

Áreas funcionais da rede

Rede de transporte

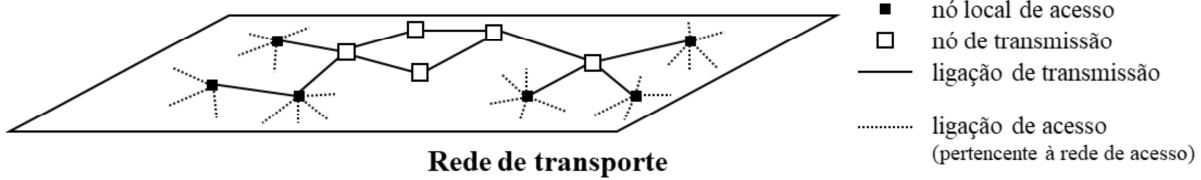
Funções

- provisão de conexões para transmissão de informação a **média/longa distância**
- objectivo de qualidade: transmissão com **reduzida taxa de erros**
- **granularidade típica: 2 Mbit/s / pacotes**

sob controlo do operador da rede através de procedimentos de gestão

Sistemas constituintes

- nós de **multiplexagem**
- nós de **interligação**
- sistemas de transmissão em **cobre** → cada vez em menor número
- sistemas de transmissão por **feixes hertzianos terrestres** e por **satélite**
- sistemas de transmissão por **fibra ótica**



Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

A **rede de transporte** fornece os **caminhos** de transferência de informação **entre os nós da rede de comutação**.

É constituída por **ligações de transmissão** e por **nós de transmissão**, localizados nas extremidades das ligações.

As ligações suportam a transmissão de canais físicos de débito mais ou menos elevado.

Nos nós de transmissão (estações de trânsito) são estabelecidas conexões permanentes entre os canais físicos das ligações. Estas conexões são, na realidade, semipermanentes, isto é, são alteráveis esporadicamente, recorrendo a **procedimentos de gestão** controlados pelo operador da rede.

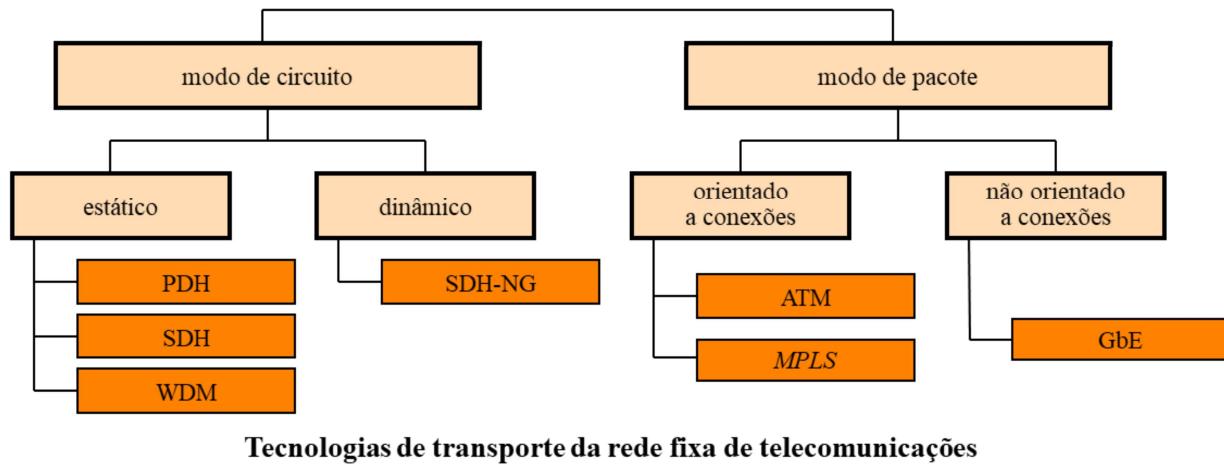
Desta forma, o operador da rede estabelece uma capacidade básica de transporte de informação, de acordo com a quantidade de tráfego que prevê que seja necessário transportar.

Áreas funcionais da rede

Rede de transporte

Tecnologias de transporte

- utilizadas **diretamente sobre o nível físico de transmissão**
- possíveis algumas **combinações** entre estas tecnologias



Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

As tecnologias de suporte utilizadas na rede de transporte serão brevemente referidas nesta secção, deixando o seu **estudo detalhado para mais tarde** (as tecnologias típicas de redes de dados **GbE** e **MPLS** já forma anteriormente estudadas em Redes de Computadores).

Algumas destas tecnologias são **utilizadas em conjunto**, quer por oferecerem vantagens específicas para o sistema global, quer ainda por questões de evolução.

Alguns exemplos:

- PDH sobre SDH
- SDH sobre DWDM
- ATM sobre PDH
- ATM sobre SDH
- ATM sobre DWDM
- GbE sobre SDH-NG
- GbE sobre DWDM
- GbE sobre MPLS

Significado das siglas:

- | | |
|----------|--|
| – PDH | <i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i> |
| – SDH | <i>Synchronous Digital Hierarchy</i> |
| – SDH-NG | <i>Synchronous Digital Hierarchy – Next Generation</i> |
| – DWDM | <i>Dense Wavelength Division Multiplexing</i> |
| – ATM | <i>Asynchronous Transfer Mode</i> |
| – GbE | Gigabit Ethernet |
| – MPLS | <i>MultiProtocol Label Switching</i> |

Áreas funcionais da rede

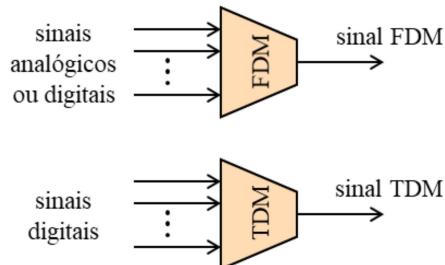
Rede de transporte

Tipos de ligações

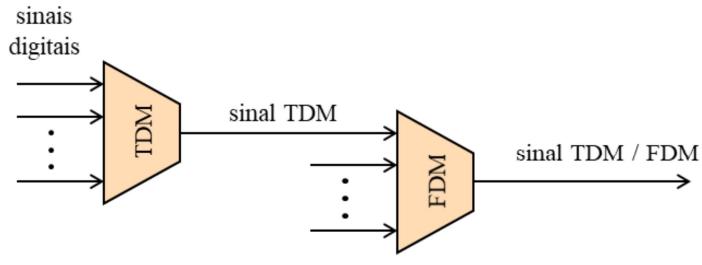
- ligações analógicas ou **digitais em banda base**
- ligações analógicas ou **digitais FDM (Frequency Division Multiplex)**
- ligações **digitais TDM (Time Division Multiplex)**
- ligações **mistas TDM / FDM**

ligações analógicas obsoletas

WDM em fibras óticas



Multiplexagem FDM e TDM



Multiplexagem mista TDM / FDM

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

A **multiplexagem FDM** ou **TDM** permite:

- **agrupar** sinais de menor capacidade num sinal de maior capacidade;
- **rentabilizar** os meios de transmissão.

A **multiplexagem FDM** foi utilizada extensivamente no passado na transmissão de canais de voz, cada um deles modulado em SSB numa banda de 4 kHz. Constituíam-se agregados de canais multiplexados que podiam atingir vários milhares.

Nos sistemas de **transmissão digital em banda base** sobre linhas de cobre, é utilizada exclusivamente a técnica **TDM**.

Se se recorrer a **transmissão em banda de canal**, adopta-se frequentemente a técnica **FDM**, em que, atualmente, cada canal modula digitalmente uma portadora. É ainda possível que cada canal suporte um multiplex TDM, ou seja, vários sinais multiplexados temporalmente podem ser transmitidos sobre diferentes portadoras, o que conduz a uma combinação de TDM e FDM no mesmo suporte físico.

Em **fibras óticas**, os impulsos são transmitidos sob a forma de luz On/Off a um dado comprimento de onda. A técnica **TDM** em banda base é a mais utilizada, fazendo corresponder cada estado de luz a um bit. No entanto, a possibilidade de **utilizar múltiplos comprimentos de onda de luz** constitui **uma forma de FDM** que começa a ser utilizada, e que se designa correntemente de multiplexagem de comprimento de onda (**WDM**, *Wavelength Division Multiplexing*). Em sistemas tecnologicamente muito avançados, mostrou-se ser possível transmitir em WDM dezenas de portadoras com sinais TDM (DWDM, *Dense Wavelength Division Multiplexing*), pelo que o débito total numa única fibra ótica poderá ser elevadíssimo (da ordem do Tbit/s).

Em **ligações via rádio** (feixes hertzianos terrestres ou por satélite), o recurso à transmissão sobre portadora em **banda de canal** é indispensável, pelo que a **técnica FDM** aparece frequentemente associada a TDM neste tipo de sistemas.

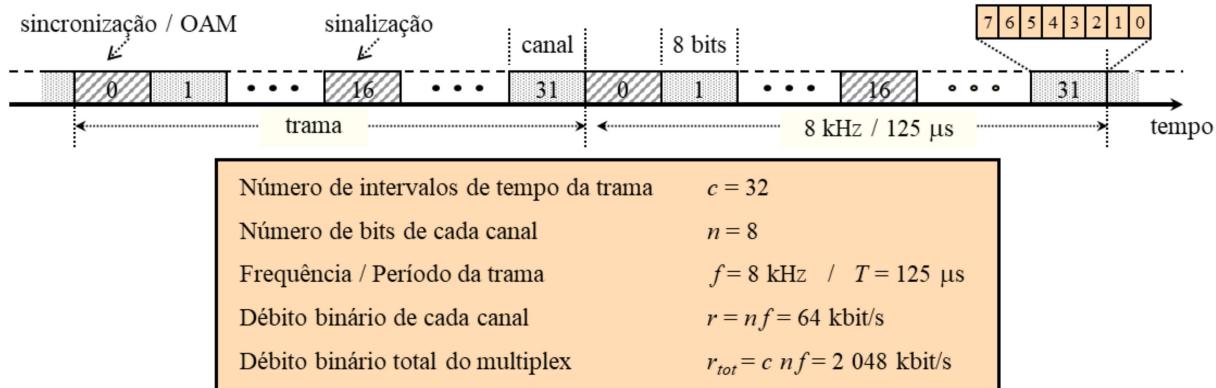
Áreas funcionais da rede

Rede de transporte

Sistema E1 (2 Mbit/s)

- **sistema básico** de transporte de informação numa **rede digital**
- suporta **30 canais** de **64 kbit/s** para comunicação de utilizador

podem ser agrupados



Formato de trama do sistema básico E1

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

São utilizadas técnicas de multiplexagem temporal determinística:

- definem-se tramas de c intervalos de tempo;
- cada canal ocupa ciclicamente na trama um intervalo de tempo de n bits \Rightarrow débito constante;
- um dos canais transporta um padrão fixo para ser utilizado na sincronização da receção e canais de controlo (operação e manutenção / *Operation And Maintenance - OAM*).

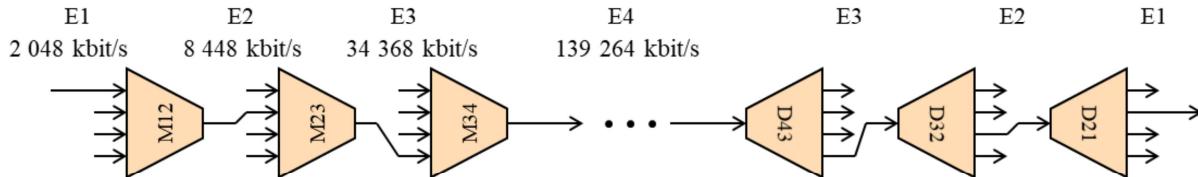
A identificação dos canais é feita pela posição na trama: multiplexagem de posição.

Áreas funcionais da rede

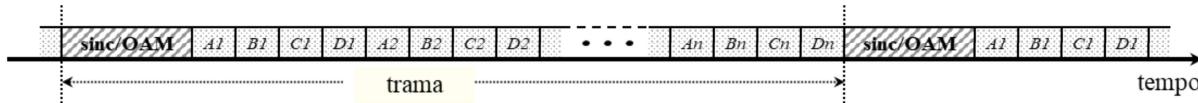
Rede de transporte

Sistemas de **Multiplexagem PDH** (*Plesiochronous Digital Hierarchy*)

- define vários níveis de multiplexagem a partir do sinal básico E1
- constituindo-se assim a hierarquia digital plesiócrona



Cadeia de multiplexagem / desmultiplexagem da Hierarquia Digital Plesiócrona



Formato de trama típico da multiplexagem de 4 tributários (A, B, C, D)

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

O termo plesiócrono (= quase síncrono) refere-se ao facto de se multiplexar sinais com o mesmo débito binário nominal, mas não necessariamente sincronizados entre si. Os sinais de entrada de um sistema de multiplexagem são designados de **tributários**.

Note-se que o débito do sinal de saída de um dado nível de multiplexagem não é exatamente quatro vezes o débito de cada sinal de entrada do nível anterior: ao fazer a multiplexagem em cada nível, é preciso adicionar padrões de sincronização e canais de operação e manutenção e prever um certo adicional para contemplar as pequenas variações de débito dos sinais à entrada (os débitos binários nominais são iguais, mas os débitos efetivos podem diferir ligeiramente entre si).

A multiplexagem é executada por entrelaçamento de bits dos tributários, como mostra a figura (a notação C_n , por exemplo, refere-se ao bit n do canal C). Recorde que na trama do sinal E1 se faz, pelo contrário, o entrelaçamento de octetos dos diversos canais.

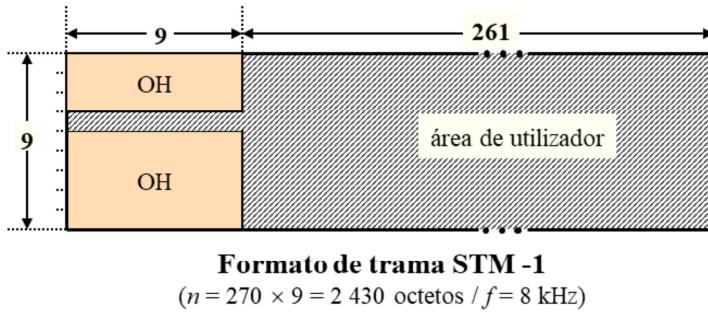
Os sinais multiplexados E1, E2, E3 e E4 são muitas vezes designados pelos respetivos débitos aproximados: 2 Mbit/s, 8 Mbit/s, 34 Mbit/s e 140 Mbit/s.

Áreas funcionais da rede

Rede de transporte

Sistemas de **Multiplexagem SDH** (*Synchronous Digital Hierarchy*)

- define como estrutura base um módulo de transporte síncrono de alto débito
 - STM-1 / Synchronous Transport Module - Level 1**
- permite débitos mais elevados por multiplexagem síncrona de módulos STM-1
 - STM-N / Synchronous Transport Module - Level N**
- permite a inserção / remoção direta de tributários a partir do módulo STM-1
- suporta funcionalidades muito completas de operação e manutenção (OAM)



Hierarquia Digital Síncrona (SDH)	
Nível	Débito (kbit/s)
STM-1	155 520
STM-4	622 080
STM-16	2 488 320

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

Tal como o sistema de multiplexagem PDH, a principal aplicação da hierarquia SDH é o transporte de sinais tributários E1, embora possa igualmente transportar outros tributários.

O nível mais baixo desta hierarquia é o chamada módulo STM-1, que corresponde a um débito de 155 520 kbit/s (trama de 2 430 octetos com uma frequência de 8 kHz). A trama exibe uma estrutura regular normalmente visualizada num formato rectangular - a transmissão é série, sendo os bits dos octetos enviados sucessivamente da esquerda para a direita em cada linha, percorrendo as linhas de cima para baixo (tal qual se lê um texto).

A hierarquia SDH permite efectuar a multiplexagem direta dos tributários (E1 ou outros) no módulo STM-1, através de um mapeamento regular na trama, de forma a simplificar a inserção ou remoção desses tributários. Além disso, prevêem-se canais adicionais associados ao módulo STM-1 e a cada um dos tributários (adicional / *overhead* - OH) para suportar funções de operação e manutenção (OAM), nomeadamente: deteção de erros, monitorização de estado da rede, indicação do tipo de tributários, controlo de configuração de ligações e outras funções que exigem comunicação entre elementos da rede.

As vantagens de SDH conduziram a uma progressiva utilização relativamente a PDH.

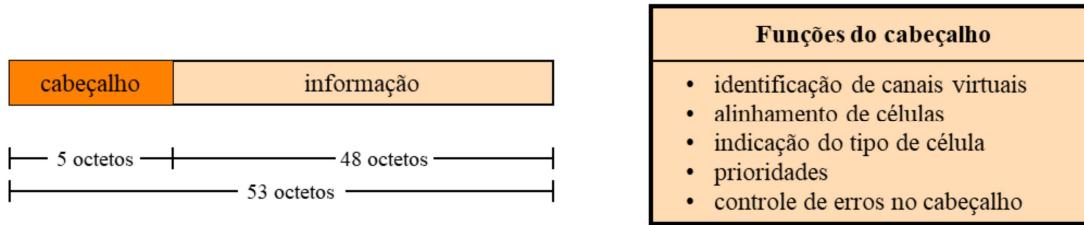
A hierarquia SDH exige uma sincronização global da rede, para permitir a multiplexagem síncrona de módulos STM: isto é, não pode haver qualquer desvio de frequência entre módulos multiplexados entre si. Este requisito foi possível de satisfazer na medida em que, com o desenvolvimento da comutação digital, como veremos, já foi necessário assegurar a sincronização global das centrais. Existe, portanto, uma rede de sincronização de centrais que pode ser estendida para sincronizar os sistemas de transmissão SDH.

Áreas funcionais da rede

Rede de transporte

Modo de Transferência Assíncrono (ATM, *Asynchronous Transfer Mode*)

- novo processo básico de transferência de informação
- combina características do **modo circuito** e do **modo pacote**
- informação encapsulada em células com um **comprimento fixo**
- cabeçalho referencia o canal (virtual) a que pertence a célula
- vários tipos de células: informação de utilizador, sinalização, OAM



Estrutura de uma célula ATM e funções do cabeçalho

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

O modo ATM permite operar a muito mais altas velocidades do que o modo tradicional de pacote tendo em conta as simplificações introduzidas, nomeadamente o comprimento fixo das células e as funcionalidades mínimas de rede (ex.: não existe protecção contra erros ou controlo de fluxo).

O modo ATM é orientado a conexões, permitindo o suporte muito flexível de serviços de débito constante e de débito variável, de tempo real ou não tempo real.

Os débitos propostos para ATM são 155 Mbit/s e 622 Mbit/s, tal como na hierarquia SDH. Outros débitos, maiores ou menores, são possíveis e têm vindo a ser utilizados.

A transmissão em ATM pode ser feita como um fluxo contínuo de células, isto é, sem nenhuma estrutura de trama de suporte. Em alternativa, as células ATM podem ser transportadas em módulos SDH.

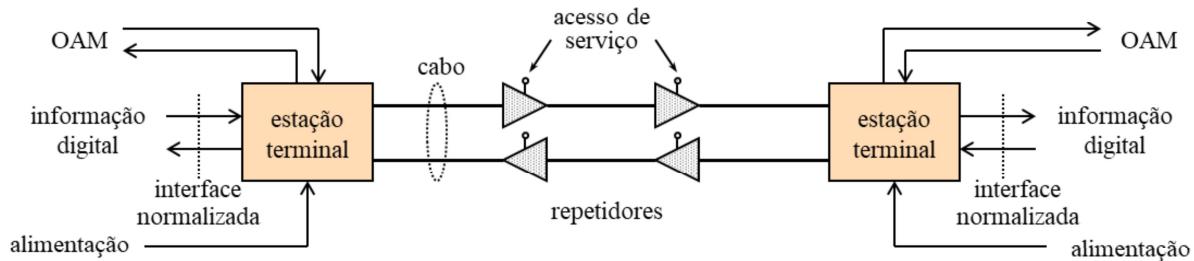
Áreas funcionais da rede

Rede de transporte

Sistemas de transmissão de linha

transmissão em banda base

- estações terminais: em cada extremo da ligação
- meios guiados: linhas de cobre ou fibras ópticas em cabos enterrados, em condutas ou suspensos
- repetidores intermédios: amplificam e regeneram o sinal em certos pontos



Sistema básico de transmissão de linha

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

Uma **cadeia de transmissão digital de linha** é constituída pelas **estações terminais**, pelo **cabo** e, se necessário, por **repetidores intermédios**.

Inicialmente, estes sistemas eram suportados exclusivamente em **meios de cobre**. Nas **últimas décadas**, os sistemas em cobre têm vindo a ser substituídos por **sistemas por fibra ótica**, estando praticamente restritos a sistemas de distância relativamente curta.

As **estações terminais**:

- efetuam a emissão / receção dos sinais de informação digital, recorrendo a um código de linha adequado (transmissão em banda base);
- fornecem a alimentação de potência aos repetidores através do cabo;
- suportam funções de operação e manutenção (OAM), tais como telesinalização (monitorização de desempenho, alarmes e outros sinais de supervisão de estados), telemedida (de parâmetros essenciais), telecomandos e vias de serviço para comunicações com pessoal de manutenção.

O **cabo**:

- contém o suporte de transmissão (uma ou mais linhas de cobre ou fibras ópticas) e revestimentos adequados;
- é enterrado, introduzido em condutas ou suspenso.

Os **repetidores**:

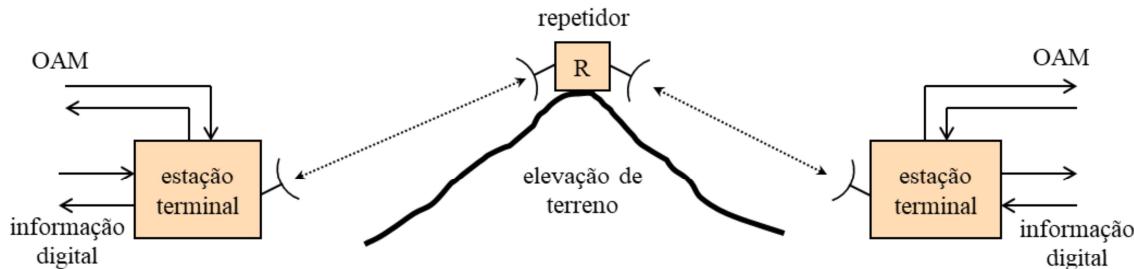
- amplificam, igualizam e regeneram o sinal em certos pontos do percurso.

Áreas funcionais da rede

Rede de transporte

Sistemas de transmissão por feixe hertziano

- estações terminais: em cada extremo da ligação
- sistemas de antena: radiam/recebem o sinal com **diretividade**
- meio não guiado: o **espaço livre**
- repetidores intermédios: amplificam e regeneram o sinal e contornam obstáculos



Sistema básico de transmissão digital sobre portadora

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

A necessidade de grande largura de banda para transmitir sinais de alto débito e a já elevada ocupação do espectro, particularmente com serviços de radiotelevisão e radiodifusão sonora, obrigou à utilização de sistemas de portadora a frequências muito elevadas, **superiores a 1 GHz**. Estes sistemas são designados de feixes hertzianos ou feixes de micro-ondas.

Estes sistemas apresentam as seguintes particularidades:

- o **comprimento de onda** é relativamente **pequeno**, podendo utilizar-se antenas parabólicas de dimensões aceitáveis, com boa diretividade (ganhos da ordem de 30 dB ou superior);
- a **propagação** faz-se “**em linha de vista**”, isto é, não pode haver obstruções no trajeto (edifícios, vegetação, acidentes do terreno, curvatura da terra), obrigando a que as antenas sejam muitas vezes colocadas em torres e os repetidores sejam situados em pontos elevados;
- utilizam modulações PSK (2 ou mais estados) ou QAM (4 ou mais estados);
- são afetados por problemas de propagação na atmosfera.

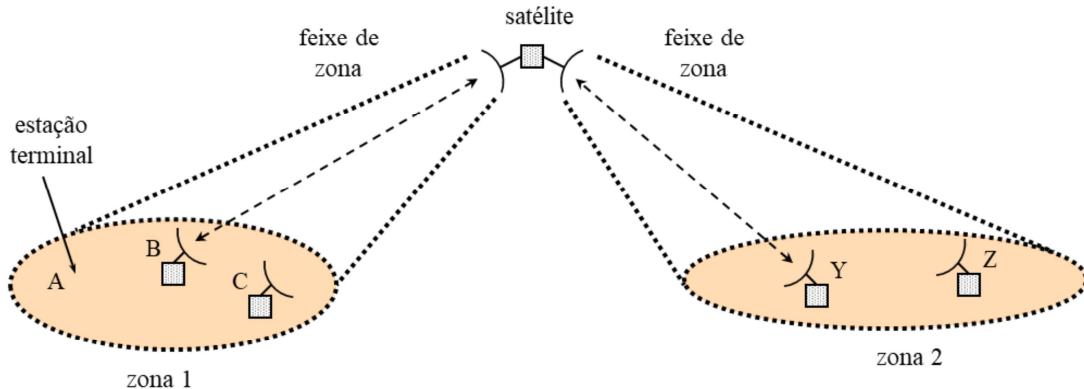
Áreas funcionais da rede

Rede de transporte

Sistemas de transmissão por satélite

transmissão sobre portadora

- caso particular de um feixe hertziano com um único repetidor no espaço
- permitem uma grande flexibilidade de acesso aos recursos de transmissão



Sistema básico de transmissão por satélite

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

Como caso especial de sistemas de micro-ondas, nos sistemas por satélite :

- o repetidor é colocado no espaço num satélite artificial;
- as órbitas mais importantes de satélites são as seguintes

geoestacionária – órbita equatorial com cerca de 42 000 km de raio, a única que conduz a um período de 24 horas, que por sua vez leva a que as estações terrestres vejam o satélite sempre na mesma direção;

de baixa altitude – órbita a uma altitude geralmente inferior a 1 000 km, o que reduz a atenuação em espaço livre de forma significativa, mas não permite uma posição fixa do satélite sobre as estações terrestres (a solução para permitir uma cobertura de 24 horas é lançar “constelações” de satélites, de forma a que haja pelo menos um sobre um qualquer lugar).

A figura representa um exemplo de uma configuração de acesso de estações situadas em duas zonas fisicamente distintas (normalmente longínquas). É evidenciada a ligação B-Y, sendo possíveis quaisquer outras ligações entre estações de cada uma das zonas.

Os **sistemas de micro-ondas** são muito mais baratos e rápidos de instalar do que os sistemas de linha (fibra ótica), mas saturam rapidamente o espectro disponível: por isso representam geralmente uma **pequena parte do tráfego** total da rede de transporte.

Áreas funcionais da rede

Rede de comutação de circuitos

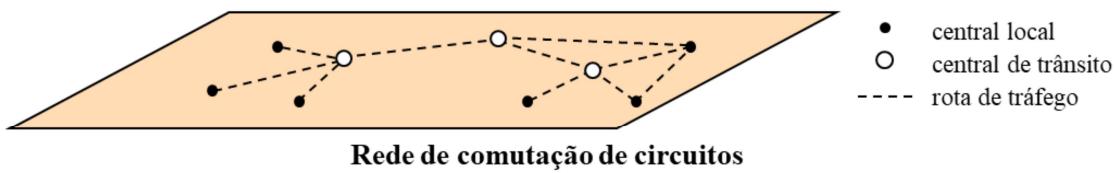
Funções

- **estabelecimento e libertação** de chamadas
- encaminhamento e supervisão de chamadas
- concentração / expansão de circuitos
- granularidade típica: canal básico de **64 kbit/s**

a pedido do utilizador através de procedimentos de sinalização

Sistemas constituintes

- centrais de comutação **locais**
- centrais de comutação de **trânsito regional e nacional**
- rotas de tráfego



Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

A **rede de comutação** de circuitos permite o **estabelecimento de circuitos extremo a extremo**, a pedido, para a transferência de informação entre quaisquer dois pontos terminais da rede.

É constituída por:

- **nós (centrais) de comutação** – pontos onde são estabelecidos circuitos a pedido dos utilizadores;
- **rotas de tráfego** – caminhos suportados sobre a rede de transporte.

As conexões que suportam os circuitos são estabelecidas (e libertadas) dinamicamente, chamada a chamada, através de **procedimentos de sinalização**, controlados pelos utilizadores. Este aspeto da rede de comutação contrasta com a rede de transporte, onde, como foi referido anteriormente, as conexões têm um carácter semipermanente, sendo estabelecidas pelo operador de rede, através de **procedimentos de gestão**.

Ou seja, os **nós de comutação** asseguram o **estabelecimento (e libertação) de circuitos elementares**, normalmente a 64 kbit/s, sobre os quais se faz a comunicação extremo a extremo; por sua vez, a rede de transporte é a verdadeira "autoestrada da informação", em cujos nós se faz o encaminhamento de grandes blocos de circuitos, permitindo estabelecer, nomeadamente, as **rotas de tráfego entre centrais**.

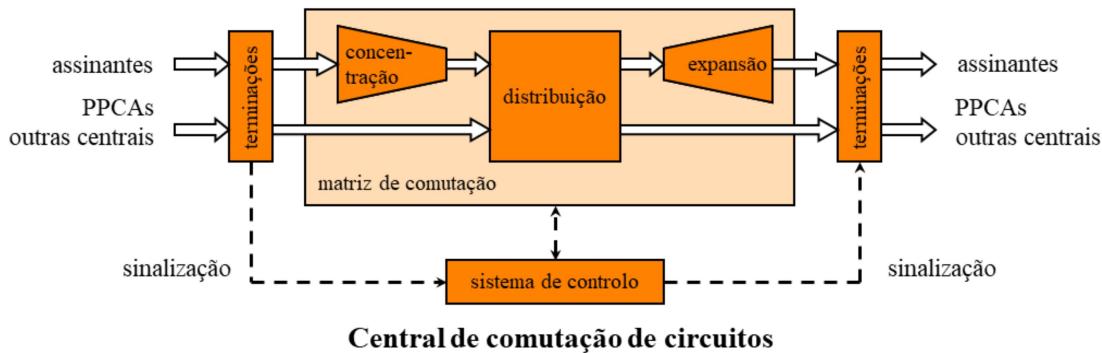
A rede pública telefónica comutada (PSTN – *Public Switched Telephone Network*) usa, como vimos, este tipo de comutação.

Áreas funcionais da rede

Rede de comutação de circuitos

Central de comutação de circuitos

- **matriz de comutação:** interliga entradas e saídas
- **terminações de linha:** conversão entre sinais externos e o formato de comutação
 - terminação de assinante (só em centrais locais)
 - terminação de ligações de PPCAs e outras centrais
- **sistema de controlo:** processa as chamadas e gera a central de comutação



Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

Um **nó de comutação** destina-se fundamentalmente a:

- **estabelecer** caminhos de comunicação (bidirecionais) a pedido de utilizadores;
- **libertar** as ligações quando já não forem necessárias.

Um **nó de comutação digital** não é mais do que um **computador especializado** a operar em **tempo real**:

- terminações de linha – são as interfaces onde se faz a entrada/saída de sinais externos;
- matriz de comutação – executa a **função principal da central**, isto é, encaminha qualquer canal de uma entrada para uma saída;
- controlo – é a unidade de processamento onde se tomam todas as decisões, tendo em conta os pedidos de chamadas dos utilizadores, veiculados através da sinalização.

As centrais locais e as centrais de trânsito têm duas diferenças fundamentais, ao nível das interfaces e dos requisitos de comutação:

- nas centrais de trânsito, ao contrário das centrais locais, não existem terminações de assinante;
- as centrais locais interligam um canal de entrada a um canal de saída específico, em função dos assinantes chamador e chamado; as centrais de trânsito, por sua vez, encaminham uma ligação de um canal de uma rota de entrada para um qualquer canal disponível de uma rota de saída.

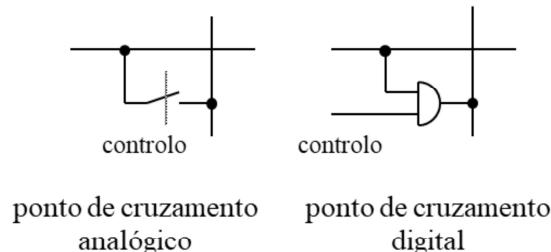
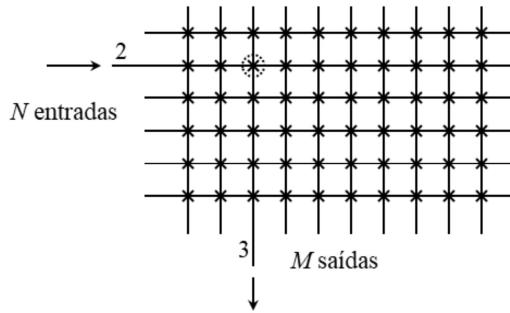
Áreas funcionais da rede

Rede de comutação de circuitos

Matrizes de comutação de circuitos

– matriz de comutação básica

- interliga **qualquer entrada a qualquer saída**
- atua-se o ponto de cruzamento respetivo
- pontos de cruzamento crescem rapidamente com o número de entradas/saídas



Matriz retangular $N \times M$

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

Conceptualmente, a estrutura de comutação mais simples é um agrupamento retangular de pontos de cruzamento, que permitem **interligar todas as entradas a todas as saídas**.

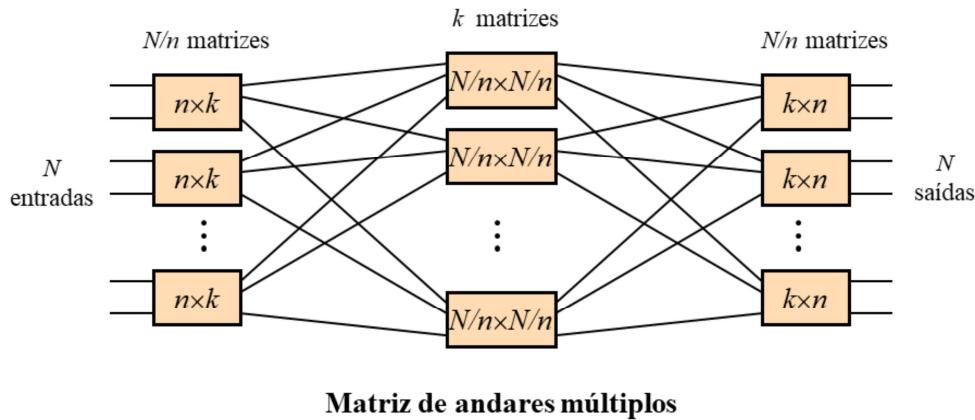
As **matrizes retangulares** de comutação são usadas em comutadores para suportar **tráfego de trânsito**, ou como andares de estruturas de andares múltiplos. Poderão promover a **concentração** de tráfego ($N > M$) ou **expansão** ($N < M$).

Para suportar a **comutação local** poderão ser utilizadas **matrizes quadradas** ($N=M$).

Rede de comutação de circuitos

Matrizes de comutação de circuitos

- matriz de comutação de média/grande dimensão
 - para **reduzir** pontos de cruzamento utilizam-se **matrizes de andares múltiplos**
 - a probabilidade de bloqueio pode ser tão pequena quanto se queira



O número de pontos de cruzamento de uma matriz de um andar cresce rapidamente com o número de entradas e saídas.

No caso de um número elevado de linhas, para evitar o número proibitivo de pontos de cruzamento, recorre-se a estruturas constituídas por **andares múltiplos**.

Cada andar é constituído por um conjunto de matrizes retangulares idênticas. Cada uma delas interliga-se a todas as matrizes dos andares adjacentes.

Como veremos adiante, é possível obter um **menor número de pontos de cruzamento**, em comparação com um único andar. Além disso, se se aceitar uma certa probabilidade de bloqueio, a redução de pontos de cruzamento pode ser muito significativa.

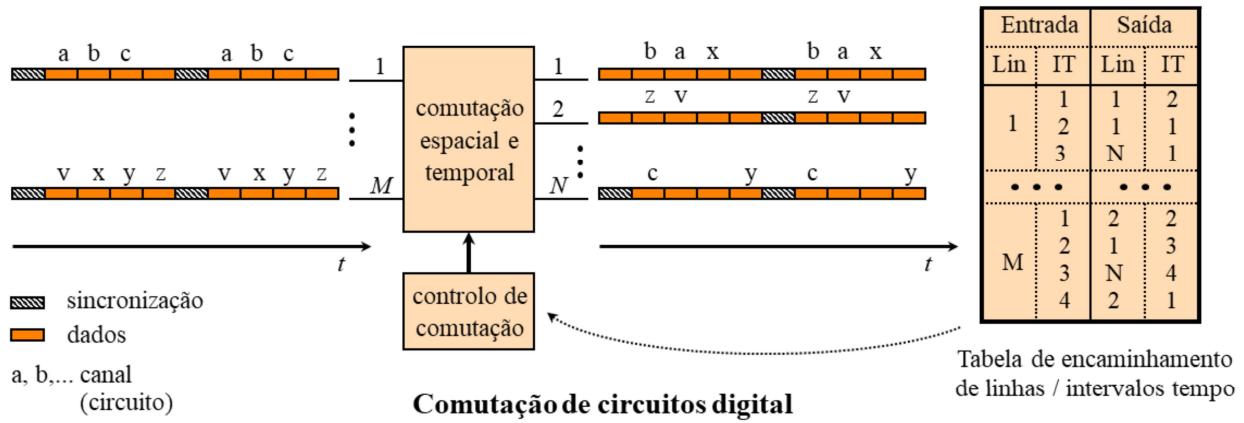
Áreas funcionais da rede

Rede de comutação de circuitos

Matrizes de comutação de circuitos

– comutação de circuitos digital

- as entradas e saídas são ligações multiplexadas TDM
- a comutação consiste na troca de intervalos de tempo (espacial e temporal)
- exige que todas as entradas estejam sincronizadas entre si



Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

A **comutação digital** é um processo de interligar intervalos de tempo entre um conjunto de ligações multiplexadas no tempo (TDM), suportadas, em geral, em estruturas de 32 intervalos de tempo a 2 048 kbit/s (ligações E1).

A **comutação digital** assenta em **duas técnicas** complementares:

- na **comutação espacial**, transfere-se a informação entre linhas de entrada e linhas de saída, do mesmo intervalo de tempo;
- na **comutação temporal**, transfere-se a informação entre intervalos de tempo.

As matrizes de comutação digital podem ser realizadas com um único andar, ou, no caso de sistemas de maior dimensão, recorrendo a vários andares.

Áreas funcionais da rede

Rede de comutação de pacotes

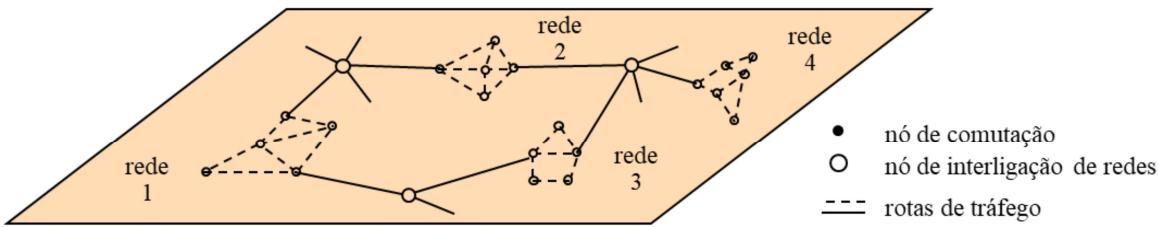
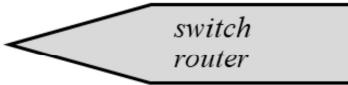
Funções

- estabelecimento, libertação e supervisão de conexões
- transferência de pacotes da origem para o destino
- concentração / expansão

só nas redes orientadas a conexões

Sistemas constituintes

- comutadores de pacotes
- rotas de tráfego



Rede de comutação de pacotes (exemplo de uma *internet*)

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

A **rede de comutação de pacotes** é objecto de estudo de outras disciplinas, pelo que se faz aqui apenas uma breve referência, com o objectivo de evidenciar a sua articulação com a rede fixa de telecomunicações.

Esta rede permite suportar eficientemente a **transmissão de dados com débitos variáveis**, identificando-se dois tipos básicos, como vimos anteriormente:

- rede de comutação de pacotes com conexões (ex.: ATM, MPLS);
- rede de comutação de pacotes sem conexões (ex.: IP).

As redes com conexões:

- requerem o estabelecimento e libertação de conexões (**circuitos virtuais**) através de sinalização;
- os pacotes transportam apenas o identificador de conexão;
- o encaminhamento de pacotes é decidido quando o circuito virtual é estabelecido – todos os pacotes seguem a mesma rota.

As redes sem conexões:

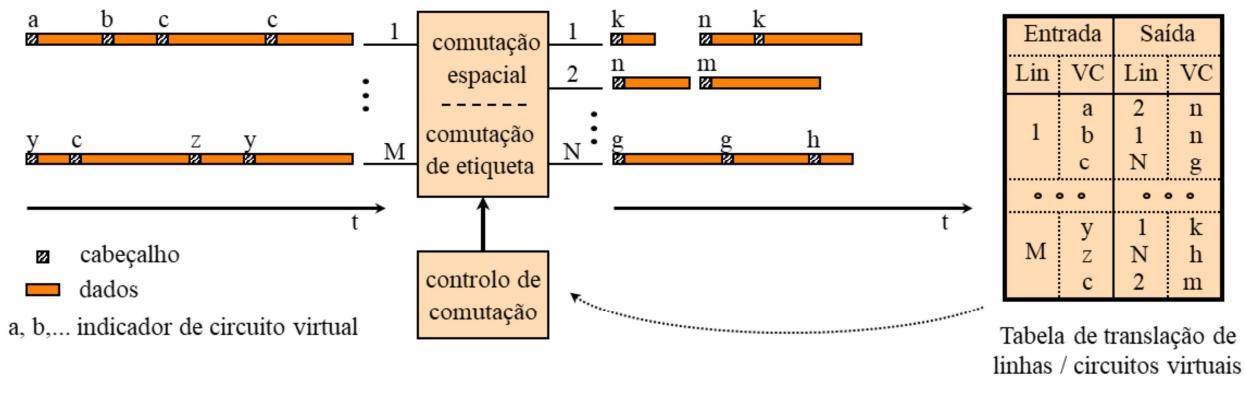
- não requerem o estabelecimento de conexões;
- todos os pacotes têm de ter endereços de origem e destino, designando-se, por isso, de **datagramas**;
- encaminham os pacotes de forma autónoma.

Áreas funcionais da rede

Rede de comutação de pacotes

Comutação de pacotes com conexões

- comutação espacial: transferem-se pacotes das entradas para as saídas
- comutação de etiqueta: os indicadores de circuito virtual nos cabeçalhos são modificados



Comutação de pacotes (rede com conexões)

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

Nos nós de comutação de uma rede orientada a serviços com conexões, é necessário modificar o indicador de circuito virtual antes da transmissão para o nó seguinte, uma vez que, de um modo geral, os **indicadores são referências que têm apenas significado local** na ligação entre dois nós (numa rede desenvolvida, seria impossível ter referências universais). Este mecanismo é designado de comutação de etiqueta.

Diz-se, então, que a **comutação de etiqueta** das redes em modo de pacote corresponde à **comutação temporal** (de posição) das redes em modo de circuito. Note-se que a dimensão tempo não poderia ser utilizada para identificar os pacotes, uma vez que há alterações temporais variáveis, resultantes de atrasos nas filas de espera.

Os circuitos virtuais e respetivos indicadores são definidos na fase de estabelecimento de cada conexão, atualizando-se então as tabelas de translação, de forma análoga ao que sucede no modo de circuito.

A **sinalização** necessária para o estabelecimento de conexões é suportada em pacotes transportados sobre a **própria rede de comutação de pacotes**, não sendo por isso necessária uma rede de sinalização própria, como ocorre em redes de comutação de circuitos.

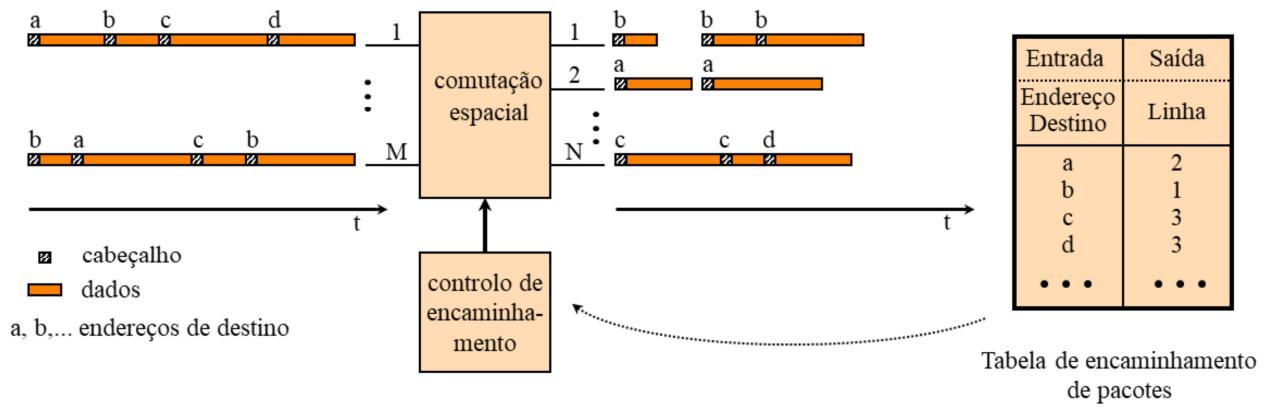
Um caso particular deste tipo de comutação ocorre com a tecnologia ATM, com a particularidade de os pacotes se designarem de células e terem um comprimento fixo.

Áreas funcionais da rede

Rede de comutação de pacotes

Comutação de pacotes sem conexões

- só há comutação espacial de pacotes
- os cabeçalhos não são modificados



Comutação de pacotes (rede sem conexões)

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

No caso de uma rede orientada a serviços sem conexões, os nós de comutação não alteram a informação de endereço contida em cada pacote: após a receção, os pacotes são apenas armazenados e enviados (*store and forward*) de acordo com o endereço de destino presente no cabeçalho.

Por isso, neste caso, usa-se para o nó a designação mais apropriada de encaminhador (*router*).

Áreas funcionais da rede

Rede de sinalização em comutação de circuitos

Funções

- troca de **informação de controlo** entre
 - assinante e central local
 - centrais interligadas por rotas de tráfego
- suporte de serviços de rede inteligente

estabelecimento, gestão e libertação de chamadas

Sistemas constituintes

- **nós** de sinalização
- **ligações** de dados entre os nós

origem e terminação de sinalização
encaminhamento de sinalização
bases de dados de controlo de serviços

Tipos de sistemas de sinalização

- sinalização por **canal associado**
- sinalização por **canal comum**

um canal de sinalização para cada canal de comunicação

um único canal de sinalização para múltiplos canais de comunicação

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

A **rede de sinalização** é a infraestrutura básica de comunicação de informação de controlo que assegura o fornecimento de serviços numa rede de comutação de circuitos – a sua **função básica** é permitir **estabelecer e libertar circuitos** extremo a extremo, para suportar chamadas com as características requeridas pelos utilizadores.

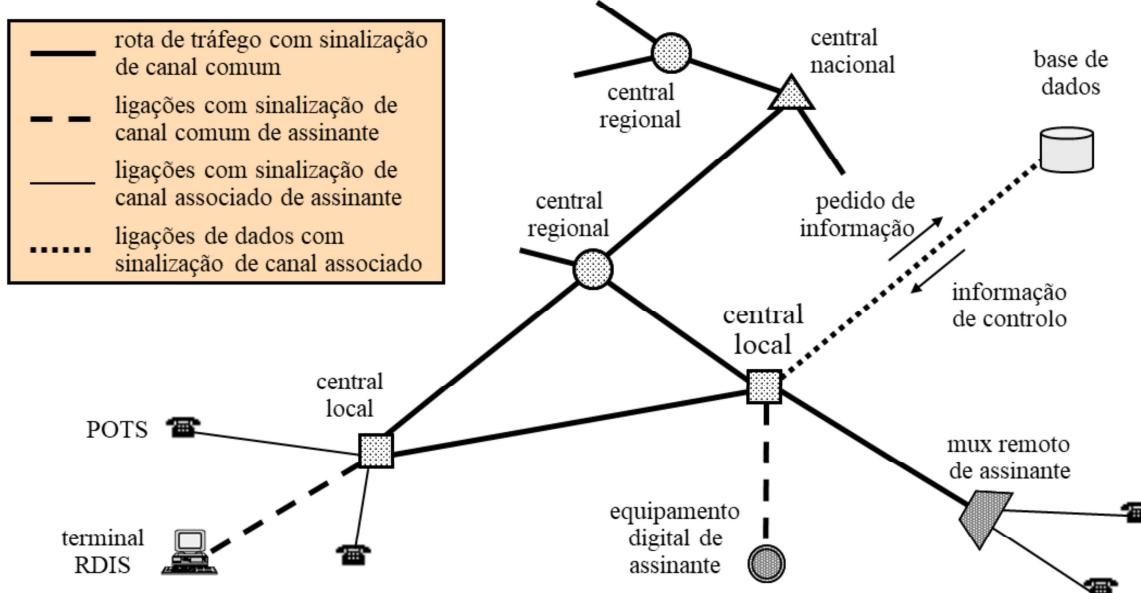
Mais recentemente, a rede de sinalização passou igualmente a suportar **serviços de rede inteligente** (IN, *Intelligent Network*), que exigem, nomeadamente, a translação de números. Por exemplo, a rede de sinalização fornece os mecanismos que permitem converter números verdes, não geográficos, em números geográficos da rede fixa, com os respetivos prefixos de área, o que, por sua vez, permite o encaminhamento das chamadas pelas centrais de comutação.

Este conceito de rede inteligente é igualmente fundamental para suportar a **mobilidade em redes de rádio celular**, disponibilizando-se de forma equivalente a informação de localização dos terminais móveis.

Refira-se ainda que a **infraestrutura** de comunicação de dados que suporta a rede de sinalização por canal comum é igualmente **utilizada pela rede de gestão**.

Áreas funcionais da rede

Rede de sinalização em comutação de circuitos – Sistemas SS7 e DSS1



Aplicação dos vários tipos de sistemas de sinalização em comutação de circuitos

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

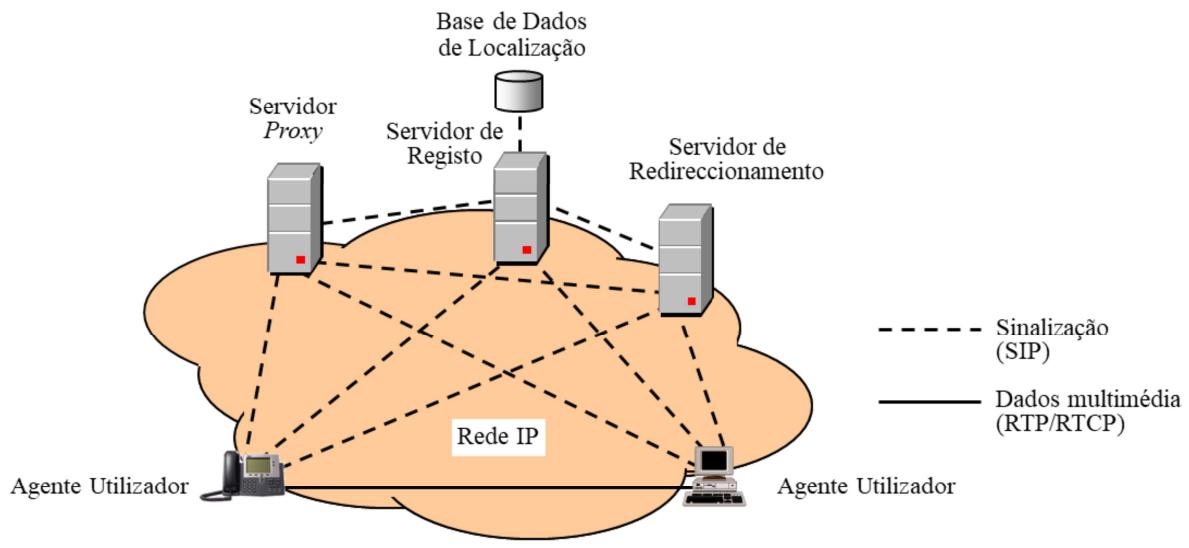
A **sinalização de canal associado** já foi utilizada entre nós de comutação, encontrando-se, neste momento obsoleta. É utilizada apenas na **rede local**.

A **sinalização de canal comum** é, portanto, o sistema universal de comunicação de dados adotado para transferência de informação de controlo entre nós de comutação. Além disso, a sinalização de canal comum suporta os serviços de rede inteligente através de procedimentos de consulta a bases de dados. Por exemplo, no caso de translação de números verdes, uma base de dados de serviço é inquirida e disponibiliza o número geográfico para o qual a chamada deve ser encaminhada. No suporte à mobilidade, a base de dados associada à rede móvel indica a área geográfica onde se localiza, no momento da chamada, o terminal móvel do assinante destinatário.

A **RDIS** introduziu um tipo de **sinalização de canal comum** idêntico ao utilizado entre nós de comutação, estendendo assim as capacidades de troca de informação de controlo até ao próprio utilizador. Esta evolução veio a permitir o suporte de um vasto número de facilidades adicionais impensáveis no acesso convencional analógico.

Áreas funcionais da rede

Rede de sinalização em VoIP – Protocolo SIP – *Session Initiation Protocol*



Arquitetura SIP mostrando os elementos de rede

Sistemas de Telecomunicações Sinalização de Chamadas

A **sinalização em redes VoIP** é suportada no protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*) para estabelecer chamadas e conferências através de redes IP.

Um elemento de rede essencial nesta arquitetura é o servidor de registo, que deverá ser consultado sempre que ocorre um chamada destinada a um utilizador do respetivo domínio, para lhe proporcionar o endereço físico atual.

Áreas funcionais da rede

Rede de gestão

Funções

- gestão de **configuração da rede**
- gestão de **falhas**
- gestão de **desempenho**
- gestão de **contabilidade**
- gestão de **segurança**

Sistemas constituintes

- **sistemas de operações**: processamento da informação
- **elementos da rede** de telecomunicações: objetos da gestão
- **rede de comunicação** de dados: assente sobre a rede de sinalização
- **estações de trabalho**: acesso pelo pessoal de operações e utilizadores

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

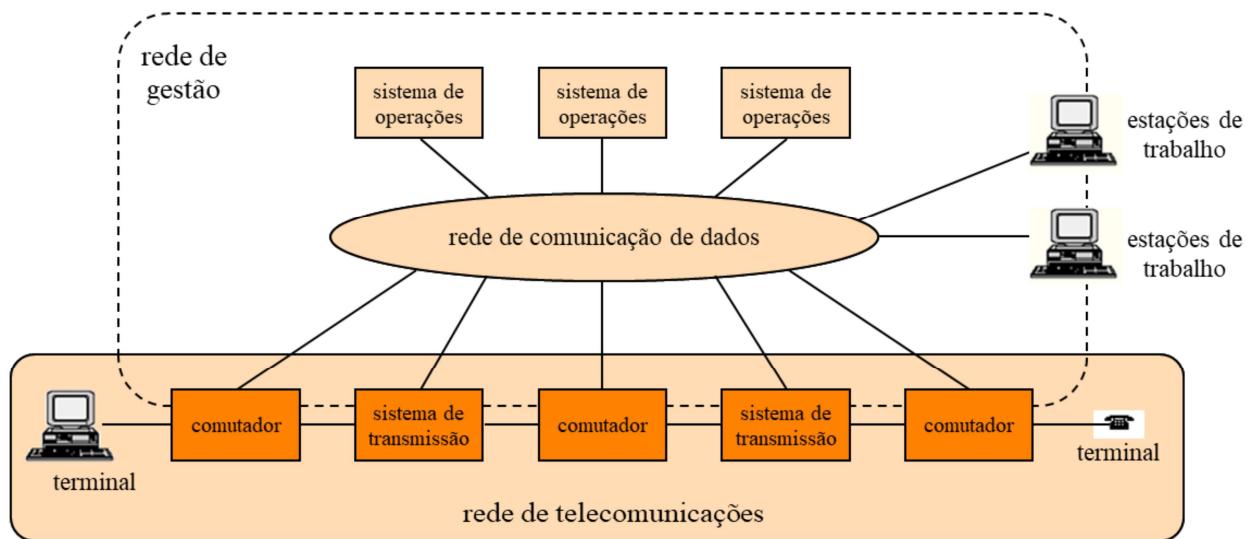
Com o desenvolvimento e complexidade crescentes das redes de telecomunicações, e simultaneamente com a necessidade de os operadores de telecomunicações oferecerem uma qualidade de serviço adequada, assume especial importância a disponibilização de um sistema eficaz de gestão que suporte as capacidades de Operação, Administração, Manutenção & Provisão (OAM&P).

O conceito de rede de gestão assenta nas seguintes características:

- **comunicação de dados de gestão** através de uma rede que interliga os vários tipos de sistemas de operações e equipamentos de telecomunicações a gerir;
- **distribuição de funcionalidades de gestão** pelos vários sistemas de operações, permitindo a implementação de uma gestão centralizada, integrada e automatizada de uma grande área de rede e serviços.

Áreas funcionais da rede

Rede de gestão



Conceito de rede de gestão

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

As funções de gestão podem ser implementadas segundo várias configurações físicas, muitas vezes condicionadas pelos cenários de introdução gradual de facilidades de gestão.

Numa fase avançada de desenvolvimento, pode definir-se uma arquitetura simplificada constituída pelos seguintes componentes:

- **sistemas de operações:** é responsável pelas funções de OAM&P colocadas à disposição de utilizadores.
- **elementos de rede:** conjunto de equipamentos da rede de telecomunicações, com capacidades de monitorização e controlo.
- **rede de comunicação de dados:** rede de dados baseada em protocolos normalizados, destinada a permitir a troca de informação de gestão entre os blocos funcionais da rede de gestão.
- **estações de trabalho:** executa funções de tradução de informação para um formato visualizável por utilizadores da rede de gestão.

Evolução da rede

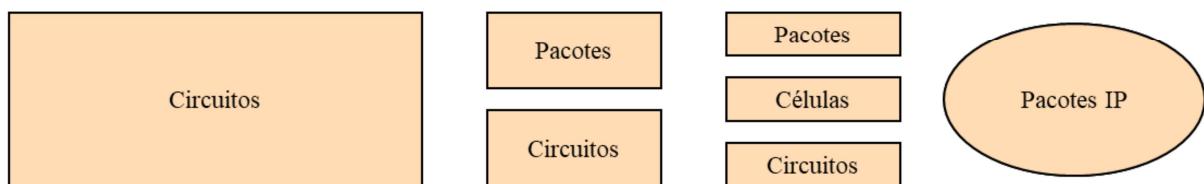
Etapas tecnológicas

Caracterização das etapas tecnológicas

- um conjunto coerente de tecnologias
- modos específicos de transferência de informação



Etapas tecnológicas



Modos de transferência da informação

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

A **evolução da rede** pode ser referida a **grandes etapas tecnológicas**, embora em certos períodos de tempo algumas delas tenham coexistido.

Nas **2 primeiras fases**, o **modo de circuito é exclusivo**. Os circuitos asseguram, por natureza, canais de débito constante estabelecidos a pedido ou semipermanentes.

A **Rede Digital com Integração de Serviços** suporta adicionalmente canais em modo pacote, isto é, usam-se protocolos de comunicação típicos das redes de dados.

A introdução de serviços de banda larga conduziu à adopção do modo de transferência da informação (ATM, *Asynchronous Transfer Mode*), baseado no modo de pacote, mas com unidades de informação (células) de comprimento fixo. Certos serviços continuaram a ser suportados no modo de circuito ou no modo de pacote.

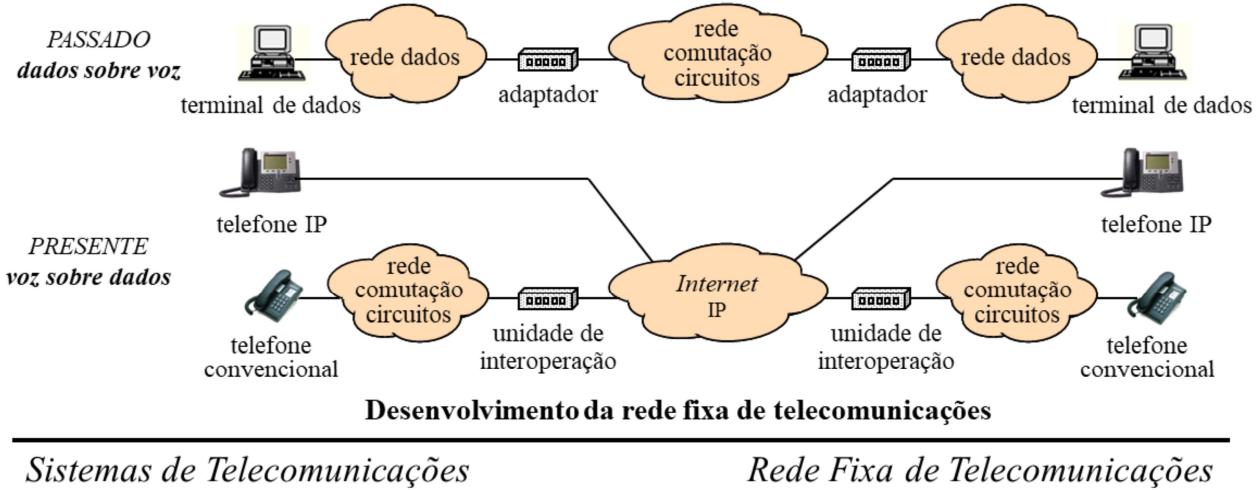
A **visão atual** é no sentido da **convergência** crescente com as **redes de dados**, sendo plausível uma evolução no sentido da adopção genérica do protocolo IP, utilizado já em larga escala na Internet.

Evolução da rede

Convergência com redes de dados

Inversão da importância relativa voz-dados

- crescimento acelerado de servidores Internet
- débitos mais elevados no acesso de utilizador (DSL, cabo, fibra ótica)
- em 1998, o tráfego de dados ultrapassou o de voz a nível mundial



Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

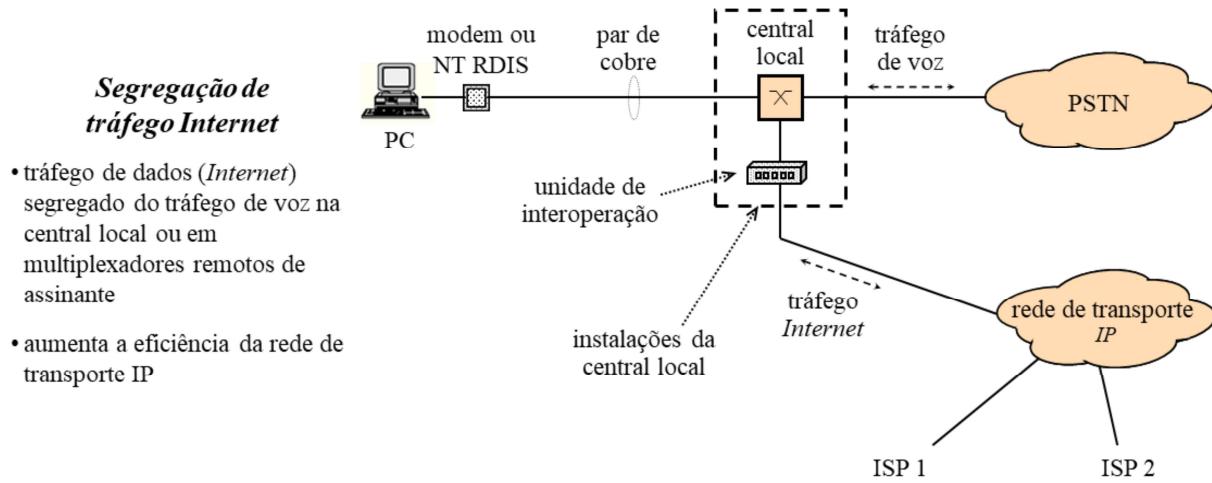
A **tendência atual** é no sentido de os serviços de telecomunicações, incluindo a telefonia, serem suportados numa **base tecnológica comum**, o que facilita os diversos níveis de integração de serviços: no terminal, no acesso, na transmissão, na comutação e na gestão da rede.

Há algum tempo, a tecnologia ATM foi considerada como candidata a desempenhar este papel. Contudo, uma realidade diferente acabou por se impor a este plano de desenvolvimento, e, neste momento, os protocolos da Internet têm todas as condições para se imporem a todos os serviços. Veja-se, por exemplo, os passos significativos que têm sido dados na área de telefonia sobre IP.

Evolução da rede

Convergência com redes de dados

Evolução do acesso Internet → migração da **rede comutada para rede IP**



Cenários de evolução do acesso Internet na rede fixa de telecomunicações (1)

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

Os **acessos de banda estreita** à Internet faziam-se, em grande parte, sobre **circuitos comutados estabelecidos até ao POP** (*Point Of Presence*) mais próximo do ISP respetivo. Na maioria dos casos, era necessário ocupar um circuito de interligação por cada chamada, sem que tal resulte num aumento de receita, já que a chamada era normalmente taxada à tarifa local.

O cenário representado no diagrama resolve esta questão: a marcação, pelo utilizador, de um número de acesso à Internet dará lugar ao **estabelecimento de um circuito através da central local**, encaminhado para uma **unidade de interoperação**, através da qual se fará o **ligação à rede de dados**, nas próprias instalações da central local.

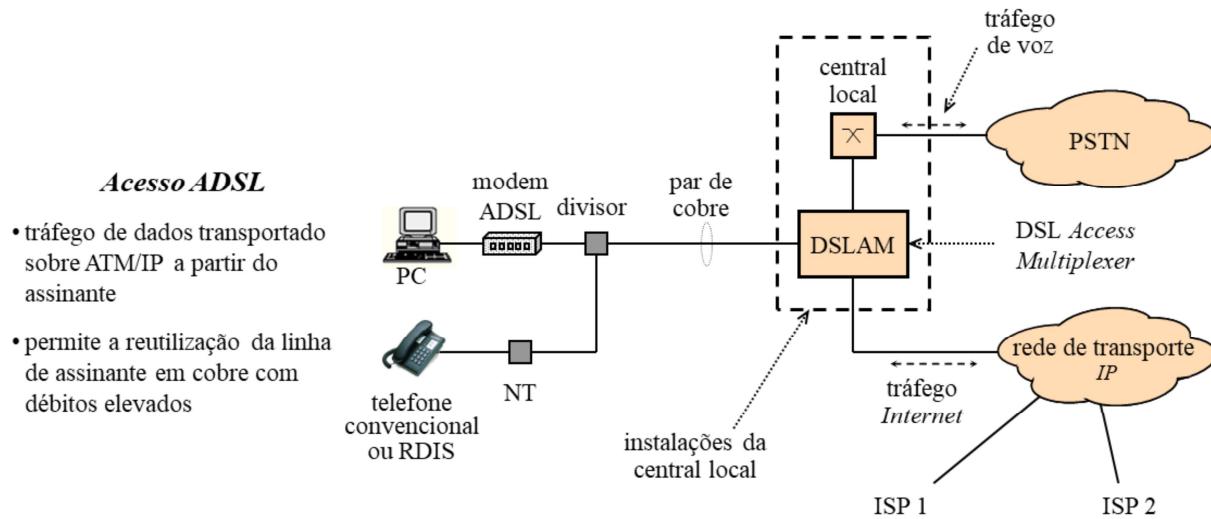
Em áreas onde existem multiplexadores remotos de assinante, poderá proceder-se de igual modo, encaminhando as chamadas de acesso à Internet para uma unidade de interoperação que fará a multiplexagem de pacotes sobre um único canal de dados de acesso à rede de transporte IP.

Desta forma, evita-se a utilização ineficiente de circuitos de interligação para aceder aos ISPs (*Internet Service Providers*) – há multiplexagem estatística dos vários utilizadores sobre o mesmo canal de dados.

Evolução da rede

Convergência com redes de dados

Evolução do acesso Internet → migração da **rede comutada para rede IP**



Cenários de evolução do acesso Internet na rede fixa de telecomunicações (2)

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

No **acesso ADSL**, a comunicação faz-se normalmente em **pacotes IP transportados sobre células ATM**. No par de cobre do utilizador, o tráfego de dados ocupa uma banda colocada acima da banda ocupada pela telefonia analógica (ou RDIS), pelo que a disponibilização deste tipo de acesso não obriga à instalação de novos suportes físicos de transmissão.

Além disso, esta solução permite fornecer um acesso "sempre ligado" – não há necessidade de estabelecer um circuito para permitir a comunicação.

Uma solução equivalente tem vindo a ser disponibilizada pelos operadores de redes por cabo, em que um modem de cabo (*cable modem*) de assinante comunica com um sistema de terminação de modems de cabo (CMTS, *Cable Modem Termination System*), onde se fará a agregação do tráfego de dados de múltiplos assinantes.

Em qualquer destes cenários, a **fronteira da rede de pacotes chega diretamente ao utilizador**, permitindo o transporte integrado de serviços sobre redes de dados, o que, especialmente no caso de utilizadores residenciais, representa um avanço significativo.

Na perspectiva dos operadores incumbentes, isto é, que exploraram durante longos anos a rede básica de telecomunicações, a utilização generalizada de acessos à Internet por ADSL ou por cabo, em detrimento de acessos comutados, tem vindo a reduzir a enorme pressão que se estava a sentir em termos de sobrecarga dos comutadores locais.

Evolução da rede

Convergência com redes de dados

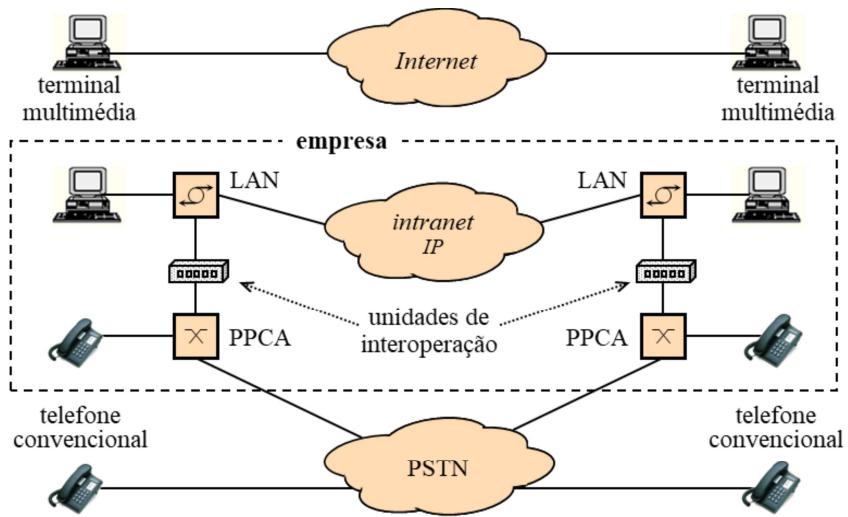
Evolução do transporte de voz → migração da rede comutada para rede IP

Internet sem QoS

- ligações entre PCs pela Internet
- acesso à rede telefónica possível através de gateways

Intranets de empresas

- interligação entre PPCAs através de redes IP e unidades de interoperação privadas
- acesso à rede telefónica pública através dos PPCAs



Cenários de evolução do transporte de voz na rede fixa de telecomunicações (1)

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

O **transporte dos serviços** convencionais de voz será **progressivamente feito sobre** as redes de dados, embora de forma faseada.

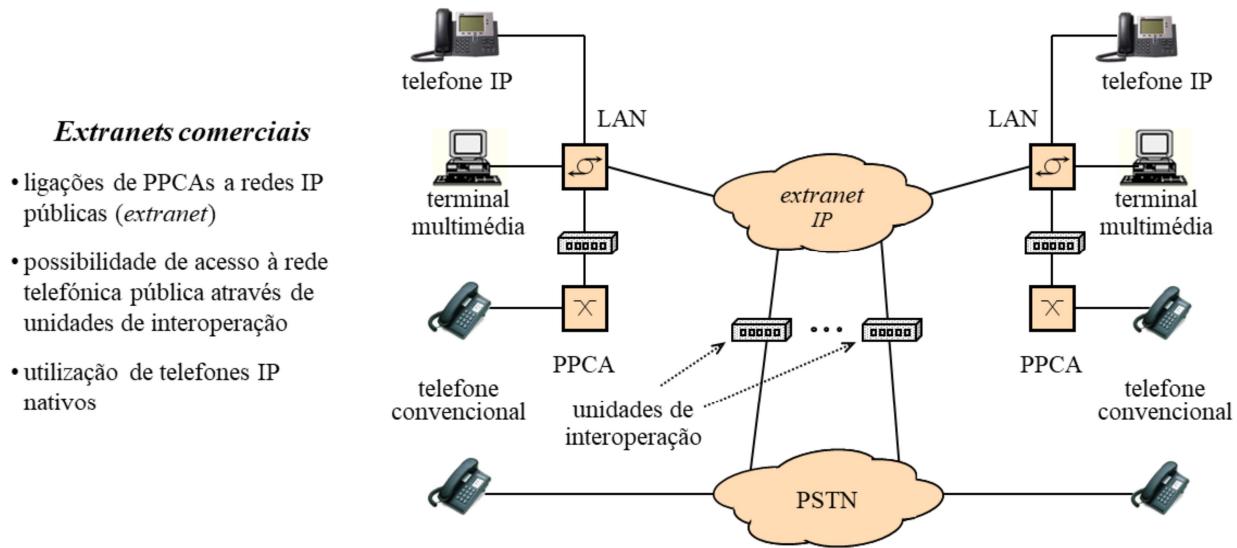
O cenário de telefonia pela Internet, embora isolado do resto da rede telefónica, é uma realidade desde 1995, quando foi demonstrada uma comunicação de voz com compressão envolvendo dois PCs com processadores a 33 MHz – o problema é a baixa qualidade de serviço (QoS) em situações de sobrecarga da rede.

O cenário de voz sobre IP em **intranets de empresas** já é **utilizado há algum tempo** por muitas empresas, o que também se tornou legalmente possível em Portugal, com os primeiros passos da liberalização do mercado.

Evolução da rede

Convergência com redes de dados

Evolução do transporte de voz → migração da rede comutada para rede IP



Cenários de evolução do transporte de voz na rede fixa de telecomunicações (2)

Sistemas de Telecomunicações

Rede Fixa de Telecomunicações

O **cenário de extranets comerciais** tornou-se possível com o aparecimento de novos operadores que instalaram de raiz redes de dados, sobre as quais **transportam o tráfego de voz** – a atribuição de banda é feita de forma conservativa, garantindo a **qualidade do serviço**.

A **migração do tráfego de voz para redes de dados** é um requisito essencial para a **rentabilização da infraestrutura**, que pode ser resolvido de várias formas:

- nos utilizadores comerciais que já usam LANs nas suas redes internas, poderão ser usados terminais que, suportando voz sobre IP, acedem diretamente à rede de dados; em alternativa, poderão ser usados telefones convencionais ligados a PPCA's, sendo necessário, neste caso, promover a interoperação na própria rede privada;
- para estender a oferta aos utilizadores com acesso telefónico convencional, a interoperação deverá ser feita na rede pública, o mais próximo possível da central local que serve o utilizador;
- nas redes de acesso por ADSL, por cabo ou por fibra ótica, já é possível disponibilizar serviços de voz sobre IP, estando, contudo o sucesso deste serviço assegurado pelo facto de os operadores disponibilizarem unidades de interoperação para acesso à rede fixa convencional.