM, ethernet, IP, voz TDM e outros protocolos futuros.

O WiMAX define um conceito de um fluxo de serviço e tem um identificador de fluxo de serviço de acompanhamento, o SFID. O fluxo de serviço é um fluxo unidirecional de pacotes com um determinado conjunto de parâmetros de QoS, e o identificador é usado para identificar o fluxo para habilitar a operação.

5.6.12 A pilha de protocolos

Na pilha de protocolos WiMAX há uma camada adicional entre o Mac WiMAX e as camadas superiores. Isso é chamado de subcamada de convergência. Para as camadas de protocolo superior, a subcamada de convergência atua como uma interface para o Mac WiMAX. Atualmente, a subcamada de convergência só oferece suporte a IP e ethernet, embora outros protocolos possam ser suportados encapsulando os dados.

A camada de Mac WiMAX prevê uma alocação flexível de capacidade para diferentes usuários.

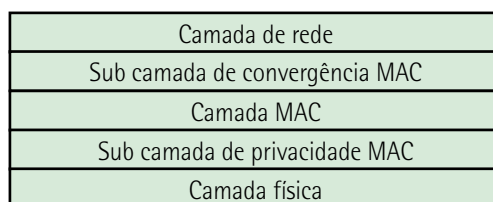


Figura 59 – Pilha de protocolos e modelo de camadas para WiMAX

É possível usar MPDUs de tamanhos variáveis e de diferentes fluxos de dados, os quais podem ser incluídos em uma rajada de dados antes de serem entregues à camada de transmissão. Além disso, vários pequenos MSDUs podem ser agregados em um maior MPDU. Inversamente, um grande MSDU pode ser fragmentado em vários pequenos, a fim de melhorar ainda mais o desempenho do sistema. Esse nível de flexibilidade proporciona melhorias significativas na eficiência global.

O WiMAX usa o identificador de conexão Mac antes que qualquer dado seja transferido através de um *link* WiMAX. O equipamento do usuário ou a estação móvel e a estação base devem criar uma conexão entre as camadas Mac WiMAX das duas estações. Para conseguir isso, um identificador de conexão conhecido como CID é gerado e atribuído a cada conexão *uplink*/descendente. O CID serve como um endereço intermediário para os pacotes de dados transmitidos através do *link* WiMAX.

Há outro identificador usado dentro da camada Mac WiMAX. Trata-se de um identificador de fluxo de serviço conhecido como SFID e atribuído ao tráfego de dados de pacotes unidirecionais pela estação base. Vale a pena notar que a estação base WiMAX Mac Layer também manipula o mapeamento dos SFIDs para CIDs para fornecer a qualidade necessária de serviço.

A camada de Mac WiMAX também incorpora um número de outros recursos, incluindo técnicas de gerenciamento de energia e recursos de segurança. Desenvolvida para fornecer a funcionalidade necessária para um sistema de ponto multiponto, essa camada também é capaz de fornecer suporte para as diferentes camadas físicas necessárias para os diferentes tipos de WiMAX que estão em uso.

5.6.13 WiMAX QoS (qualidade de serviço)

A qualidade de serviço é um elemento-chave na entrega de serviço sobre o meio físico do WiMAX. Com técnicas como o protocolo de internet que está sendo usado, atrasos ou latência e *jitter* podem ser introduzidos na área de transmissão de dados. Embora as técnicas de IP forneçam níveis de eficiência aprimorados, isso tem um preço.

Para superar os efeitos da latência e *jitter*, o conceito de qualidade de serviço é usado. Para WiMAX QoS, várias técnicas e definições estão no centro da implementação. Em um mundo ideal seria possível enviar dados através de uma rede e obter o mesmo desempenho que o alcançado por uma rede comutada de circuitos. No entanto, a natureza dos dados de pacotes significa que os mesmos canais são processados para os dados que viajam, além de indicar uma variedade de diferentes fontes e pontos de extremidade.

Dentro de uma rede de dados de pacotes, há três parâmetros principais que são fundamentais para o desempenho da rede e o QoS. São eles:

- **Latência:** a latência é uma medida de atraso de tempo experimentado em um sistema. No caso de um sistema de telecomunicações, como o WiMAX, é o tempo que se leva a partir do início do envio de dados até que se chegue ao seu destino. No WiMAX, normalmente é encontrada a máxima latência que ocorre dentro da rede IP, algo em torno de 100 ms. Em muitos casos, com a rede de acesso de rádio interface, apresenta cerca de 5 ms.
- **Jitter:** no contexto de redes de computadores e no caso o sistema de WiMAX, o *jitter* é uma medida da variabilidade ao longo do tempo da latência do pacote através de uma rede. Uma rede com latência constante não tem variação e, portanto, não tem *jitter*. No entanto, como os níveis de dados estão constantemente variando, leva uma quantidade variável de tempo para um pacote para chegar ao seu destino. O *jitter* do pacote é expresso como uma média do desvio da latência média da rede. Embora o termo *jitter* seja muitas vezes usado, ele é impreciso, além de se basear em padrões e em variação de atraso de pacotes. Por isso, PDV é mais adequado.
- **PDV:** é um importante fator qualidade de serviço na avaliação do desempenho da rede.



Lembrete

O WiMAX pode fornecer acesso à internet móvel através de cidades inteiras ou países. Em muitos casos, isso resultou em concorrência em mercados que normalmente só tinham esse acesso através de um operador de DSL (ou similar) existente.

5.6.14 Perda de pacotes

A perda de pacotes de dados durante a transmissão através de uma rede pode ocorrer por diversas razões. Normalmente ela é resultado da alta latência de rede ou da sobrecarga de *switches* ou roteadores, que são incapazes de processar ou rotear todos os dados recebidos.

Há cinco classes de QoS WiMAX que foram definidas para categorizar os diferentes tipos de qualidade de serviço, conforme o quadro a seguir:

Quadro 3 – Classe de serviços WiMAX

Classe WiMAX	Detalhes da classe
Não solicitada a conceder serviço	O serviço de concessão não solicitado UGS é usado para serviços em tempo real, como voz sobre IP e VoIP para aplicações em que o WiMAX é usado para substituir linhas fixas, como E1 e T1.
Serviços de pacotes em tempo real	Essa classe de QoS WiMAX é usada para serviços em tempo real, incluindo <i>streaming</i> de vídeo. Ela também é usada para serviços de acesso corporativo onde as taxas E1/T1 garantidas são necessárias, mas com a possibilidade de explosões mais elevadas se a capacidade de rede está disponível. Ela oferece uma taxa de <i>bits</i> variável, mas com mínimos garantidos para taxa de dados e atraso.
Serviços de pacotes em tempo real estendidos	Essa classe de QoS WiMAX é referida como a taxa variável de tempo real aprimorada ou serviços de pacotes em tempo real estendidos. Ela é utilizada para aplicativos em que os tamanhos de pacotes variáveis são usados e, muitas vezes, onde a supressão de silêncio é implementada em VoIP. Um sistema típico é o Skype.
Serviços de pacotes em tempo não real	Essa classe de QoS WiMAX é usada para serviços em que uma taxa de <i>bits</i> garantida é necessária, mas a latência não é crítica. Ela pode ser usada para várias formas de transferência de arquivo.
Melhor esforço	Essa QoS WiMAX é usada para serviços de internet, como <i>e-mail</i> e navegação. Os pacotes de dados são carregados quando o espaço se torna disponível. Atrasos podem acontecer e o <i>jitter</i> não é um problema.



Resumo

O WiMAX é uma família de padrões de comunicação sem fio com base no conjunto de padrões IEEE 802.16 que fornece múltiplas opções de camada física e controle de acesso a mídia (MAC).

O nome WiMAX foi criado pelo Fórum WiMAX, que foi formado em junho de 2001 para promover a conformidade e a interoperabilidade do padrão, incluindo a definição de perfis de sistema predefinidos para os vendedores comerciais. Trata-se de uma tecnologia baseada em padrões que permite a entrega do acesso de banda larga sem fio da última milha como uma alternativa ao cabo e DSL.

O comitê IEEE 802.16 ou Wireless-Advanced foi um candidato para o 4G, em competição com o LTE Advanced Standard.

O WiMAX foi inicialmente projetado para fornecer 30 a 40 *megabit* por segundo taxas de dados com a atualização promovida em 2011, sendo capaz de fornecer até 1 Gbit/s para as estações fixas.



Exercícios

Questão 1. (FCC, 2013) No Tribunal Regional do Trabalho da 15ª Região deseja-se implementar soluções de rede que privilegiem o uso de conexões sem fios. Ana tem a tarefa de fornecer soluções sem fio para três diferentes situações:

Situação 1: há diversos equipamentos, como câmera digital, teclado, *mouse*, fone de ouvido etc., que devem ser conectados a um computador tipo *desktop*.

Situação 2: existe uma LAN formada por alguns computadores em uma sala. Os computadores possuem Wi-Fi e precisam ser interconectados.

Situação 3: as redes de acesso em banda larga que utilizam cabo e ADSL do Tribunal devem ser substituídas por uma tecnologia sem fio.

As soluções de tecnologia sem fio indicadas corretamente por Ana são:

A) 1 – Bluetooth; 2 – IEEE 802.11; 3 – IEEE 802.16.

B) 1 – Ethernet; 2 – 3G; 3 – 4G.

C) 1 – IEEE 802.11; 2 – Ethernet; 3 – WiMax.

D) 1 – Wi-Fi; 2 – Bluetooth; 3 – IEEE 802.16.

E) 1 – IEEE 802.11; 2 – IEEE 802.16; 3 – 4G.

Resposta correta: alternativa A.

Análise da questão

Situação 1 – A tecnologia Bluetooth fará a conexão do computador aos equipamentos.

Situação 2 – As IEEE 802.11, também conhecidas como redes Wi-Fi ou *wireless*, foram uma das grandes novidades tecnológicas dos últimos anos. Atualmente, é o padrão, de fato, em conectividade sem fio para redes locais.

