

---

# Redes de Computadores

(RCOMP – 2015/2016)

---

Tecnologias WAN: ATM/ISDN e DSL

## WAN – Redes ATM

A tecnologia ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) está disponível há bastante tempo, mas a expansão da sua utilização não foi a esperada. Nas redes WAN tem atualmente uma base instalada apreciável, mas o seu objetivo inicial que era assegurar a interligação de nós finais nunca foi atingido.

Na altura em que a tecnologia ATM começava a ser usada em LAN, as redes Ethernet evoluíram para a comutação e aumentaram de taxa de transmissão, condenando o ATM em LAN devido ao seu custo mais elevado.

Atualmente assiste-se a uma continuação deste processo e as redes Ethernet começam a invadir o domínio ATM nas redes WAN com implementações 10 Gbps e 100 Gbps com alcances na casa das centenas de quilómetros.

# Redes ATM – Canais e Caminhos Virtuais

As redes ATM apresentam várias características importantes, uma delas é a comutação com circuitos virtuais. Infelizmente as vantagens desta técnica são mais significativas se forem usadas entre nós finais e não em simples ligações dedicadas como acontece muitas vezes.

Os circuitos virtuais são aqui designados por canais virtuais e são identificados por números de 16 bits (VCI), os canais virtuais definem ligações lógicas entre aplicações nos nós finais.

Internamente a rede ATM faz o encaminhamento entre nós finais, não aplicações, para simplificar o trabalho da rede definem-se caminhos virtuais que são identificados por números de 12 bits (VPI).

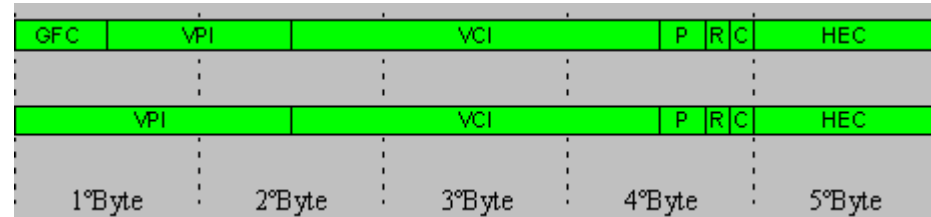
>> Cada canal virtual (exterior da rede) pertence a um caminho virtual (interior da rede).

>> Todos os canais virtuais com mesmo nó de origem e destino pertencem ao mesmo caminho virtual.

# Redes ATM - Células

Outra inovação é a utilização de PDUs de tamanho fixo e muito reduzido. Estes PDU tomam a designação de células e têm apenas 53 octetos dos quais 5 são de controlo e os restantes 48 de dados, isso representa um *overhead* de quase 10% (5/53).

Na figura ao lado observa-se o cabeçalho de duas células ATM, a de cima é externa (UNI – User/Network Interface) e a de baixo é interna (NNI - Network/Network Interface).



Nas células UNI o VPI é igual a zero, o seu valor apenas é definido nas células que circulam no interior da rede. O campo GFC (Generic Flow Control) apenas existe nas células UNI, serve para controlo de fluxo local e multiplexagem da ligação à rede.

Os campos P/R (Payload Type) indicam o tipo de dados transportados. O campo C (Cell Loss Priority) indica a prioridade da célula em caso de congestionamento, se tiver este bit com o valor 1 é eliminada em primeiro lugar. O campo HEC (Header Error Correction) contém um código CRC do cabeçalho que é autocorretor para erros de 1 bit e deteta erros de mais do que um bit.

# Redes ATM - ISDN

As principais características das redes ATM derivam de terem sido desenvolvidas com o objetivo de fornecerem serviços integrados tipo ISDN/RDIS (Integrated Services Digital Network / Rede Digital de Serviços Integrados). A tecnologia a adotar para o B-ISDN (Broadband – ISDN) seria precisamente o ATM.

O facto de ser necessário suportar vídeo, voz e dados conduziu às opções técnicas que foram tomadas, nomeadamente a utilização de blocos muito pequenos com caminhos virtuais e sem deteção de erros nos dados. Estas medidas garantem atrasos mínimos nos nós, fundamentais para suportar transmissões em tempo real.

Com a expansão da utilização da *internet* a filosofia ISDN deixou de fazer sentido e a tecnologia ATM passou a ser usada para suportar a interligação de encaminhadores da própria *internet*.

Para suportar as diversas classes de serviços (vídeo, voz e dados) são definidas várias camadas de adaptação conhecidas por AAL (ATM Adaptation Layer), as implementações que servem para suportar dados são o AAL3/4 e o AAL5.

# Redes ATM – AAL 5

Para suportar a transmissão de pacotes de protocolos de nível superior, as redes ATM desenvolveram uma implementação de dupla camada designada por AAL3/4. Com a enorme expansão do protocolo IP este tipo de utilização das redes ATM tornou-se cada vez mais importante e foram necessários melhoramentos e eliminação de funcionalidades desnecessárias, deste esforço surgiu o AAL5. Os PDU da camada AAL5 caracterizam-se pela simplicidade:

<b>Dados (0 a 65535 bytes)</b>	Alinhamento (0 a 47 bytes)	CTL (2 bytes)	LEN (2 bytes)	CRC (4 bytes)
--------------------------------	----------------------------	---------------	---------------	---------------

O campo de “alinhamento” serve para garantir que o comprimento total é múltiplo de 48 para que o PDU possa ser dividido em segmentos de 48 bytes que “encaixam” diretamente em células ATM. O campo CTL não é usado.

O campo LEN indica o comprimento dos dados (sem alinhamento) e o campo CRC serve para detetar erros sobre todo o PDU.

O PDU AAL5 não tem campo de multiplexagem de protocolos, terá de ser usado o valor do VCI para esse efeito.

O futuro das redes ATM não parece muito promissor e a expansão das redes Ethernet para o domínio WAN pode ser assinalar o início do seu fim.

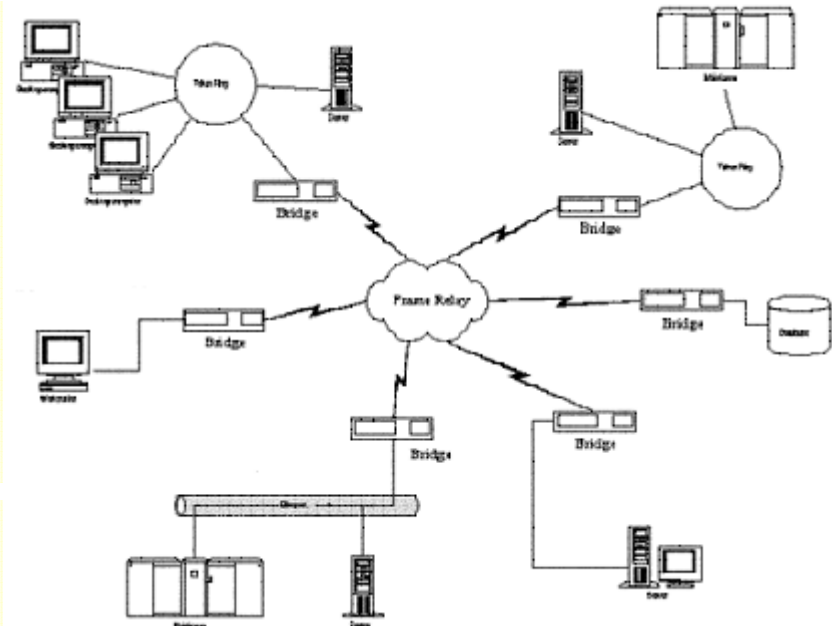
# WAN – Conectividade IP

A expansão da *INTERNET* provocou uma alteração radical no modo como as redes WAN são encaradas.

Antes da generalização do protocolo IP, as redes WAN forneciam um serviço de nível 2 para transferência de dados entre nós finais que podia ser usado para transportar dados dos mais diversos tipos (filosofia ISDN/RDIS). Entre outros, dados de protocolos de rede como o IP, o IPX ou outros.

Atualmente os clientes das redes WAN apenas pretendem conectividade IP, nada mais.

Mesmo para aplicações mais exigentes como transmissão de voz e imagem surgem cada vez mais soluções baseadas na utilização do IP (VoIP; ...).



## WAN – Interligação de nós IP

Os serviços de interligação WAN entre nós finais estão em declínio porque sendo a norma comum o protocolo IP é muito mais lógico e simples usar diretamente esse protocolo do que tentar impor uma tecnologia homogénea de nível 2.

As redes WAN comutadas a funcionar no nível 2 estão a ser substituídas por interligações entre nós IP, encaminhadores de pacotes IP (*routers IP*), a funcionar no nível 3.

A interligação dos encaminhadores IP continua a necessitar de parte da antiga tecnologia WAN, mas faz um uso muito limitado pois muitas vezes não são mais do que ligações dedicadas simples. Neste contexto todas as funcionalidades mais avançadas dessas tecnologias, como por exemplo o ATM, são totalmente desaproveitadas.

Neste contexto assiste-se já a um avanço da tecnologia ETHERNET para os domínios WAN.



# WAN – Operadores de telecomunicações

Normalmente as comunicações de longa distância (WAN) apenas podem ser asseguradas por operadores autorizados.

>> As emissões privadas via rádio estão sujeitas a várias restrições legais, por exemplo quanto à potência de emissão, que tornam impossível a sua utilização no domínio WAN. Por exemplo, é ilegal enviar sinais RF 802.11 para o exterior dos edifícios.

>> As ligações privadas por cabo não podem atravessar zonas públicas. Por exemplo, não é possível atravessar um arruamento sem recorrer a um operador oficial.

>> A única alternativa privada possível é a utilização de feixes de luz laser quando existe linha de visão entre os pontos a ligar. Esta opção está livre de limitações legais, mas tem limitações técnicas, em especial relativamente às condições de propagação, estando normalmente limitada a distâncias inferiores a 3 Km.



# WAN – Tecnologias

Uma das vantagens de se utilizar um protocolo de rede global (IP) é que podemos misturar todas as tecnologias de ligação de dados sem qualquer problema.

Para ligar dois encaminhadores usando uma dada tecnologia de rede XXX basta instalar em cada um deles uma interface de rede de tecnologia XXX.



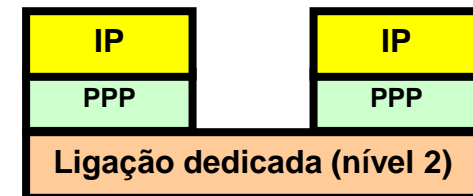
Existem atualmente uma grande variedade de tecnologias propostas pelos operadores de telecomunicações autorizados. As interfaces de ligação a essas tecnologias são muitas vezes fornecidas pelos próprios operadores.

- >> Linhas dedicadas alugadas, analógicas ou digitais
- >> ISDN (RDIS) e rede telefónica analógica
- >> X.25 (TELEPAC), FRAME-RELAY e ATM

## WAN – Ligações dedicadas

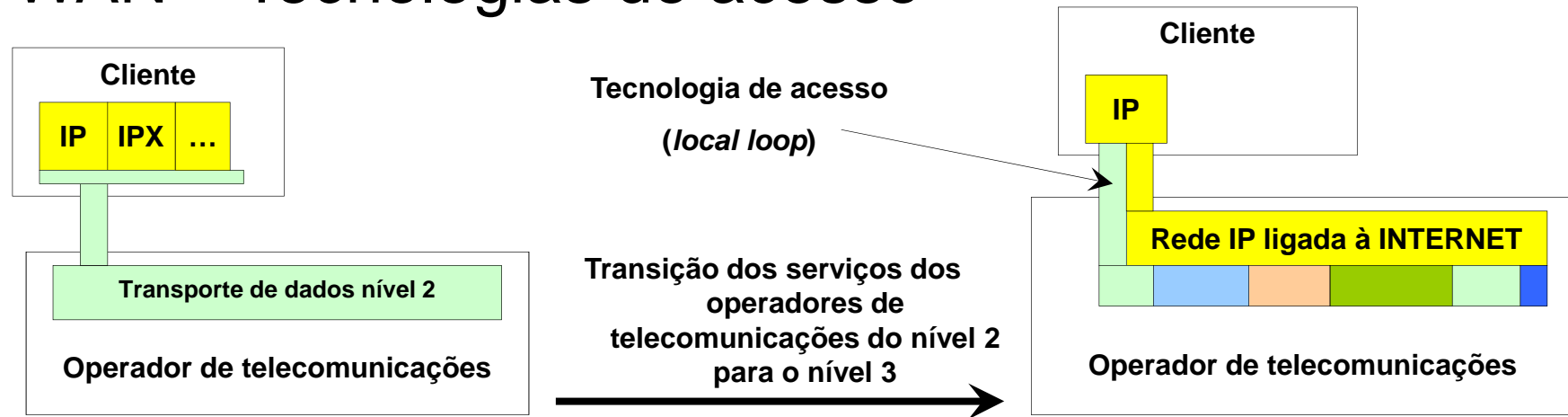
Em grande parte a utilização atual de infraestruturas WAN limita-se à interligação de encaminhadores IP. Embora a interligação de encaminhadores possa recorrer a redes de comutação tais como o ATM ou o FRAME-RELAY, simples ligações dedicadas são suficientes. Mesmo as redes de comutação ou de outros tipos podem ser reduzidas a redes de dois nós, tornando-se ligações dedicadas.

Sobre as ligações dedicadas usa-se habitualmente o protocolo PPP (*Point to Point Protocol*) que foi especialmente concebido para controlar o transporte de pacotes de rede nestas situações.



Estas tecnologias são atualmente usadas pelos operadores de telecomunicações para proporcionar aos clientes serviços de transporte IP em complemento à abordagem tradicional em era proporcionado transporte de dados de nível 2, sobre o qual o cliente usava o protocolo IP ou outros.

# WAN – Tecnologias de acesso



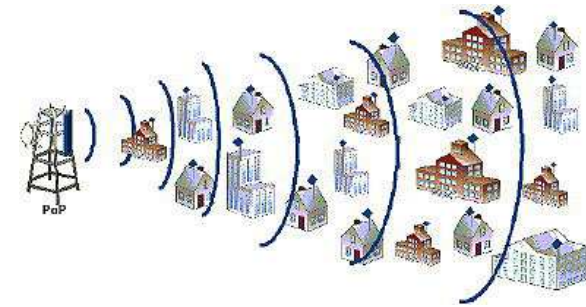
Mesmo tratando-se de um serviço de transporte IP, no nível de rede, para que este chegue ao cliente é necessário um mecanismo de transporte de nível 2 para garantir a ligação entre o cliente e o operador. Esta ligação é conhecida por Local Loop.

A instalação de novas cablagens, tipicamente em fibra ótica, é sempre uma opção dispendiosa. Há outras soluções mais económicas:

- >>> Acesso sem fio (WLL), tipicamente através de um operador GSM.
- >>> Ligação à rede telefónica analógica (central telefónica).
- >>> Redes de televisão por cabo (CATV).
- >>> Rede alimentação elétrica (Power Line Communication).

## WLL – *Wireless Local Loop*

O crescente desenvolvimento da tecnologia de rede sem fios começa a tornar viável a sua utilização para ligação do operador ao subscritor.



As normas 802.11 são claramente inapropriadas para este tipo de aplicação.

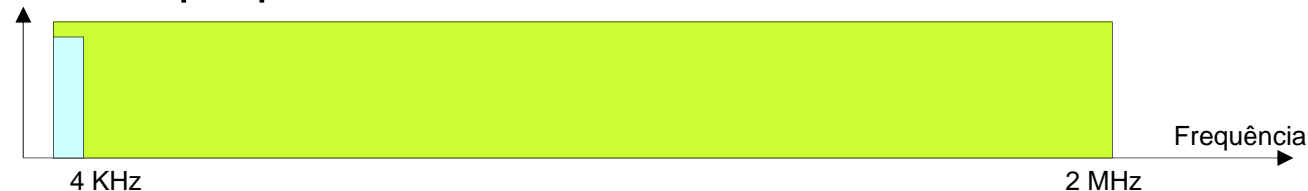
As normas 802.16, também conhecidas por *Wireless MAN* e WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) são mais apropriadas, permitindo taxas de dados até 70 Mbps para distâncias inferiores a 2 Km e com alcances até à centena de Km para taxas de dados mais reduzidas (a 10 Km a taxa máxima é 10 Mbps).

A rede GSM 3G suporta taxas até 16 Mbps e tem a vantagem de já possuir uma cobertura perfeitamente instalada.

A rede GSM 4G e novos aditamentos 802.16 deverão atingir 100 Mbps na modalidade móvel e 1 Gbps na modalidade fixa.

# DSL – Digital Subscriber Line/Loop

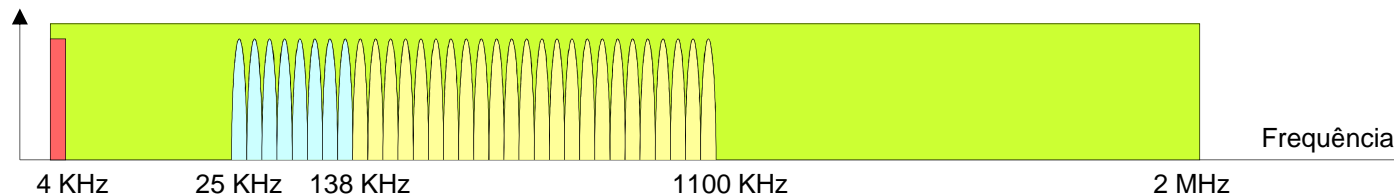
As técnicas DSL procuram tirar partido da uma ligação telefónica já existente entre o cliente e a central telefónica. Essa ligação, constituída por um par de condutores de cobre, é capaz de transportar sinais analógicos até quase 2 MHz, contudo a utilização telefónica tradicional ocupa apenas uma pequena faixa até aos 4 KHz.



Embora a largura de banda disponível seja razoável, a qualidade das linhas é muito precária estando o sinal sujeito a muitas distorções e ruído. Por isso as técnicas DSL são obrigadas a dividir o espectro disponível em inúmeros canais com cerca de 4 KHz de largura cada. Durante a fase de iniciação do MODEM cada um dos canais é testado para se determinar quais têm condições de funcionamento aceitáveis, os outros serão desativados. A taxa de transmissão que se pode obter depende do número de canais disponíveis. O HDSL (High-data-rate DSL), atualmente obsoleto, permitia atingir taxas de 1 ou 2 Mbps.

# ADSL – *Asymmetric Digital Subscriber Line*

O ADSL é uma das técnicas de acesso com maior sucesso no presente. Trata-se de uma variante DSL em que é reservado um número de canais para circulação de dados no sentido operador para subscritor muito superior ao sentido inverso.



Esta assimetria deriva da verificação de que a utilização por parte da maioria dos subscritores é ela própria assimétrica com uma grande predominância de *downloads*. A norma ADSL original utiliza aproximadamente as gamas de frequências indicadas na figura e permite taxas de dados máximas de 8 Mbps / 1 Mbps.

A norma mais recente, o ADSL2+ ocupa o espectro de frequências até aos 2,2 MHz e permite taxas de dados máximas de 24 Mbps / 3,5 Mbps.

## VDSL – *Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line*

O objetivo do VDSL é proporcionar taxas mais elevadas, em modo simétrico ou não, usando mais largura de banda e eventualmente colocando maiores restrições quanto à distância.

A 300 metros o VDSL pode atingir taxas de 26 Mbps em modo simétrico ou 52 Mbps / 12 Mbps. Para conseguir isto usa uma largura de banda que se estende até aos 12 MHz.

O VDSL2 usa bastante mais largura de banda, até aos 30 MHz. Consegue taxas de dados agregadas (soma dos dois sentidos) até 200 Mbps, podendo este valor ser dividido em forma simétrica ou não. O desempenho do VDSL2 degrada-se bastante com a distância, e a 500 metros já está reduzido a metade.

**A disponibilidade de qualquer taxa de transmissão DSL está totalmente dependente da qualidade das linhas de transmissão, por isso a maioria dos operadores especifica a taxa máxima associada ao serviço e nunca a taxa mínima.**



## Acesso via rede CATV

As redes de televisão por cabo (CATV) usam cabos coaxiais para transportarem sinais RF (analógicos) de televisão até aos subscritores. Para que uma rede CATV possa ser usada como técnica de acesso tem de ser preparada para o efeito, pois originalmente são redes preparadas para fluxo de sinais apenas no sentido do operador para o subscritor.

A largura de banda disponível numa rede CATV é enorme, começam nos 50 MHz e podem ir até a 1 GHz (950 MHz de largura de banda). Este vasto espectro de frequências está dividido em canais com 6 MHz (E.U.A./NTSC) ou 8 MHz (Europa/PAL) cada um.

Cada canal tem capacidade suficiente para ser partilhado por muitos clientes. Tratando-se de um meio de transmissão partilhado torna-se necessário um mecanismo de controlo de acesso ao meio (acesso ao canal).

Por se tratar de um meio partilhado (ao contrário do DSL), para garantir a privacidade, é necessário recorrer a algoritmos de criptografia.

## DOCSIS - Data Over Cable Service Interface Specification

As normas DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification) define como os canais podem ser usados para transportar dados.

Na camada de ligação física o DOCSIS define as larguras dos canais bem como as técnicas de modulação a usar para transportar os dados.

A camada MAC do DOCSIS definem-se os mecanismos de controlo de acesso ao meio partilhado que são o TDMA (*Time Division Multiple Access*) e o S-CDMA (*Synchronous Code Division Multiple Access*).

Na camada MAC é ainda definido o protocolo BPI (*Baseline Privacy Interface*) que garante a confidencialidade dos dados.

As taxas máximas de dados dependem da norma:

A norma DOCSIS 3.0 permite que um único cliente utilize simultaneamente vários canais. Apesar destes valores, na prática os operadores impõem outros limites inferiores, estes limites são definidos num ficheiro de configuração fornecido pelo operador ao MODEM do cliente via TFTP.

EuroDOCSIS	51 Mbps / 9 Mbps
DOCSIS 2.0	38 Mbps / 27 Mbps
DOCSIS 3.0	160 Mbps / 120 Mbps

## Acesso via rede elétrica

É possível utilizar as cablagens de alimentação elétrica como suporte à transmissão de dados. As normas X10 de automatização doméstica (domótica) usam esta técnica para troca de informação entre dispositivos.

As normas HomePlug tratam da utilização das linhas de alimentação elétrica para diversos tipos de transmissão de dados:

HomePlug 1.0 – norma original capaz de transmitir a 14 Mbps half-duplex

HomePlug AV – 200 Mbps half-duplex

HomePlug BPL – (*Broadband Power Line*) para acesso à internet (local loop)

HomePlug Command & Control (HPCC) – aplicações de domótica

A utilização prática do acesso BPL tem-se revelado muito complicada com resultados desanimadores, especialmente se comparados com tecnologias alternativas. Em Portugal, recentemente a EDP abandonou a ideia de disponibilizar este tipo de tecnologia aos seus clientes.

# Transporte de dados IP

Existem várias técnicas de acesso alternativas que não são mais do que ligações de dados entre o operador e o subscritor, mas para que estas ligações possam ser usadas pelo protocolo IP são necessários mecanismos apropriados.

É necessário definir um formato apropriado para as transferências de dados, as opções mais comuns são *tramas* ETHERNET ou células ATM (AAL5).

Sobre este mecanismo de transporte de nível 2 usa-se o protocolo PPP que se encarrega da gestão da ligação dedicada.

