

*Redes e Serviços Públicos de
Comunicação de Dados*

*FEUP/DEEC/RCD – 2001/02
MPR/JAR*

X.25

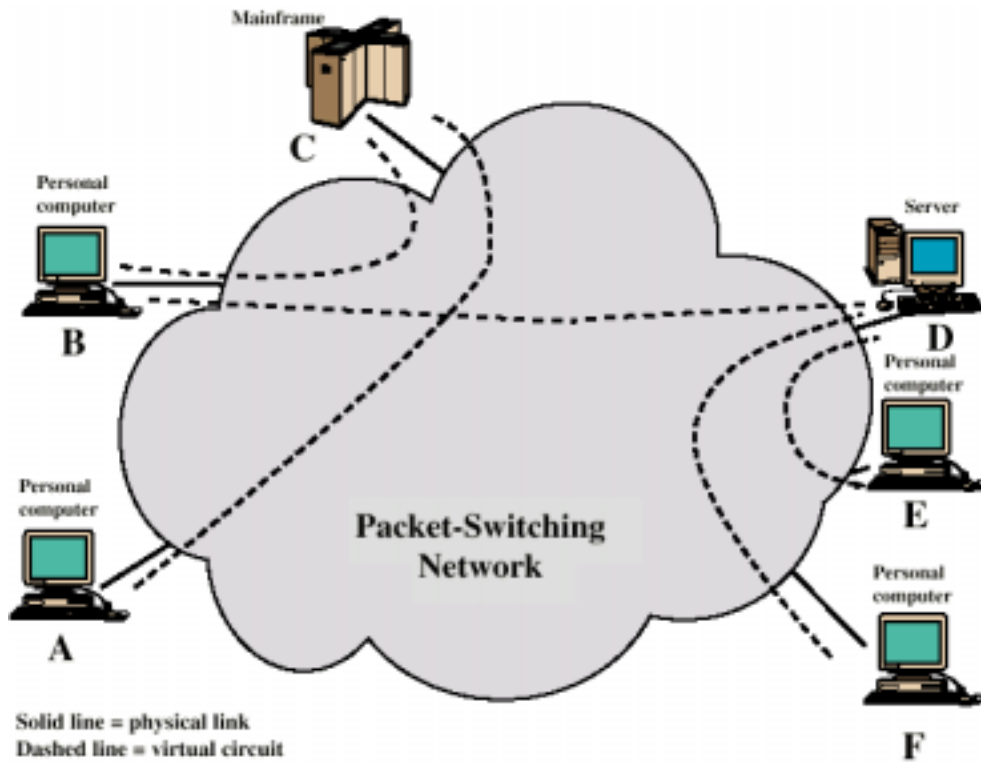
X.25

- ◆ A recomendação X.25 do ITU-T define os protocolos na interface de acesso entre um equipamento terminal e uma rede pública de comutação de pacotes
 - » Especifica três níveis que correspondem aos três níveis mais baixos do OSI
- ◆ Nível Físico
 - » Interface física entre o equipamento terminal (DTE) e um equipamento de terminação de Rede (DCE)
- ◆ Nível de ligação de dados (nível trama)
 - » LAPB - *Link Access Procedures Balanced*
 - » Especifica os procedimentos para estabelecer, manter e terminar uma ligação de dados que permite o envio fiável de tramas, sujeito a mecanismos de controlo de erros e de fluxo
- ◆ Nível de rede (nível pacote)
 - » Oferece um Serviço de Circuitos Virtuais
 - » Especifica os procedimentos para estabelecer, manter e terminar circuitos virtuais e transferir pacotes de dados nos circuitos virtuais

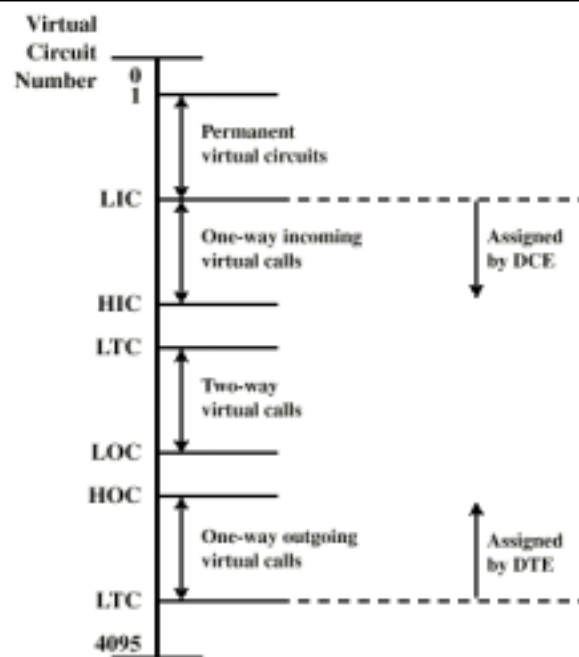
X.25 – Serviço de Circuitos Virtuais

- ◆ X.25 oferece um serviço de Circuitos Virtuais
- ◆ Os Circuitos Virtuais são identificados na interface de acesso por um Número de Canal Lógico (12 bits)
 - » É possível multiplexar até 4095 circuitos virtuais numa interface de acesso
- ◆ Os Circuitos Virtuais podem ser de dois tipos
 - » Comutados (SVC - *Switched Virtual Circuits*)
 - Os circuitos virtuais comutados (chamadas virtuais) são estabelecidos e terminados por meio de procedimentos de sinalização próprios do X.25 (sinalização *in-band*)
 - A sinalização associada ao estabelecimento e terminação de Circuitos Virtuais recorre a pacotes de controlo e é realizada no mesmo canal lógico em que são transportados os pacotes de dados da chamada correspondente
 - » Permanentes (PVC - *Permanent Virtual Circuits*)
 - Os circuitos virtuais permanentes são estabelecidos por meio de procedimentos de gestão e mantidos durante um período definido contratualmente

Utilização de Circuitos Virtuais X.25



Numeração de Canais Lógicos X.25

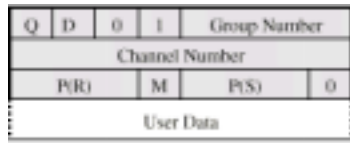


LIC = Lowest incoming channel
HIC = Highest incoming channel
LTC = Lowest two-way channel

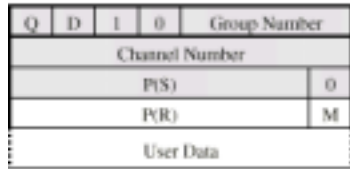
HTC = Highest two-way channel
LOC = Lowest outgoing channel
HOC = Highest outgoing channel

Virtual circuit number =
logical group number and
logical channel number

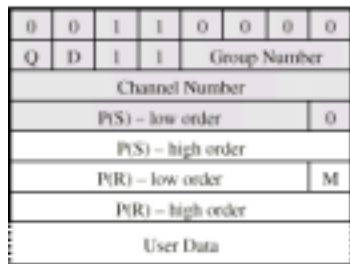
X.25 - Formato dos Pacotes



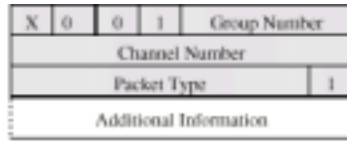
(a) Data packet with 3-bit sequence numbers



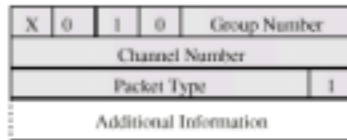
(d) Data packet with 7-bit sequence numbers



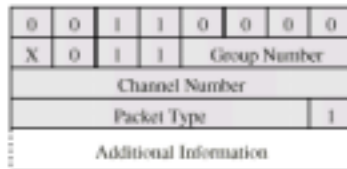
(g) Data packet with 15-bit sequence numbers



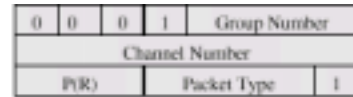
(b) Control packet for virtual calls with 3-bit sequence numbers



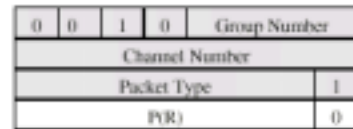
(e) Control packet for virtual calls with 7-bit sequence numbers



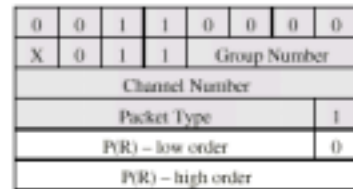
(h) Control packet for virtual calls with 15-bit sequence numbers



(c) RR, RNR, and REJ packets with 3-bit sequence numbers



(f) RR, RNR, and REJ packets with 7-bit sequence numbers

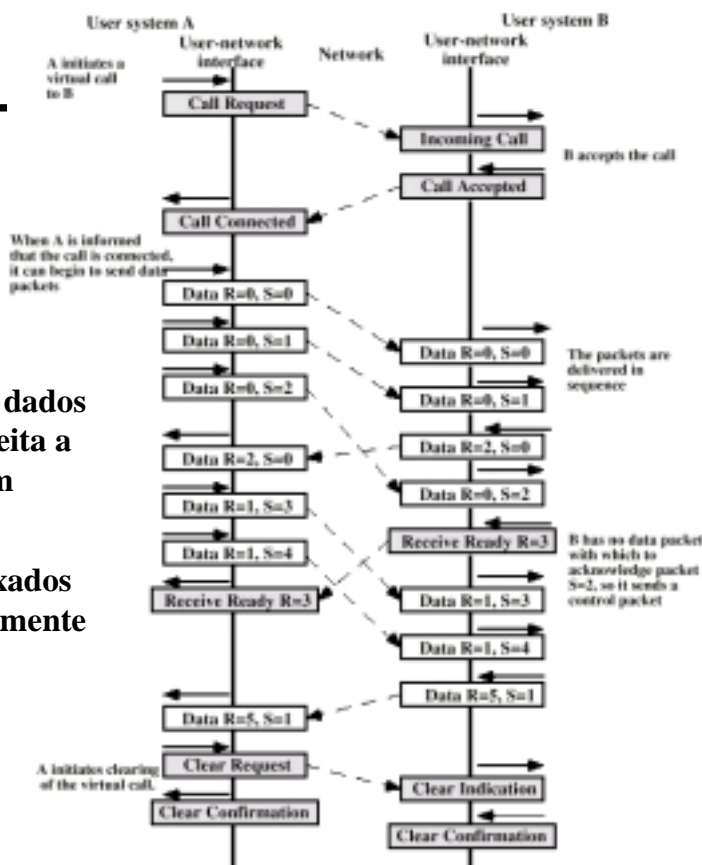


(i) RR, RNR, and REJ packets with 15-bit sequence numbers

Chamada Virtual

A transferência de pacotes de dados num Circuito Virtual está sujeita a controlo de fluxo baseado num mecanismo de janela

Os circuitos virtuais multiplexados na rede operam independentemente



Serviços de Suporte em Modo Trama

Frame Relay

Serviços de Suporte em Modo Trama

A expressão *Frame Relay* é habitualmente usada, em sentido lato, para designar serviços baseados na comutação (rápida) de tramas, isto é, unidades de dados de comprimento variável transportadas na camada de ligação de dados

A recomendação I.122 (ITU-T) designa estes serviços por Serviços de Suporte em Modo Trama, que incluem:

- » *Frame Relaying*
- » *Frame Switching*
- » *X.25 based additional packet mode*

O primeiro é o mais simples e o mais usual, pelo que a expressão *Frame Relay* se popularizou para designar esta família de serviços

Princípios Arquitectónicos

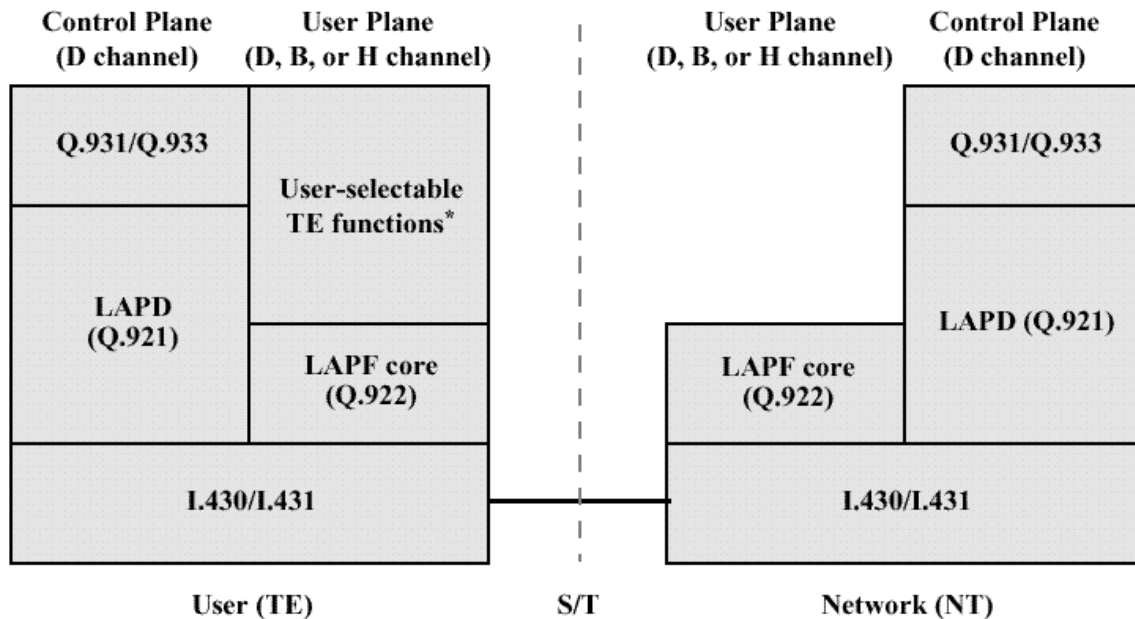
- ◆ *Frame Relay* é uma forma simplificada de comutação de pacotes
 - » permite comutação mais rápida e mais eficiente que a comutação X.25
 - » ultrapassa algumas limitações dos serviços em modo pacote na RDIS
- ◆ Baseia-se em princípios arquitectónicos adoptados na RDIS (embora *Frame Relay* não tenha necessariamente de ser suportado na RDIS)
 - » Separação dos procedimentos de sinalização e de transferência de dados do utilizador
 - as conexões em modo trama são estabelecidas por meio de procedimentos de sinalização de nível 3 (Q.931 / Q.933)
 - » Nos canais de suporte são transportados apenas dados do utilizador, sendo a multiplexagem e comutação realizada na camada de ligação de dados
 - os procedimentos de nível 2 na interface de acesso constituem uma extensão do LAPD (RDIS), que permite multiplexar várias ligações de dados e portanto suportar directamente múltiplos fluxos de dados de camadas superiores

Princípios de Funcionamento

A simplificação do processo de comutação resulta de vários factores

- ◆ Adopção de comutação de circuitos virtuais
- ◆ Eliminação de procedimentos pesados de controlo de erro e de fluxo nos nós da rede, remetendo-os para a periferia ou para o equipamento terminal (se necessário)
 - » Com as taxas de erro muito baixas possíveis em sistemas de transmissão digital deixa de fazer sentido realizar controlo de erro no interior da rede
 - » É deixada ao equipamento terminal a responsabilidade de recuperação de erros (extremo-a-extremo), dependendo dos requisitos das aplicações (elevada fiabilidade e alguma tolerância a atrasos em aplicações de dados vs tempo de resposta crítico e alguma tolerância a perdas em aplicações com requisitos de tempo real)
- ◆ Tal simplificação torna possível comutação de alta velocidade, condição necessária para a exploração da elevada capacidade disponível em sistemas de transmissão digital

Interface Utilizador-Rede



* Additional functions to support flow and error control may be provided. LAPF control is one protocol that may be used.

Plano de Controlo

- ◆ Os procedimentos de sinalização entre o utilizador e a rede são suportados em canais lógicos distintos dos canais lógicos usados para transferência de dados
- ◆ Camada de ligação de dados
 - » LAPD (Q.921)
 - » Ligação de dados fiável
 - » Controlo de erro e de fluxo
- ◆ Camada de rede
 - » Procedimentos para estabelecimento dos canais de suporte e para acesso aos serviços em modo trama (Q.931 / Q.933)

Plano do Utilizador

- ◆ Transferência de dados do utilizador
 - » Procedimentos entre o utilizador e a rede (camada de ligação de dados) e entre utilizadores (extremo-a-extremo)
- ◆ Ausência de procedimentos de sinalização
- ◆ Camada de ligação de dados
 - » Q.922 - LAPF (*Link Access Procedures for Frame Mode Bearer Services*)
 - » Os procedimentos LAPF são subdivididos, separando funções básicas ou nucleares (*DL-core*) e funções de controlo (*DL-control*)
 - » Funções nucleares (*core*)
 - Delimitação de tramas (*flags*), alinhamento e transparência (*bit-stuffing / de-stuffing*)
 - Multiplexagem e desmultiplexagem de tramas com base em identificadores de ligação de dados (DLCI) no campo de endereço
 - Verificação do tamanho das tramas (número inteiro de octetos, valores mínimo e máximo)
 - Detecção de erros de transmissão
 - Ausência de funções de controlo de erro e de fluxo
 - Indicação de congestionamento

Serviços em Modo Trama - variantes

As diferenças entre os Serviços em Modo Trama referem-se apenas ao Plano do Utilizador e às funções Q.922 suportadas

- ◆ *Frame Relaying*
 - » Na interface de acesso é usado apenas o núcleo Q.922
 - » Tramas descartadas devido a erros ou a congestionamento na rede não são recuperadas - o serviço não é fiável mas garante a entrega ordenada de tramas
 - » Funções de controlo adicionais são suportadas extremo-a-extremo, podendo ser específicas do utilizador (FR1) ou segundo Q.922 (FR2)
- ◆ *Frame Switching*
 - » Na interface de acesso são usados os procedimentos Q.922 completos
 - » Serviço fiável, com transferência de tramas sujeita a confirmação, controlo de erro e controlo de fluxo
- ◆ *X.25-based additional packet mode* (não especificado)
 - » Na interface de acesso são usados os procedimentos Q.922 e no nível 3 os procedimentos de transferência de pacotes X.25 (excluindo os respectivos procedimentos de sinalização *inband* para controlo de circuitos virtuais)

Interface ao Serviço Frame Relay

- ◆ O Serviço *Frame Relay* é orientado à conexão, oferecendo portanto uma interface do tipo Circuito Virtual
- ◆ Os Circuitos Virtuais são identificados por um identificador de ligação de dados (DLCI) no campo de endereço das tramas
- ◆ Os Circuitos Virtuais podem ser de dois tipos:
 - » Comutados (SVC - *Switched Virtual Circuits*)
 - Os circuitos virtuais comutados (chamadas virtuais) são estabelecidos e terminados por meio de procedimentos de sinalização
 - » Permanentes (PVC - *Permanent Virtual Circuits*)
 - Os circuitos virtuais permanentes são estabelecidos por meio de procedimentos de gestão

Frame Relay vs X.25

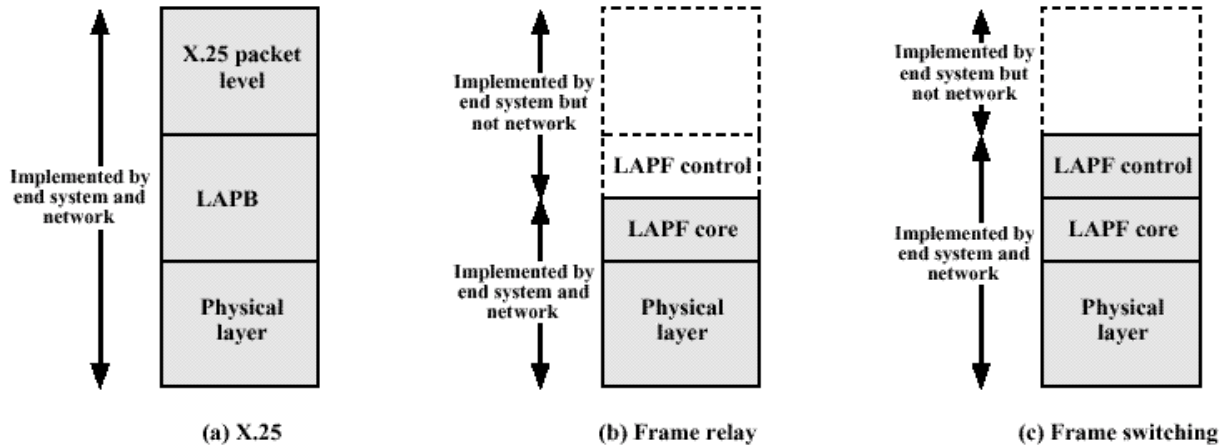
X.25

- » Nível 3 inclui procedimentos de controlo de chamadas virtuais e de transferência de pacotes no mesmo canal lógico (sinalização *in-band*)
- » Multiplexagem e comutação de circuitos virtuais no nível 3
- » Mecanismos de controlo de erro e de fluxo no nível 2 (ligação de dados) e no nível 3 (por circuito virtual)
- » *Overhead* significativo: procedimentos e informação de controlo protocolar

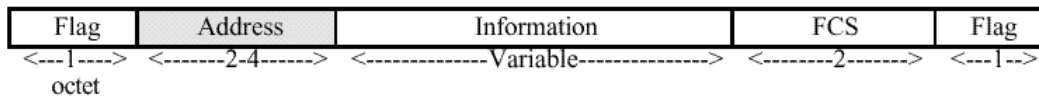
Frame Relay

- » Procedimentos de sinalização de nível 3 em canais lógicos separados
- » Multiplexagem e comutação de circuitos virtuais no nível 2
- » Ausência de controlo de erro e de fluxo nó a nó
 - Controlo de erro e de fluxo extremo-a-extremo (se necessário)

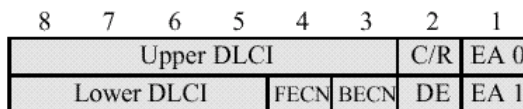
X.25 vs Frame Relay / Switching



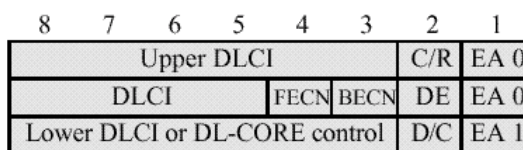
Formatos LAPF - Core



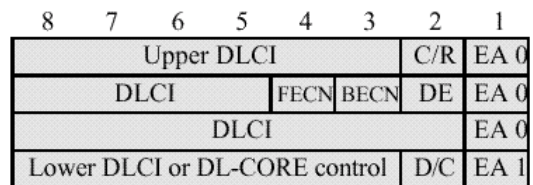
(a) Frame format



(b) Address field - 2 octets (default)



(c) Address field - 3 octets



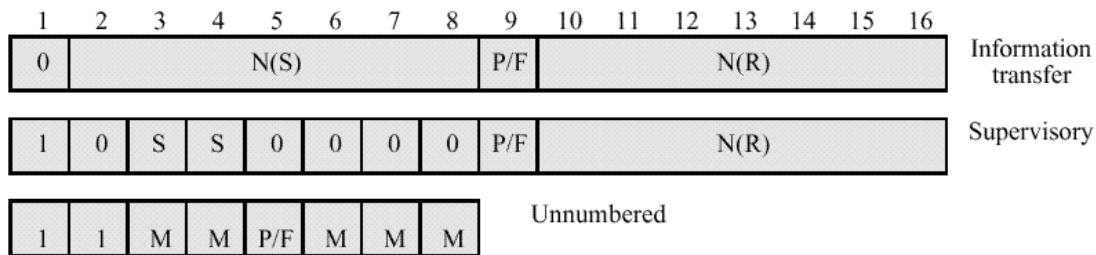
(d) Address field - 4 octets

- EA Address field extension bit
- C/R Command/response bit
- FECN Forward explicit congestion notification
- BECN Backward explicit congestion notification
- DLCI Data link connection identifier
- D/C DLCI or DL-CORE control indicator
- DE Discard eligibility

Formatos LAPF - Control



(a) Frame format



N(S) Transmitter send sequence number
 N(R) Transmitter receive sequence number
 P/F Poll/final bit
 S Supervisory function bit
 M Modifier function bit

(b) Control field formats

Indicação de Congestionamento e de Descarte

- ◆ **FECN - Forward Explicit Congestion Notification**
 - » Enviado para o receptor (destinatário) de tráfego, notificando-o de que as tramas que está a receber encontraram recursos congestionados
 - » Pode ser usado para controlo do débito do emissor (fonte) realizado pelo receptor (exemplo: mecanismo de janela extremo-a-extremo)
- ◆ **BECN - Backward Explicit Congestion Notification**
 - » Enviado para o emissor (fonte) de tráfego, notificando-o de que as tramas que vai transmitir podem encontrar recursos congestionados
 - » Pode ser usado para controlar directamente o débito do emissor (fonte)
- ◆ **DE - Discard Eligibility**
 - » Tramas marcadas com DE = 1 são descartadas preferencialmente
 - » A marcação de tramas com DE = 1 pode ser feita pelo terminal ou pela rede (a marcação de DE pela rede depende do tráfego e do contrato estabelecido)
 - » A rede não é obrigada a descartar tramas com DE = 1 nem está impedida de descartar tramas com DE = 0

Parâmetros de Tráfego

» AR - *Access Rate*

- Capacidade do canal físico para acesso ao serviço
- O débito instantâneo do utilizador é limitado pela capacidade do canal de acesso

» CIR - *Committed Information Rate*

- Débito médio na interface de acesso que a rede deve garantir em condições normais
- CIR é definido num intervalo T (tipicamente da ordem de 1s) não directamente especificado

» B_c - *Committed Burst Size*

- Máxima quantidade de informação que a rede aceita transferir em condições normais durante um intervalo T, indirectamente definido pela relação $B_c = CIR * T$
- É possível transmitir um *burst* máximo B_c com débito instantâneo AR, desde que o valor médio do débito (em qualquer intervalo T) não exceda CIR
- O tráfego é sujeito a policiamento pela rede em janelas de observação contínuas de duração T
- A geração de tráfego conforme (*shaping*) e o respectivo policiamento podem ser realizados com um mecanismo de controlo do tipo *Token Bucket*

» B_e - *Excess Burst Size*

- Máxima quantidade de informação (para além de B_c) que a rede transmite condicionalmente durante um intervalo T; $B_e = EIR * T$, sendo EIR - *Excess Information Rate*
- Tráfego que num período T exceda $B_c + B_e$ é descartado incondicionalmente

Vantagens e Limitações do Frame Relay

- ◆ O serviço *Frame Relay* não garante total fiabilidade na transferência de dados, uma vez que tramas descartadas devido a erros de transmissão ou congestionamento não são recuperadas pela rede
 - » o impacto deste efeito é limitado pela elevada fiabilidade dos sistemas de transmissão digital e por mecanismos de prevenção de congestionamento
- ◆ O aumento da capacidade de comutação resultante da redução de *overheads* protocolares e de processamento tem como consequências
 - » o aumento do débito (*throughput*) possível (total e por circuito virtual)
 - » a redução do tempo de atraso (latência) na rede
- ◆ O serviço *Frame Relay* combina assim as vantagens da comutação de circuitos /circuitos dedicados (atraso reduzido na rede) com as vantagens da comutação de pacotes (elevada eficiência devido à exploração de multiplexagem estatística), podendo esta ser realizada a muito alta velocidade (possivelmente até cerca de 45 Mbit/s)

Aplicações

- ◆ As características do serviço *Frame Relay* recomendam a sua utilização como substituto natural do X.25, nomeadamente em aplicações que requeiram Circuitos Virtuais Comutados (SVC)
- ◆ Por outro lado o recurso a Circuitos Virtuais Permanentes (PVC) constitui uma alternativa muito vantajosa a circuitos dedicados
 - » A possibilidade de negociar na interface de acesso o valor de AR e ainda de CIR por circuito virtual permite uma flexibilidade muito superior à oferecida por circuitos telefónicos (capacidade fixa e granularidade)
 - » Redução significativa de custos para a mesma capacidade instalada (ou aumento significativo da capacidade útil para custo idêntico) relativamente a circuitos telefónicos (devido à exploração de multiplexagem estatística)
 - » Possibilidade de multiplexar num único acesso vários circuitos virtuais, para o mesmo destino (suporte de múltiplos dispositivos físicos ou lógicos remotos) ou para destinos diferentes (por exemplo interligação de LANs)

Aplicações

- ◆ Interligação de LANs
 - » Com PVCs *Frame Relay* é possível criar uma topologia lógica em malha com conectividade idêntica ou mais rica que a da topologia física realizada com circuitos dedicados
 - com custo idêntico é possível enriquecer a topologia com recurso a PVCs adicionais ou subscrever acessos com capacidade mais elevada
 - » Com PVCs cada LAN requer um único acesso a um *backbone* comum
 - redução do número de interfaces por *router* interligado
 - redução da complexidade de gestão da rede
 - partilha eficiente de largura de banda pelos vários circuitos virtuais, adaptada aos fluxos de tráfego entre LANs (impossível com circuitos dedicados entre pares de *routers*)
- ◆ Integração de serviços
 - » Alguns fabricantes desenvolveram dispositivos (FRAD - *Frame Relay Access Devices*) que permitem suportar no mesmo acesso vários serviços, nomeadamente voz (com compressão), fax, dados críticos e dados *bursty*, com prioridades configuráveis conforme a sua importância relativa

ATM

Asynchronous Transfer Mode

ATM - Princípio de funcionamento

- » O Modo de Transferência Assíncrono (*Asynchronous Transfer Mode* - ATM) é uma tecnologia rápida de comutação de pacotes, orientada à conexão
 - a unidade de transmissão e comutação designa-se por Célula (pacote de comprimento fixo e pequeno)
 - as Células são transportadas em Circuitos Virtuais (Comutados ou Permanentes)
 - o processo de comutação é simplificado, uma vez que não são suportados nos nós da rede mecanismos complexos de controlo de erros e de fluxo

- » Os fluxos de células de vários Circuitos Virtuais são multiplexados e competem pelos recursos da rede
 - são necessárias filas de espera para arbitrar o acesso aos recursos partilhados
 - visto que uma rede ATM suporta serviços com diferentes características e diferentes requisitos de Qualidade de Serviço (QoS), são necessários mecanismos de controlo de tráfego que permitam diferentes tipos de reserva e atribuição de recursos aos fluxos em competição, com exploração de multiplexagem estatística quando tal for possível

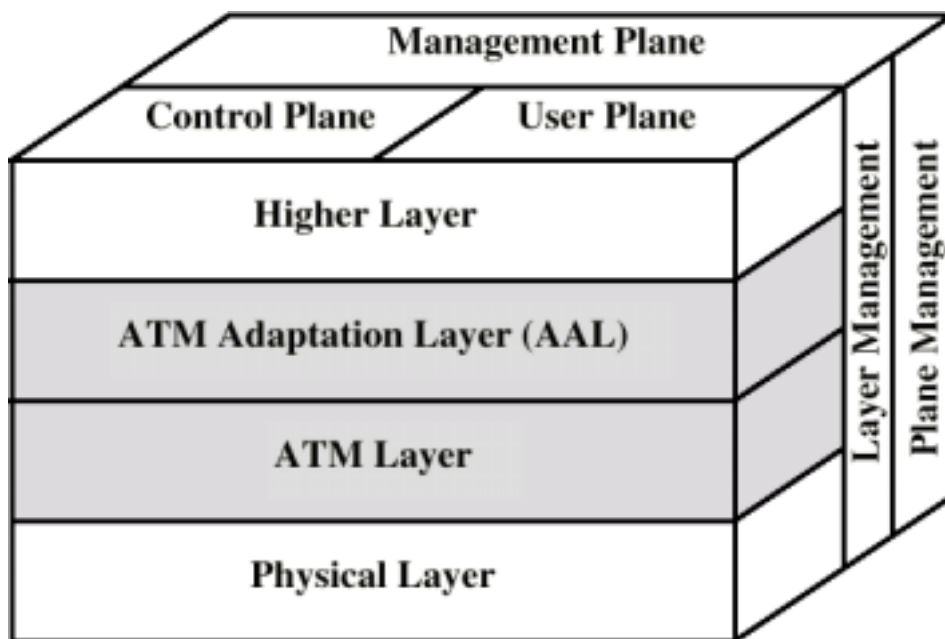
ATM - Multiplexagem Estatística

- » É inerente ao modo de operação do ATM que a ocupação de células de um CV seja irregular (assíncrona), não obedecendo a um padrão pré-definido
- » A multiplexagem e comutação de células ATM origina assim variações de débito e atraso que dependem por um lado do próprio padrão de tráfego (débito constante ou variável) submetido em cada CV, mas também da disponibilidade de recursos objecto de competição
- » A importância das variações instantâneas do débito e do atraso depende dos requisitos de Qualidade de Serviço. A existência de tráfego com débito variável possibilita a exploração de Multiplexagem Estatística
 - a multiplexagem estatística permite aumentar a eficiência na utilização de recursos
 - a multiplexagem estatística aumenta a probabilidade de conflitos no acesso a recursos, originando situações de sobrecarga que agravam os atrasos e podem mesmo originar perdas (*overflow* de *buffers*)
- » O grau de multiplexagem estatística (ganho estatístico) resulta assim de um compromisso entre eficiência e QoS - o que exige negociação de contratos por CV e uma caracterização rigorosa do tráfego e dos objectivos de QoS

ATM - Reserva e Atribuição de Recursos

- » A necessidade de satisfazer diferentes requisitos de QoS exige que numa rede ATM se considerem classes de tráfego que serão objecto de tratamento diferenciado no que se refere à reserva e atribuição de recursos
 - a reserva de recursos está associada ao processo de aceitação de uma chamada
 - a atribuição de recursos é um processo dinâmico face ao tráfego em competição
- » Podemos considerar genericamente três tipos de requisitos de QoS a que correspondem três possíveis estratégias diferentes de reserva de recursos
 - Reserva Determinística, que permite oferecer garantias estritas (e.g. atraso máximo não excedido) a serviços com requisitos de tempo real
 - Reserva Estatística, que permite oferecer garantias expressas em termos probabilísticos a serviços com débito variável sem requisitos de tempo real (e.g. garantia de débitos e atrasos médios, mas atraso máximo não controlado)
 - Ausência de Reserva, para serviços *best effort* aos quais não são oferecidas quaisquer garantias
- » As estratégias de atribuição de recursos procuram satisfazer os requisitos de QoS de cada classe de tráfego face ao tráfego instantâneo, à atribuição corrente de recursos às várias classes e à disponibilidade de recursos

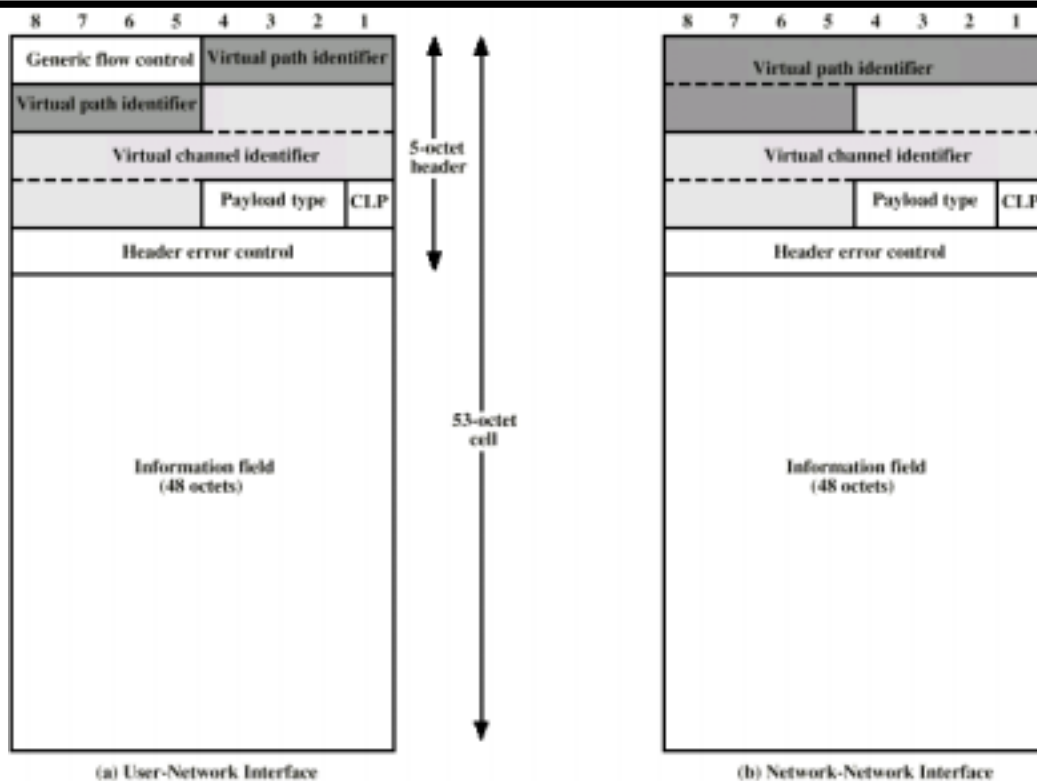
ATM - Modelo Protocolar de Referência



Camada ATM

- » As principais funções da camada ATM são a multiplexagem e a comutação de células de diferentes conexões virtuais
- » Células de uma mesma conexão transportam um identificador comum, que tem significado local em cada interface e que, por essa razão, é normalmente alterado no processo de comutação
- » O identificador de conexão é estruturado em duas partes
 - VPI – *Virtual Path Identifier*
 - VCI – *Virtual Channel Identifier*
- » O conceito de Trajecto Virtual (VP - *Virtual Path*) permite agrupar Canais Virtuais (VC - *Virtual Channels*), que podem ser comutados em conjunto
 - Numa rede ATM existem dois tipos de comutadores – de Trajectos Virtuais (apenas processam o VPI) e de Canais Virtuais (processam VPI e VCI)

ATM - Formato das Células



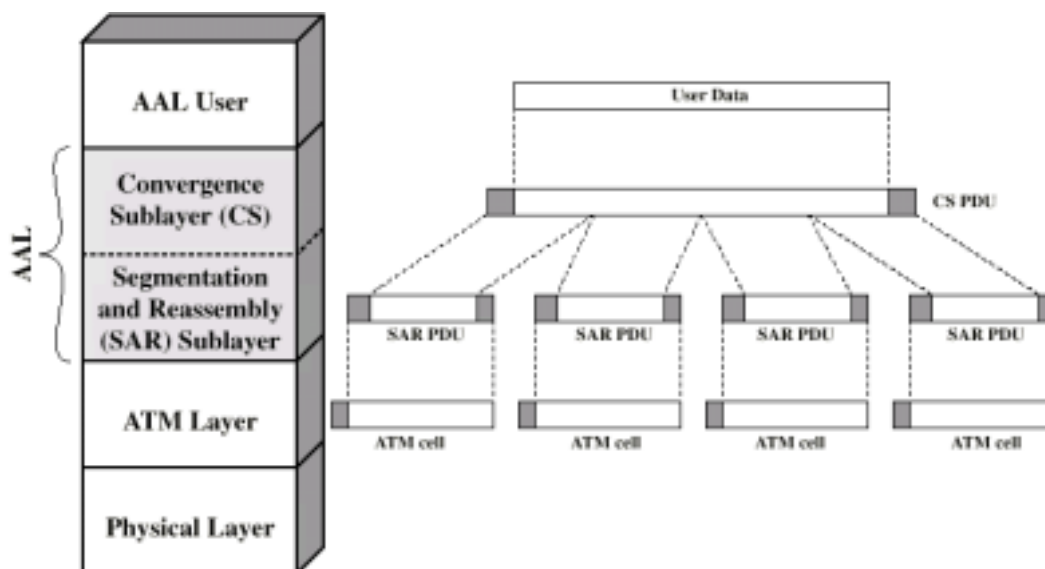
Camada AAL – ATM Adaptation Layer

- » A camada AAL acrescenta funcionalidade aos serviços fornecidos pela camada ATM, de forma a satisfazer diferentes requisitos das camadas superiores
- » A diversidade de aplicações e respectivos requisitos impõe a necessidade de diferentes protocolos AAL, que são realizados extremo a extremo, em *hosts* ATM ou em elementos de rede – *bridges* e *routers* – que usam ATM para comunicar entre si (e.g., emulação de LANs em ATM e IP sobre ATM)
- » A camada AAL é dividida em duas sub-camadas
 - CS – *Convergence Sublayer*
 - SAR – *Segmentation and Reassembly Sublayer*
- » Funções da camada AAL (conforme o tipo de protocolo AAL):
 - Empacotamento / desempacotamento (e.g., amostras de voz, áudio, vídeo)
 - Fragmentação / Reassemblagem - SAR (e.g., pacotes de dados)
 - Multiplexagem / Desmultiplexagem de fluxos AAL sobre uma conexão ATM
 - Recuperação de erros extremo-a-extremo
 - Extracção de relógio de serviço (e.g., emulação de circuitos)
 - Eliminação do *jitter* do atraso (e.g., serviços de tempo real que requerem preservação da relação temporal entre fonte e destino)

Tipos de AAL

- » AAL1 – usado por serviços de débito constante, que requerem recuperação de relógio do serviço (e.g., emulação de circuitos)
- » AAL2 – usado por serviços sensíveis ao atraso que geram tráfego de baixo débito (variável), constituído por pacotes de pequeno comprimento (variável); permite multiplexagem de conexões AAL sobre uma conexão ATM
- » AAL3/4 – usado por serviços de dados; o cabeçalho do SAR PDU inclui um campo MID (*Multiplexing Identification*), que permite multiplexar fluxos de pacotes numa conexão ATM, intercalando fragmentos de pacotes diferentes (multiplexagem ao nível de célula)
- » AAL5 – usado por serviços de dados ou aplicações multimédia; é mais simples e eficiente do que AAL3/4, mas não permite intercalar fragmentos de diferentes pacotes na mesma conexão ATM (a multiplexagem é realizada ao nível de tramas AAL5 e não ao nível de célula); AAL5 é usado em emulação de LANs e em IP sobre ATM

AAL - ATM Adaptation Layer



A figura representa o processo de fragmentação do AAL3/4 (o CS PDU e o SAR PDU contêm um *header* e um *trailer*); o SAR PDU contém 44 octetos resultantes da fragmentação do CS PDU. O processo é simplificado em AAL5; o CS PDU apenas inclui um *trailer* e o SAR PDU não inclui nem *header* nem *trailer*, contendo 48 octetos resultantes da fragmentação do CS PDU.

QoS em Redes ATM

- » **O ATM Forum especificou uma arquitectura de serviços orientada para o suporte de QoS diferenciada por conexão**
- » **Essa arquitectura está descrita no documento *ATM Forum Traffic Management* (AF-TM-0121.000) e inclui os seguintes elementos:**
 - **Parâmetros de QoS**
 - **Parâmetros de Tráfego**
 - **Categorias de Serviço**
 - **Funções de Gestão de Tráfego (*Traffic Management*)**

Parâmetros de Qualidade de Serviço

- » **Cell Loss Ratio (CLR)**
 - **Definido para cada conexão pela relação**

$$\text{N}^\circ \text{ de células perdidas} / \text{N}^\circ \text{ total de células transmitidas}$$
- » **Maximum Cell Transfer Delay (maxCTD)**
 - **O valor especificado por conexão é o percentil $(1 - \alpha)$ de CTD, isto é**

$$p(\text{CTD} > \text{maxCTD}) < \alpha$$
 - **Para serviços de tempo real, células cujo atraso exceda um certo limite são consideradas como perdidas (inúteis)**
 - **O valor de CLR é usado para especificar um limite superior do valor de α**
- » **Peak-to-peak Cell Delay Variation (peak-to-peak CDV)**
 - **Habitualmente designado por *Delay Jitter***
 - **É a diferença entre o maxCTD e o valor das componentes fixas do atraso (que determinam o atraso mínimo)**

Parâmetros de Tráfego

- » **Peak Cell Rate - PCR**

- » **Cell Delay Variation Tolerance - CDVT**

- » **Sustainable Cell Rate - SCR**

- » **Maximum Burst Size - MBS**

- » **Minimum Cell Rate - MCR**

- » **Maximum Frame Size - MFS**

Parâmetros de Tráfego – PCR, CDVT

- » **Peak Cell Rate (PCR)**
 - Informalmente corresponde ao débito máximo instantâneo numa conexão
 - É definido como o inverso do intervalo mínimo T entre células sucessivas numa conexão ($PCR = 1 / T$)
 - Valores inferiores a T podem ser observados na ligação física, devido a:
 - ◆ Multiplexagem de fluxos no equipamento terminal ou na rede local de acesso, responsável pela introdução de *jitter* (CDV), ou seja, pela alteração da relação temporal entre células
 - ◆ Valores de PCR não serem obrigatoriamente submúltiplos do débito máximo possível na ligação física
 - Por estas razões o intervalo T deve ser definido na interface com a camada física, correspondendo a instantes nominais (ideais) de emissão de células sem a influência do *jitter* produzido pela multiplexagem de células de diferentes conexões

- » **Cell Delay Variation Tolerance**
 - Para verificação de conformidade por parte da rede, deve ser associado ao valor de PCR uma tolerância (CDVT)
 - CDVT é a tolerância concedida a uma célula, se observada antes do respectivo instante esperado de chegada (*Theoretical Arrival Time* - TAT), determinado em relação aos instantes de chegada de células anteriores

Parâmetros de Tráfego - SCR, MBS, BT

» Sustainable Cell Rate (SCR)

- É definido como o limite superior do débito médio de uma conexão

» Maximum Burst Size (MBS)

- Um terminal é autorizado a transmitir instantaneamente com um débito que não pode exceder PCR (ressalvado o CDVT)
- Para garantir que o débito médio na conexão não excede SCR, é necessário limitar os períodos em que a transmissão se realiza com débito igual a PCR
- MBS especifica o número máximo de células (*burst*) que é possível transmitir com um débito igual a PCR
- De forma a verificar a conformidade de um fluxo de células relativamente aos três parâmetros (PCR, SCR, MBS) é habitual definir-se um outro parâmetro - *Burst Tolerance* (BT)

» Burst Tolerance (BT)

- BT representa a máxima antecipação possível de uma célula de um *burst*, relativamente ao seu instante nominal de emissão se a transmissão se realizasse com um débito igual a SCR

Parâmetros de Tráfego - MCR, MFS

» Minimum Cell Rate (MCR)

- Este parâmetro foi inicialmente definido no âmbito da categoria de serviço ABR, mas é igualmente especificado na categoria de serviço GFR
- Nestas categorias de serviço o MCR corresponde ao débito mínimo requerido por uma conexão e que deve ser garantido pela rede, sem prejuízo de poder ser disponibilizado um valor superior (até um valor máximo igual a PCR)
- O MCR pode ser especificado com valor zero

» Maximum Frame Size (MFS)

- Este parâmetro foi definido no âmbito da categoria de serviço GFR
- Nesta categoria de serviço o MFS é o tamanho máximo das tramas AAL5 especificado por conexão

Categorias de Serviço ATM

- » **O ATM Forum definiu um conjunto de categorias de serviço com o objectivo de relacionar características de tráfego e requisitos de QoS com o comportamento da rede, que é determinado pelos respectivos mecanismos de controlo de tráfego e pelas estratégias de reserva e atribuição de recursos**
- » **As seis categorias de serviço especificadas são caracterizadas por um número reduzido de parâmetros de tráfego e de QoS**
 - **Constant Bit Rate - CBR**
 - **real time Variable Bit Rate - rt-VBR**
 - **non real time Variable Bit Rate - nrt-VBR**
 - **Unspecified Bit Rate - UBR**
 - **Available Bit Rate - ABR**
 - **Guaranteed Frame Rate - GFR**

Categorias de Serviço ATM

Attribute	ATM Layer Service Category					
	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	UBR	ABR	GFR
Traffic Parameters:						
PCR, CDVT	Specified		Specified	Specified	Specified	
SCR, MBS	n/a	Specified		n/a		
MCR	n/a			Specified	n/a	
MCR, MBS, MFS, CDVT	n/a				Specified	
QoS Parameters:						
Peak-to-peak CDV	Specified		Unspecified			
MaxCTD	Specified		Unspecified			
CLR	Specified		Unspecified			
Other Attributes:						
Feedback	Unspecified			Specified	Unspecified	

Funções de Controlo de Tráfego

- » **O ATM Forum identificou um conjunto de funções genéricas de Controlo (Gestão) de Tráfego, que deverão ser suportadas em diferentes elementos de rede - equipamento terminal, nós de acesso e nós internos da rede**
 - **Connection Admission Control - CAC**
 - **Feedback Control**
 - **Usage Parameter Control - UPC**
 - **Cell Loss Priority Control**
 - **Traffic Shaping**
 - **Network Resource Management**
 - **Frame Discard**