239490

Protocolo de enlace X.25

Edelmar Urba ★
Jean Charles Valadier ★★
Keiko Verônica Ono Fonseca ★★

RESUMO

Este artigo descreve as principais características do protocolo de acesso a redes X.25. Seu objetivo é fornecer ao leitor uma apresentação sucinta do X.25, facilitando uma posterior leitura da Recomendação X.25 do CCITT. Os pontos abordados são: caracterização da recomendação X.25 do CCIT, arquitetura do X.25, os níveis 1, 2 e 3 do X.25, a estrutura sintática do nível 2 do X.25, estabelecimento de chamadas virtuais e transferência de dados.

ABSTRACT

This paper describes the main caracteristics of the network access protocol X.25. Its purpose is to provide a tutorial presentation concerning to X.25, making easier a subsequent reading of the X.25 recomendation of CCITT.

(★) **Edelmar Urba,** é Engenheiro Eletrônico pelo CEFET-PR. Aluno de mestrado do Curso de Pós-Graduação em Informática Industrial do CEFET-PR.
(★★) **Jean Charles Valadier e Keiko Verônica Ono Fonseca,** Orientadores. São professores no Curso de Pós-Graduação em Informática Industrial do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná.

1. INTRODUÇÃO

O protocolo de acesso a redes X.25 é uma padronização do Comitê Consultivo Internacional em Telegrafia e Telefonia (CCITT) e pertence a uma classe de padrões para redes públicas comutadas por pacotes que são reconhecidas como recomendações da série X. A recomendação X.25 define um protocolo que governa a conexão de enlace entre uma rede local ou um único computador com uma rede de dados pública.

A motivação para a recomendação do protocolo de acesso a redes X.25 se deve ao surgimento de várias redes públicas comutadas por pacotes na década de 70. A necessidade de que equipamentos de transmissão de dados e computadores desenvolvidos em diversas partes do mundo, com diferentes tecnologias, possam acessar a uma mesma rede pública e a viabilização de uma fácil interação de redes são objetivos pretendidos pela padronização.

2. CARACTERIZAÇÃO DA RECOMENDAÇÃO X.25 DO CCITT

O protocolo X.25 estabelece um serviço de circuito virtual. Nesse tipo de serviço a subrede oferece um canal entre os dois assinantes, no qual é mantida a ordem de transmissão dos pacotes. Para circuitos virtuais, o primeiro pacote carrega o número do circuito virtual sendo estabelecido, além do endereço de destino. Cada nó, ao processar este pacote, coloca numa tabela o número do circuito virtual, junto com o número da linha de saída por onde os pacotes deste circuito fluirão. Os pacotes subseqüentes conterão apenas o número do circuito virtual.

Uma chamada típica em uma rede pública de comutação por pacotes envolve dois usuários, dois enlaces e duas conversões separadas para o protocolo X.25. Na terminologia usada pelo CCITT, os computadores ou terminais inteligentes são chamados de ETD (Equipamento Terminal de Dados). Cada ETD liga-se à rede através de uma central de comutação ou de roteamento conhecida como ECD (Equipamento de Terminação do Circuito de Dados). O protocolo de acesso à rede X.25 se estabelece entre o ETD e o ECD locais e entre o ECD e ETD remotos. A conexão entre o ECD local e o ECD remoto obedece ao protocolo da rede pública de dados, sendo, portanto, independente do X.25. Um ETD tanto pode ser um único computador ligado a um ECD ou um terminal inteligente interfaceando uma rede local com um ECD.

3. ARQUITETURA DO X.25

A recomendação X.25 é estruturada em três níveis concordantes com os três níveis inferiores do modelo de interconexão de sistemas abertos da ISO (International Standards Organizations).

O nível 1, ou nível físico, segue as recomendações X.21, X.24 e X.27 do CCITT, permitindo uma transferência de dados transparente, diferenciando os circuitos de controle e de dados (figura 1).

O nível 2, ou nível de quadro, se caracteriza por ser orientado a bit, ser responsável pela detecção e recuperação de erro através do FCS (Frame Checking Sequence), operar em modo "full-duplex", permitindo transparência de transmissão, e controle lógico entre o ETD (Equipamento Terminal de Dados) e o ECD (Equipamento de Terminação de Circuito de Dados) que pode ser visto pelos níveis superiores como imune a erros (figura 1).

O nível 3, ou nível de pacotes, caracteriza a recomendação X.25 como protocolo de acesso a uma rede comutada por pacotes. A noção de circuito virtual e de pacote é introduzida nesse nível. Ele é responsável por criar e manter as associações entre ETD que preservem a seqüência dos dados trocados entre eles. À associação temporária entre dois ETD dá-se o nome de chamada virtual, enquanto que a associação permanente recebe o nome de circuito virtual permanente. É também responsável pelas funções de conversão de velocidade, conversão de tamanho de pacote entre DTE, conversão de códigos, seqüencialiação de pacotes, recuperação de erros, controle de fluxo e funções de concentração.

A seguir serão melhor detalhados os três níveis da recomendação X.25 do CCITT.

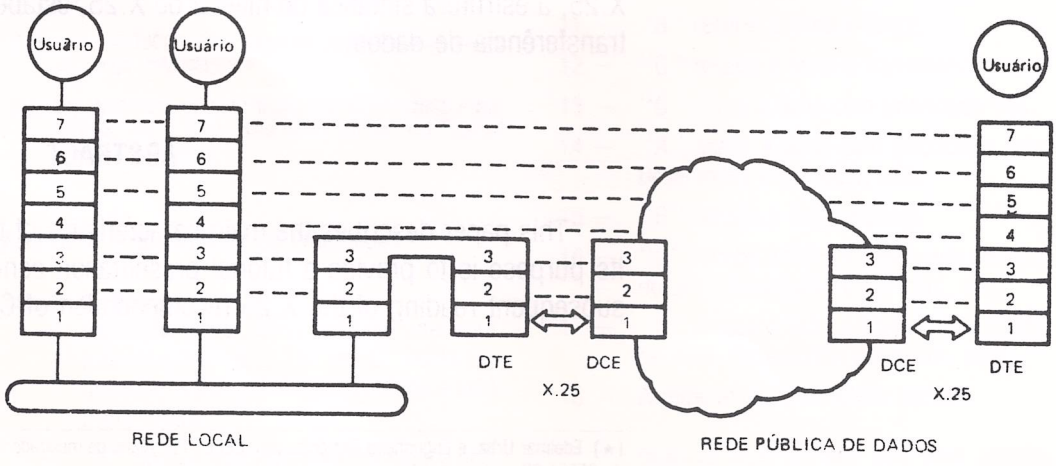


FIG. 1 — Estrutura do X.25.

4. O NÍVEL 1 DO X.25

O nível 1 do X.25 segue as normas das recomendações X.21, X.24 e X.27 do CCITT. A recomendação X.21 orienta sobre os circuitos de controle do enlace, a recomendação X.24 define o número de pinos dos conectores, o formato dos conectores e demais características mecânicas. A recomendação X.27 trata das características elétricas de cada interface. Existem duas versões da recomendação X.21: a que trata do interfaceamento entre redes digitais e a X.21 BIS que orienta sobre a interface entre uma rede digital e uma rede pública analógica. Esta última tende a desaparecer, já que foi idealizada para resolver o problema do interfaceamento com redes telefônicas analógicas [TAN 81].

5. O NÍVEL 2 DO X.25

O nível 2 do X.25 exerce as funções de controle de linha sendo, na verdade, uma derivação do protocolo HDLC (High Level Data Link Control) da ISO. Suas principais funções são:

a) Delimitação de início e fim de quadro;
b) Transparência de transmissão;
c) Controle de erro;
d) Controle de fluxo;
e) Manutenção da seqüência de quadros no enlace.

A função de delimitação de início e fim de quadro se deve ao fato de que seqüências de bits são agrupadas em quadros para transmissão. Portanto é necessário algum mecanismo que indique o início e o fim de um quadro. Para esse, este fim é utilizado um ''byte'' no início e no fim de cada quadro denominado ''flag''. O valor do ''byte'' de ''flag'' é sempre 01111110.

Devido à seqüência de bits representada pelo ''byte'' de ''flag'' poder ser confundida com uma seqüência qualquer de bits dentro do quadro, é empregada uma técnica chamada transparência de transmissão. Esta técnica consiste no transmissor inserir automaticamente um ''zero'' a cada cinco ''uns'' consecutivos transmitidos e o receptor deletar um zero após cada cinco 1 consecutivos recebidos, reconstituindo assim o texto original. Esta técnica não é aplicada aos ''flags'' de início e fim.

A função de controle de erro compreende as atividades de detecção de quadros com erro, confirmação positiva de recebimento, temporização de quadros transmitidos e retransmissão de quadros quando do esgotamento da temporização.

Os dois últimos ''bytes'' que antecedem o ''flag'' final de cada quadro são usados para detectar erros na recepção do quadro. Este campo, que recebe o nome de FCS, contém um código polinomial. Os 16 bits do campo FCS são calculados pelo transmissor como uma função do conteúdo do quadro a ser transmitido. O receptor do quadro recalcula estes 16 bits usando a mesma função e compara com o valor do campo FCS no quadro recebido. Se os dois resultarem iguais, o receptor assume que, com uma probabilidade determinada pela função usada, o quadro foi recebido corretamente. Caso contrário, ele assume que o quadro recebido difere daquele transmitido e descarta o quadro errado.

Caso o quadro recebido esteja correto, uma confirmação positiva do seu recebimento deve ser enviada ao transmissor. Caso a confirmação de recebimento para um determinado quadro não chegue dentro de um intervalo de tempo (temporização), o transmissor inicia a retransmissão a partir do primeiro quadro não confirmado.

A função de controle de fluxo é implementada através do mecanismo de janela, conceito esse introduzido no item 6.2 e de procedimentos que permitem ao receptor parar o fluxo do transmissor até segunda ordem. Isso objetiva manter a linha ocupada a maior parte do tempo possível; porém a taxa de transmissão deve ser compatível com o número de ''buffers'' no receptor.

A função de manutenção da seqüência de quadros no enlace é entregar ao nível 3 os quadros recebidos na seqüência em que foram transmitidos. Caso um erro ocorra e um quadro seja rejeitado, também o serão todos os quadros subseqüentes até que o quadro inicialmente rejeitado seja retransmitido corretamente.

5.1 Estrutura Sintática do Nível 2 do X.25.

Existem três tipos de quadros que são usados no nível 2 do X.25. São eles: informação (I), supervisor (S) e não-numerados (U). O formato genérico desses quadros é dado na fig. 2.

O campo FLAG, como citado anteriormente, só pode assumir o valor 01111110 (binário).

O campo de ENDEREÇO pode assumir um de dois valores: 00000001 ou 00000011 (binário). Isso se deve ao fato de que um ECD físico pode se comportar como um ETD lógico e um ETD físico pode se comportar como um ECD lógico. Esta característica permite que tanto um ETD quanto um ECD tenham ambos as mesmas condições para iniciar ou terminar uma ligação. Assim, convencionou-se que os quadros transmitidos com endereço igual a 00000011 por um ECD ou

8 bits	8 bits	8 bits	N bits	16 bits	8 bits
FLAG	ENDEREÇO	CONTROLE	INFORMAÇÃO*	FCS	FLAG

* este campo só existe no quadro I.

FIG. 2 — Formato geral dos quadros.

ETD caracterizam o receptor como um ETD lógico, enquanto que os quadros transmitidos com endereço igual a 00000001 por um ECD ou ETD caracterizam o receptor como um ECD lógico. Portanto, o campo de endereço identifica um quadro como um comando ou uma resposta. Um quadro de comando contém o endereço do DCE ou DTE para o qual o comando está sendo enviado. Um quadro de resposta contém o endereço do DCE ou DTE que enviou o quadro.

O campo de CONTROLE identifica o tipo de quadro (I, S ou U) além de conter outras informações tais como numeração de quadros, confirmação de recebimento, bit P/F (POLL / FINAL) que é chamado bit P se aparece em um comando e de bit F se aparece em uma resposta. A figura 3 traz a representação dos tipos de quadros e o significado de cada bit. O N(R) (number received) indica que o lado que enviou este quadro, já recebeu todos os quadros até N(R) — 1, e o próximo que espera receber, é o de número N(R). O N(S) (number send) identifica o número de seqüência do quadro atual.

TIPO DE QUADRO	1	2	3	4	5	6	7	8
I	0	N(S)			P/F	N(R)		
S	1	0	S	S	P/F	N(R)		
U	1	1	M	M	P/F	M	M	M

FIG. 3 — Campo de Controle dos Quadros.

5.1.1 Quadro de Informação

O bit 1 do campo de controle igual a 0 identifica um quadro de informação. Os quadros de informação transportam um pacote entre o octeto de controle e os dois octetos de FCS (figura 4).

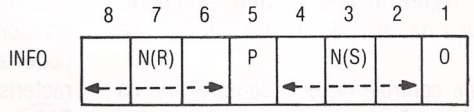


FIG. 4 — Quadro de Informação

Os três bits N(S) definem o número do quadro corrente. Cada estação tem seu próprio N(S) corrente. Os três outros bits do campo N(R) indicam o quadro N(R) das outras estações e que é o próximo quadro esperado. O bit 5 indica o bit P (poll), sendo que os quadros de informação nunca assumem o bit F (final). São, portanto, sempre comandos.

5.1.2 Quadro de Supervisão

Os bits 3 e 4 do campo de controle indicam os diferentes quadros do tipo supervisor do nível 2 do X.25. A tabela 1 descreve os três tipos de quadros existentes.

NOME DO QUADRO	BITS 3 e 4 DO CAMPO DE CONTROLE	SIGNIFICADO DA RECEPÇÃO
RR ("Receive Ready")	0 0	Já foram recebidos todos os quadros até o de número N (R) — 1 e o receptor está pronto para receber o de número N (R).
RNR ("Receive Not Ready")	1 0	Já foram recebidos todos os quadros até o de número N (R) — 1 e o receptor não está apto a receber mais nenhum quadro.
REJ ("Reject")	0 1	Já foram recebidos todos os quadros até o de número N (R) — 1, porém o transmissor deve retransmitir todos os quadros a partir do de número N (R).

TAB. 1 — Quadros de Supervisão

O quadro RR é usado para confirmar o recebimento de quadros de informação (I), quando não há nenhum quadro de informação para ser transmitido em sentido contrário que possa levar a confirmação no seu campo N(R).

O quadro RNR tem a função de controlar o fluxo, solicitando ao transmissor que pare de transmitir momentaneamente, devido a problemas de falta de "buffers" no receptor. Quando a condição que ocasionou o envio do quadro RNR cessar, um quadro RR deve ser enviado, indicando que o receptor está pronto para receber a partir do quadro de número N(R).

O quadro REJ serve para indicar que houve uma falha na seqüência de numeração e que devem ser retransmitidos todos os quadros a partir do primeiro quadro cujo número está faltando na seqüência.

5.1.3 Quadros Não-numerados.

Os quadros não-numerados são usados para inicializar o enlace, ou desconectá-lo de modo normal ou anormal.

Os bits 3, 4, 6, 7 e 8 do campo de controle dos quadros não-numerados especificam o tipo dos quadros. A tabela 2 descreve os vários tipos de quadros não-numerados (U) usados no nível 2 do X.25.

NOME DO QUADRO	BITS 3 4 6 7 8	FUNÇÃO
SABM ("Set Asynchronous Balanced Mode")	1 1 1 0 0	usado para inicializar logicamente o enlace.
DISC ("Disconnect")	0 0 0 1 0	usado para suspender a operação do enlace.
UA ("Unnumbered Acknowledgemen")	0 0 1 1 0	usado para confirmar o recebimento de quadros U.
FRMR ("Frame Reject")	1 0 0 0 1	usado para indicar uma condição de erro irrecuperável por retransmissão do quadro com problema.
DM ("Disconnected Mode Response")	1 1 0 0 0	usado para indicar ao outro lado que o enlace está logicamente desconectado.

TAB. 2 — Quadros Não-Numerados.

6. O NÍVEL 3 DO X.25

O nível 3 do X.25, que é o nível de pacotes, implementa um serviço de circuito virtual. A característica deste tipo de serviço é que a seqüência dos pacotes transmitidos é preservada, além de existir um controle de fluxo a nível de circuito virtual, que se baseia no mecanismo de janela.

De acordo com a terminologia do modelo OSI da ISO, um canal lógico é o ponto acesso de um circuito virtual, isto é, a identificação de endereço local de um circuito virtual. A cada canal lógico está associado um, e somente um, circuito virtual. Um par de canais lógicos, um em cada ETD, definem um circuito virtual. Se associação entre dois ETD for permanente, isto é, um determinado número de canal lógico (NCL) de um lado está permanentemente associado a um determinado NCL do outro, ela recebe o nome de chamada virtual.

A chamada virtual é caracterizada por três fases:

a) Estabelecimento da chamada (CONEXÃO).
b) Transferência de dados.
c) Encerramento da chamada (DESCONEXÃO)

6.1 Estabelecimento de Chamadas Virtuais

A seguir descreveremos, sem entrar em maiores detalhes, o procedimento de estabelecimento de chamadas virtuais (figura 5).

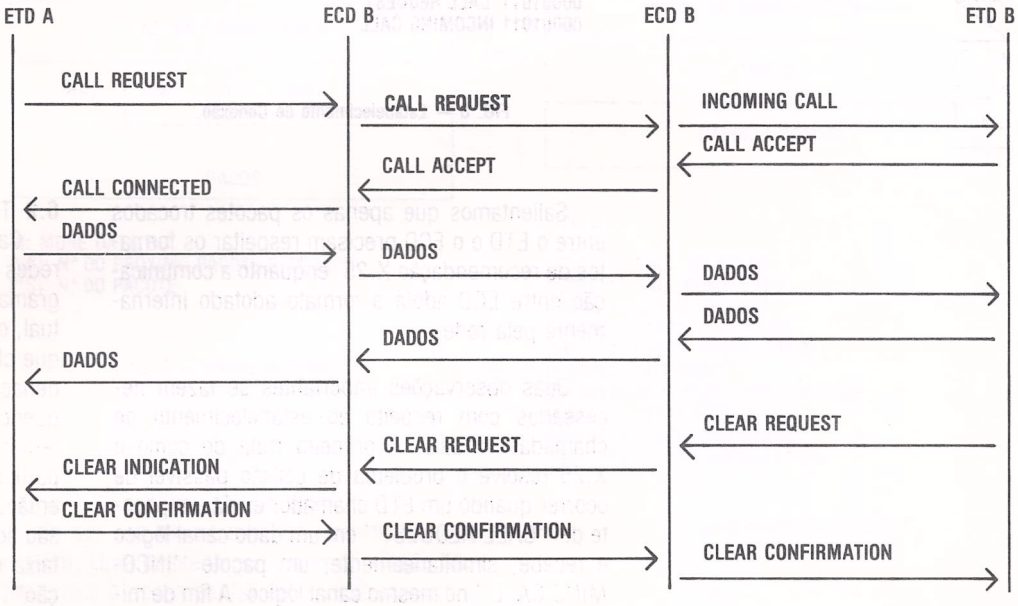
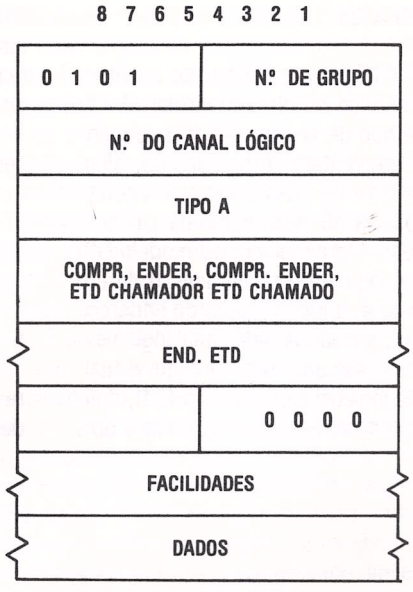


FIG. 5 — Várias fases de uma chamada virtual.

Vamos supor que o ETD A deseja se comunicar com o ETD B. O ETD A escolhe um canal lógico livre (L) de seu lado e envia para o ECD A um pacote chamado "CALL REQUEST" (CR) (figura 6). Este pacote indica o desejo do ETD A de estabelecer uma chamada virtual no canal lógico L com o ETD B. O pacote "CALL REQUEST" transporta o endereço do DTE de destino, segundo uma identificação a nível de camada de rede superior que está fora do escopo do X.25. Ao enviar o pacote de "CALL REQUEST", o estado da chamada passa de livre para tentando (T). O ECD A, ao receber este pacote, preenche a sua tabela de circuitos virtuais com as informações recebidas. O ECD A envia então, através da rede, um pacote de "CALL REQUEST" para o ECD B que, ao recebê-lo, escolhe um canal NCL livre do seu lado para completar a chamada virtual. O ECD B tem, já nesse ponto, todas as informações necessárias para estabelecer a ligação e envia para o ETD B um pacote denominado "INCOMING CALL", indicando a chegada de uma chamada virtual no canal lógico escolhido. Se este canal lógico estiver livre no ETD B e se este estiver disposto a aceitar a chamada, ele indica em sua tabela de conexões que a chamada está em estado "CONECTADO" (C) e responde ao ECD B com um pacote de "CALL ACCEPTED" (CA) no canal lógico escolhido. Quando este pacote é recebido pelo ECD B, o estado da chamada passa para "conectado" e um pacote de "CALL ACCEPTED" (CA) deve ser enviado para o ECD A através da rede. Finalmente, o ECD A envia para o ETD A um pacote de "CALL CONNECTED" (CC) no canal lógico L.



TIPO A:
00001011 CALL REQUEST
00001011 INCOMING CALL

FIG. 6 — Estabelecimento de Conexão.

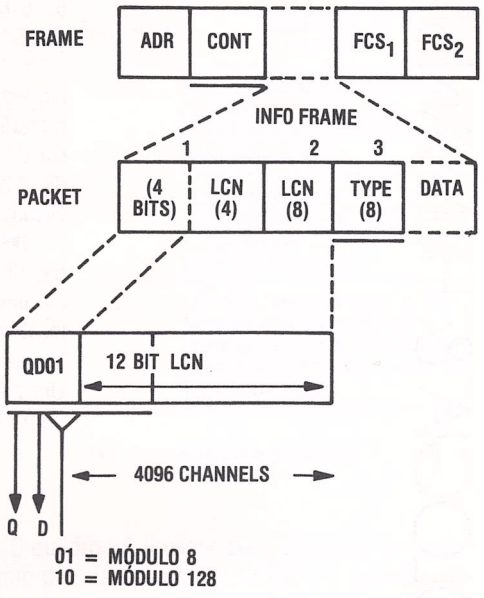


FIG. 7 — Número de Canais Lógicos.

Salientamos que apenas os pacotes trocados entre o ETD e o ECD precisam respeitar os formatos de recomendação X.25, enquanto a comunicação entre ECD adota o formato adotado internamente pela rede.

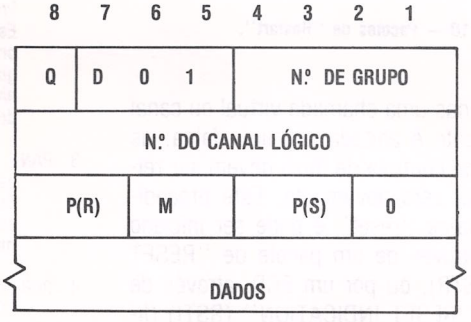
Duas observações importantes se fazem necessárias com respeito ao estabelecimento de chamadas virtuais. A primeira trata de como o X.25 resolve o problema de colisão passível de ocorrer quando um ETD chamador envia um pacote de ''CALL REQUEST'' em um dado canal lógico e recebe, simultaneamente, um pacote ''INCOMING CALL'' no mesmo canal lógico. A fim de minimizar ocorrências desse tipo, o ETD, que inicia uma chamada, procura um canal lógico livre do seu lado a partir dos números mais baixos, enquanto o ECD, ao qual ele está ligado, vai escolher canais lógicos livres para completar a chamada remota a partir dos canais lógicos de maior número. Assim, uma colisão de chamada pode ocorrer quando existir apenas um canal lógico livre. Neste caso, a recomendação X.25 determina que deve ser dada prioridade ao pedido local de estabelecimento de conexão. A segunda diz respeito ao número de canais lógicos que um ETD pode ter: 4095 (figura 7). A exceção do pacote de ''RESTART'', visto mais adiante, os demais têm o segundo ''byte'' do pacote reservado para o número do canal lógico, o que resulta em 256 possibilidades de endereçamento de canais lógicos, dos quais o ''byte'' 00000000 (binário) não é utilizado, sendo reservado para usos futuros [TAN 85]. Além disso, o segundo ''semi-byte'' do primeiro ''byte'' significa um número de grupo, o que possibilita a formação de até 16 grupos de canais lógicos. Esta característica viabiliza a criação de redes fechadas nas quais usuários pertencentes a um grupo ficam protegidos contra chamadas de usuários que não sejam do mesmo grupo.

6.2 Transferência de Dados

Cabe aqui introduzir o conceito de janela. Em redes que operam internamente em modo datagrama e têm pontos de interface de circuito virtual, o receptor é obrigado a reordenar os pacotes que chegam fora de ordem. Para fazer esta reordenação, os pacotes devem ser numerados seqüencialmente, a partir de um número inicial, determinado quando a conexão entre as entidades participantes é estabelecida. O receptor permite, então, uma faixa de números de seqüência que são aceitos em qualquer ordem de chegada. Esta faixa de tolerância é chamada ''janela de recepção''. Para aumentar a utilização da rede, é conveniente permitir-se que o transmissor possa ter vários pacotes pendentes, isto é, ainda não confirmados, em cada instante. Estes pacotes compõem a ''janela de transmissão''.

Uma vez estabelecida uma chamada virtual, ou ainda, um circuito virtual permanente, os dois ETD nas extremidades do circuito virtual podem trocar pacotes de dados nos dois sentidos. Os pacotes, entregues à rede em um determinado canal lógico, terão o seu número de canal lógico trocado pela rede antes de serem entregues ao ETD do outro lado, já que o número de canal lógico é uma identificação local do circuito virtual. Para isso são usadas as tabelas de conexão das centrais de comutação. Os pacotes de dados são numerados e para isso é ocupado o campo P(S) destes pacotes (figura 8). Esse campo ocupa três bits e, portanto, a numeração é módulo 8. O campo P(R) de um pacote de dados é usado para trazer confirmação de recebimento de forma análoga ao campo N(R) de um quadro de informação do nível 2. Em outras palavras, a recepção de um pacote de dados em canal lógico por parte de um ETD traz a confirmação de recebimento de todos os pacotes enviados pelo ETD naquele canal lógico até o número P(R)—1 inclusive.

No X.25, a confirmação de recebimento de pacotes pode ser fim-a-fim ou local. No primeiro caso, um ETD só recebe a confirmação de recebimento de um pacote se o mesmo já foi recebido pelo ETD remoto. Para solicitar este tipo de serviço, o bit D (Delivery Confirmation Bit) do pacote de dados deve ser igual a 1 (um). Caso este bit seja 0 (zero), o primeiro ECD a receber o pacote do ETD envia a confirmação de recebimento e o seu significado passa a ser local à interface entre o ETD e a rede. A confirmação de recebimento, principalmente quando seu significado é local, é usada apenas para avançar a janela e não como mecanismo de controle de erro, o que é realizado no nível 2.



M: MORE DATA BIT
P(R): Nº DO PRÓXIMO PACOTE ESPERADO
P(S): Nº DO PACOTE

FIG. 8 — Pacote de Dados.

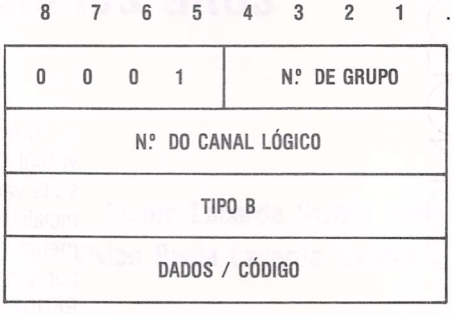
O uso da confirmação fim-a-fim tem a vantagem de ser um mecanismo de controle de erro fim-a-fim. Uma desvantagem da confirmação fim-a-fim é que o desempenho de um circuito virtual fica bastante prejudicado pelo fato de a janela ter que esperar para ser avançada por confirmações de recebimento que sofrerão retardo não desprezível, já que elas terão que atravessar toda a rede. Portanto, o esquema mais utilizado em redes públicas é o da confirmação local.

O pacote "RECEIVE READY" (RR), também, pode ser usado para confirmar o recebimento de pacotes em um dado circuito virtual quando não há tráfego de pacotes de dados no sentido da confirmação. Não devemos confundir quadros RR com pacotes RR, nem a numeração de pacotes nos circuitos virtuais com a numeração de quadros no enlace ETD-ECD. Cada pacote do nível 3, qualquer que seja seu tipo, é transportado no campo de informação de um quadro de informação do nível 2. Não pode haver mais de um pacote nesse campo.

Caso um ETD ou ECD não possa receber temporariamente pacotes em um determinado canal lógico, ele deve enviar um pacote de "RECEIVE NOT READY" (RNR) naquele canal. Ao sair desta condição, um pacote de "RECEIVE READY" (RR) deve ser enviado.

O nível 3 do X.25 oferece ainda um serviço de interrupção que tem por objetivo a transmissão de dados por um determinado circuito virtual, mesmo que o controle de fluxo não o permita. Isso pode ser necessário para resolver situações de impasse ocorridos no nível superior. O serviço de interrupção permite que até 8 bits sejam enviados em cada circuito virtual, em um pacote denominado INTERRUPT (I). A recepção deste pacote deve ser confirmada, através do pacote de INTERRUPT CONFIRMATION (ICO), pelo outro ETD, antes que outro pacote de interrupção possa ser enviado no mesmo circuito virtual (figura 9).

Portanto, o serviço de interrupção pode ser considerado como um circuito paralelo ao circuito virtual, com confirmação de recebimento fim-a-fim e janela igual a 1.



TIPO B:

00001111 CALL ACCEPTED
00001111 CALL CONNECTED
00010011 CLEAR REQUEST
00010011 CLEAR INDICATION
00010111 CLEAR CONFIRMATION
00100011 INTERRUPT
00100111 INTERRUPT CONFIRMATION
00011011 RESET REQUEST
00011011 RESET INDICATION
00011111 RESET CONFIRMATION

FIG. 9 — Pacotes de Controle.

6.3 Encerramento de uma Chamada Virtual

A iniciativa de encerrar uma chamada virtual pode ser tomada por qualquer um dos dois ETD envolvidos. Para isso basta enviar para rede um pacote de "CLEAR REQUEST" (CL). Este pacote transforma-se em um pacote de "CLEAR INDICATION" (CI) no canal lógico apropriado do outro lado, que deve confirmar o recebimento do mesmo com um pacote de "CLEAR CONFIRMATION" (CLC) (figura 5).

6.4 Mecanismo para Tratamento de Falhas

Certos tipos de falhas podem ocorrer durante a operação normal da rede, desde os mais simples (como a perda de um circuito virtual) até os mais sérios, quando todas as chamadas virtuais vinculadas a um determinado ECD são perdidas.

Para tratar de situações desse gênero, o nível 3 do X.25 tem um mecanismo de reinicialização do nível 3, chamado "restart". Este procedimento desativa todas as chamadas virtuais ativas e recoloca os circuitos virtuais permanentes em seu estado original; isto é, com as variáveis de controle de fluxo reinicializadas em zero. A iniciativa de reinicializar o nível 3 a partir de um ECD é feita pelo envio de um pacote de "RESTART REQUEST"

(RSRTR) ao ECD, ao qual ele está ligado (figura 10).

8	7	6	5	4	3	2	1
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
TIPO C							
CAUSA / CÓDIGO							

TIPO C:

11111011 RESTART REQUEST
11111111 RESTART CONFIRMATION

FIG. 10 — Pacotes de ''Restart''.

Quando apenas uma chamada virtual ou canal virtual permanente é afetada por uma falha, as suas variáveis de controle de fluxo devem ser reinicializadas para zero novamente. Este procedimento denomina-se ''reset'' e pode ser iniciado por um ETD, através de um pacote de ''RESET REQUEST'' (RSTR), ou por um ECD, através de um pacote de ''RESET INDICATION'' (RSTI) (figura 9). Em ambos os casos, o pedido de ''reset'' deve ser confirmado através de um pacote de ''RESET CONFIRMATION'' (RSTC).

7. CONCLUSÃO

Devido ao crescimento da necessidade de interconexão entre equipamentos computadorizados e redes públicas para transmissão de dados, o CCITT achou por bem padronizar este acesso. A recomendação X.25 trata de todos os aspectos relativos a este tipo de conexão. As principais redes que se utilizam desse protocolo, são a ARPANET, a SNA e a DECNET [TAN 81]. No Brasil, as redes RENPAC e INTERDATA fazem uso desta recomendação.

8. BIBLIOGRAFIA

1. MENASCÉ, D.A. e SCHWABE, D. ''Redes de Computadores: Aspectos Técnicos e Operacionais'', Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1986.
   Esta obra dá uma visão geral sobre redes de computadores e protocolos. No capítulo 4 é feita uma descrição detalhada do protocolo de acesso a rede X.25 e se constituiu numa das principais fontes de referência para a elaboração do presente trabalho.

2. TANENBAUM, A.S. ''Computer Networks'', New Jersey, Prentice-Hall Inc., 1981.
   Este livro detalha as sete camadas do modelo ISO. O protocolo de acesso à rede X.25 é comentado nas seguintes páginas: nível físico — da página 108 a 110, nível de pacote — da página 237 a 245, e nível de quadro — da página 167 a 172.

3. PANT, R. ''X.25 Broadcast Service'', IEEE Network Magazine, pp 20-26, July 1989.
   Este artigo trata de uma aplicação do protocolo de acesso a redes X.25 para serviço de ''broadcasting'' implementada numa rede de pacotes.

4. 30B/40B/COMSTATE I X.25 TRAINING: ATLC-107-932-107.
   Trata-se de um manual de operação de um equipamento DAP (Data Analise Protocol) em que a terminologia, utilizada no protocolo de acesso à rede X.25, é bem caracterizada.

5. CCITT — International Telegraph an Telephone Consultative Committee, ''Interface Between Data Terminal Equipment (DTE) and Data Circuit-Terminating Equipment (DCE) for Terminals Operating in the Packet Mode and Connected to Public Data Networks by Dedicated Circuit, Geneva 1976, amended at Geneva 1980, and Malaga-Torremolinos 1984.
   Trata-se da norma do CCITT que especifica a recomendação X.25.