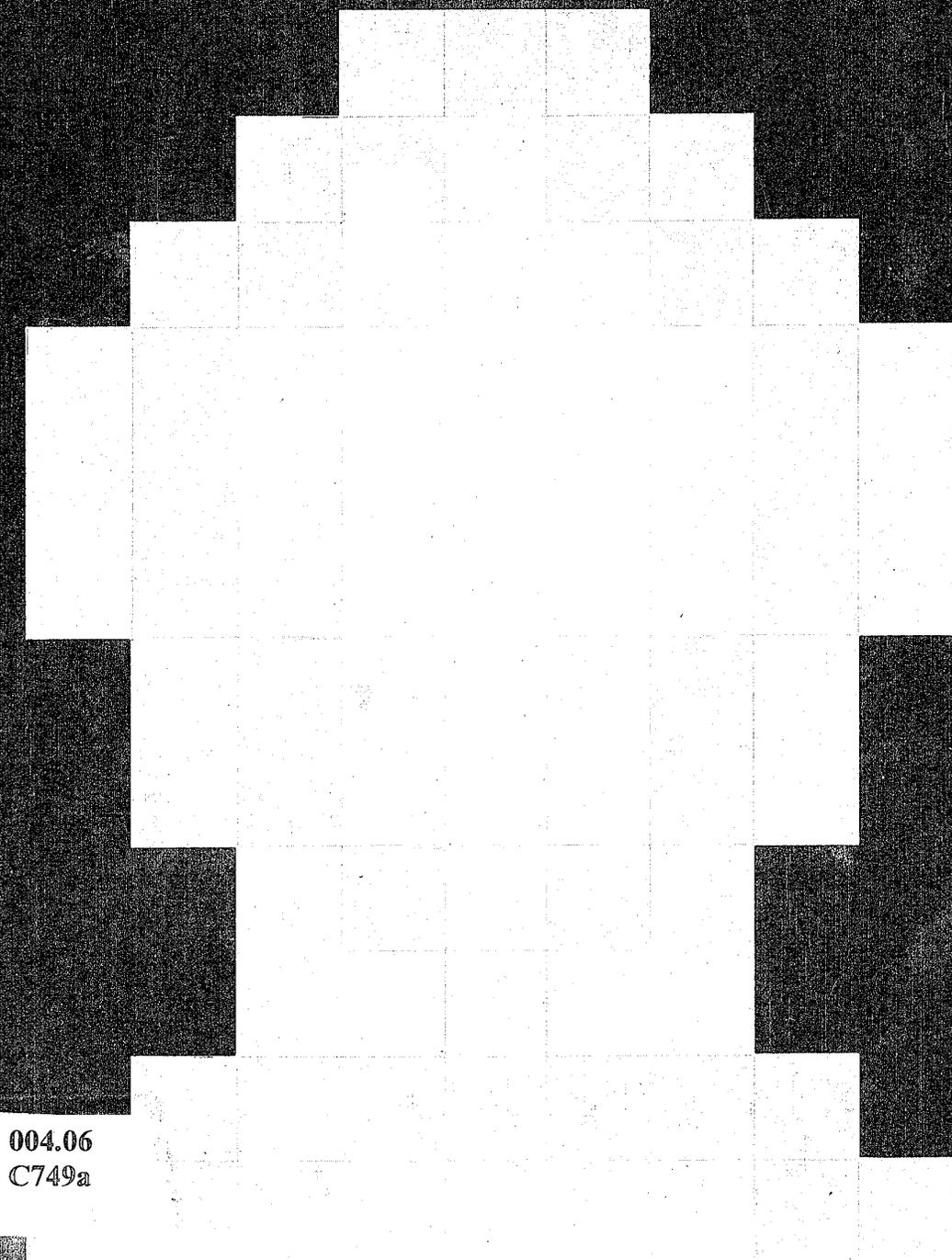




INFORMÁTICA 82

XV CONGRESSO NACIONAL DE INFORMÁTICA
II FEIRA INTERNACIONAL DE INFORMÁTICA

ANAIS



004.06
C749a



INFORMÁTICA 82

XV CONGRESSO NACIONAL DE INFORMÁTICA
II FEIRA INTERNACIONAL DE INFORMÁTICA

ANAI S

“UM PROTOCOLO DE TRANSPORTE PARA REDES PÚBLICAS EM CIRCUITOS VIRTUAIS

Daniel Schwabe, Daniel A. Menascé, Roberto Boisson de Marca e Robert Lobell
PUC-RJ
R. M. de São Vicente, 225 - Rio de Janeiro, RJ.
EMBRATEL

Palavras-chave: Redes de computadores protocolos de transporte, protocolos fim-a-fim, redes públicas de pacotes.

1. INTRODUÇÃO

O Protocolo de Transporte (PT) descrito neste artigo visa fornecer um mecanismo confiável para intercomunicação entre processos localizados em Computadores (ETD's) conectados através de uma rede comutada por pacotes. O protocolo de acesso à rede é um protocolo que utiliza o conceito de circuito virtual [TANENBAUM 81, MENASCÉ 82a], como por exemplo a recomendação X.25 do CCITT [CCITT 80].

Este protocolo foi projetado na PUC-RJ como parte de um convênio com a EMBRATEL e a TELEBRÁS [MENASCÉ 82b].

1.1 – Motivação

Processos de aplicação em execução nos ETDs necessitam trocar mensagens com outros processos remotos de modo a realizar de forma cooperativa tarefas que envolvam mais de um ETD de uma rede. Exemplos de tais tarefas são: transferência de arquivos, correio eletrônico ou terminais virtuais. Portanto, processos necessitam de um serviço de troca de mensagens que seja confiável, e que preserve a seqüência das mensagens enviadas. Além disso, o acesso à rede é feito, em geral, através de uma interface que pressupõe uma unidade de transferência de dados (fragmento) cujo tamanho máximo é relativamente pequeno; o protocolo de transporte permite que as mensagens trocadas sejam de tamanho máximo bastante elevado.

Normalmente, a camada de acesso à rede não fornece um serviço que garanta a entrega dos dados, (por exemplo, RESETS e RESTARTS podem ocorrer no X.25), de forma que o controle de erro fim-a-fim deve ser exercido em uma camada superior, justamente a camada de transporte.

O PT descrito aqui implementa o conceito de conexões para troca confiável e sequencial de mensagens, além de oferecer um serviço de telegrama. A descrição dada aqui é independente de implementação e várias decisões são

deixadas ao implementar no que diz respeito ao ambiente do seu ETD.

1.2 – Organização das seções restantes

A seção 2 descreve os primitivos através dos quais o serviço de transporte (ST) pode ser acessado. A seção 3 apresenta o funcionamento do protocolo de forma mais detalhada.

2. SERVIÇOS OFERECIDOS PELO PROTOCOLO DE TRANSPORTE

Nesta seção, apresentamos os serviços oferecidos pelo protocolo de transporte. Antes de fazer isto, contudo, torna-se necessária uma discussão do ambiente no qual este protocolo estava executando num determinado computador (ETD).

Seguindo a recomendação da ISO para a interconexão de sistemas abertos [ISO 78], assumimos que o PT executa na camada acima da camada de acesso à rede; o PT oferece um serviço que pode ser acessado através da interface de transporte. A figura 2.1 ilustra esta situação.

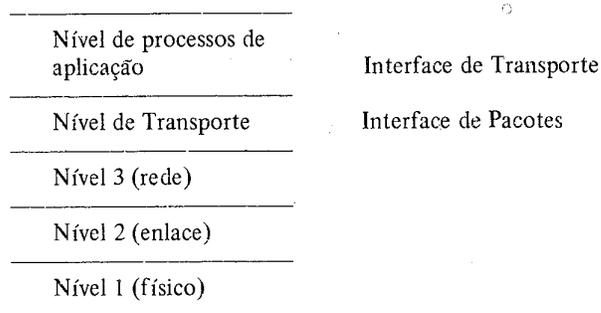


Figura 2.1 -- O Nível de Transporte e suas Interfaces

A interface superior do nível de transporte, denominada de interface de transporte, é o conjunto de primitivas utilizadas pelos processos para abrir e fechar conexões, enviar e receber mensagens e telegramas entre outras coisas.

A interface com o nível 3, de acesso à rede, denominada de **interface de pacotes**, é o conjunto de primitivas utilizadas pelo nível de transporte para pedir à rede serviços tais como estabelecimento e término de chamadas virtuais, envio e recepção de fragmento de dados através de circuitos virtuais especificados.

Um grau razoável de liberdade é deixado ao implementador do PT no seu ETD com relação a forma de comunicação entre os processos e o nível de transporte, bem como, com relação à forma de comunicação entre o nível de transporte e o nível de pacotes. Por exemplo, caso o sistema operacional do ETD disponha de um sistema de intercomunicação entre processos, o seguinte cenário pode ser imaginado para a implementação do PT no ETD. O PT seria implementado através de um processo ou conjunto de processos. A comunicação entre os processos de aplicação e o ST se daria através do sistema de comunicação entre processos do sistema operacional. Em outros ambientes, o ST pode ser visto como uma extensão do sistema operacional. Assim, os processos requisitariam os serviços do nível de transporte através de chamadas específicas ao sistema operacional.

A especificação descrita neste artigo assume que o PT será implementado no computador principal que compõem o ETD. Contudo, é viável a sua implementação em um processador anexo (“front-end”) programável desde que seja possível suportar a interface entre os processos do usuário e o ST.

No caso em que o PT é implementado no computador principal procurou-se exigir o mínimo de funcionalidade do sistema operacional para facilitar a implementação do PT em qualquer ETD. O ST deve ser capaz de saber através de chamadas ao sistema operacional se um determinado processo está ativo ou não.

2.1 – Endereçamento, Conexões e Portas

Conforme já foi mencionado, o PT visa oferecer um meio confiável para a troca de informações entre processos. Para que isto seja possível, processos devem ser capazes de identificar mutuamente; esta identificação é feita através de **endereços**. Para que possamos definir mais precisamente o que é um endereço, é necessário antes que se introduza o conceito de **porta**.

Uma **porta** é o ponto de acesso de um processo ao seu ST local. Um processo pode acessar o seu ST através de mais de uma porta (veja figura 2).

O número de portas de um ST é função do número de recursos do nível de transporte (“buffers”, espaço em tabelas, etc.). Há uma limitação com relação ao número de portas que um processo pode utilizar do serviço de transporte para evitar que um processo monopolize o serviço de transporte.

Alguns processos importantes e bastante utilizados (por exemplo aqueles que implementam transferência de arquivos) podem ter algumas **portas cativas**. Uma porta cativa é aquela que está associada permanentemente a um processo. As portas não cativas do ST são alocadas dinamicamente aos processos quando estes pedem o estabelecimento de uma conexão.

Podemos agora conceituar o que é um endereço de um processo ou endereço de transporte. O endereço de um processo é formado pela seguinte concatenação:

RED.ETD.ST.PORTA

Assim, um endereço de transporte identifica a porta de um determinado ST em um dado ETD de uma rede especificada.

Dois processos que desejam manter uma troca de mensagens com controle de erros fim-a-fim e com seqüência preservada devem fazê-lo através de uma **conexão**. Uma conexão é uma associação temporária entre dois processos, que é caracterizada por um par de portas (locais), uma para cada processo.

Existem algumas restrições sobre conexões e portas: uma porta só pode estar associada a uma e somente uma conexão. Situações como a da figura 2.3.a são permitidas enquanto que situações como as da figura 2.3.b não são. Assim, uma conexão é perfeitamente identificada de cada lado pelo número da porta local.

A decisão de limitar o número de conexões por porta não implica em perda de generalidade e facilita o controle dos recursos do ST (espaço em tabelas, buffers, etc. . .) utilizados por cada processo. Pode-se limitar o número de conexões que um processo pode manter abertas simultaneamente, limitando-se o número de portas a ele alocadas.

Assim, para que um processo peça o estabelecimento de uma conexão ao serviço de transporte (ST) – aquele processo, ou a parte do sistema operacional, responsável pela implementação local do PT – ele deve fornecer uma identificação do processo com o qual deve ser estabelecida a conexão.

Na verdade, existem duas formas pela qual esta identificação pode ser feita:

i. através de seu endereço de transporte completo. Isto é, a porta do processo remoto deve ser conhecida.

ii. através do seu endereço incompleto, isto é, sem a porta remota, porém com uma indicação do nome do processo remoto. Neste caso, o ST remoto deve pesquisar em uma **tabela de processos** se o processo com aquele nome existe e se está disposto a aceitar a conexão. Em caso afirmativo, o ST remoto aloca uma porta ao processo e informa ao ST que originou a conexão o número da porta escolhida.

2.2 – Estabelecimento e Encerramento de Conexões

Um processo pede o estabelecimento uma conexão através da primitiva ABRECON (ABRE CONEXÃO). Para que a conexão seja estabelecida é necessário que o processo remoto tenha indicado ao seu ST a sua disposição de aceitar conexões. Isto é feito através da primitiva ESPERACON (ESPERA CONEXÃO). Ao emitir a primitiva ESPERACON o processo indica se está esperando a conexão em uma determinada porta cativa ou não. No segundo caso nenhuma porta é alocada devido à execução da primitiva ESPERACON. A porta só é alocada no instante de estabelecimento de uma conexão.

A tentativa de estabelecimento simultâneo de conexão entre dois processos, denominada de **clisão de conexões**, resulta sempre no estabelecimento de duas conexões

distintas.

Ao estabelecer uma conexão, um processo pode indicar algumas funções opcionais que estarão em vigor para aquela conexão, tais como:

- . **criptografia:** indica se criptografia deve ser utilizada para a conexão. O "default" é não utilizar criptografia.
- . **controle de erro:** indica se o nível de transporte deve acrescentar uma soma verificadora ("checksum") a cada mensagem.
- . **classe de desempenho:** indica ao serviço de transporte o tipo de desempenho desejado para a conexão. Através deste parâmetro o ST pode determinar a melhor forma de implementar a conexão. Isto envolve decisões do tipo multiplexação e demultiplexação de conexões em circuitos virtuais e política de gerenciamento de "buffers".
- . **limite de tempo:** indica o maior intervalo de tempo que uma conexão pode ficar aberta do lado de quem a iniciou sem que nenhuma mensagem seja recebida do outro lado. Caso este parâmetro seja omitido, um valor de "default" é utilizado pelo ST.
- . **tamanho máximo de mensagem:** indica ao ST o maior tamanho, em bytes, de mensagem que o processo pode entregar ao nível de transporte. Um valor de "default" é utilizado caso o parâmetro seja omitido.

A seguinte regra é utilizada pelo ST ao receber um pedido de conexão para um processo P:

- i. Se a porta à qual P está ligado é especificada (porta cativa), o ST verifica se existe algum ESPERACON para P na porta cativa especificada ou em alguma outra porta cativa associada ao processo. Se não houver, o ST verifica se existe algum ESPERACON para portas não cativas e tenta alocar uma dessas portas para a conexão.
- ii. Se apenas o nome do processo P é especificado, o ST tenta alocar uma porta não cativa se houver um ESPERACON para este tipo de porta. Caso contrário, o ST verifica se existe alguma porta cativa associada ao processo e se existe algum ESPERACON para portas cativas.

A fim de implementar as duas regras acima o ST deve ser capaz de mapear nomes de processos à portas cativas e vice-versa.

Um ESPERACON pode ser cancelado através da primitiva CANCELAESp.

O encerramento normal de uma conexão é conseguido através da primitiva FECHACON (FECHA CONEXÃO). O encerramento de uma conexão é unilateral. Em outras palavras, se um processo emite uma primitiva FECHACON ele indica ao ST que ele não mais enviará dados através desta conexão. Contudo, ele ainda pode receber dados do processo remoto. A conexão só é totalmente desfeita quando os dois processos encerram a conexão do seu lado.

O PT oferece ainda uma outra primitiva para encerramento anormal de conexões, denominada ABORTECON (ABORTE CONEXÃO). A emissão desta

primitiva por qualquer um dos processos envolvidos na conexão provoca o seu encerramento bilateral.

2.3 – Transferência de Dados

Uma vez estabelecida uma conexão entre processos, estes podem enviar e receber mensagens, através das primitivas ENVMSG e RECMMSG. As mensagens são entregues ao receptor na seqüência em que foram transmitidas.

O PT oferece também um serviço de telegramas, i. e., mensagens avulsas que são entregues pelo PT independentemente de outras mensagens, podendo (ou não) serem confirmadas fim-a-fim. Estes telegramas são enviados pela primitiva ENVTEL e recebidos pela primitiva RECTEL.

Frequentemente processos precisam enviar mensagens curtas, de alta prioridade, no estilo de uma interrupção. Através da primitiva ENVINT, um processo pode enviar um byte de informação para o outro processo, de tal forma que este byte não estará sujeito ao controle de fluxo (ver seção 4) que normalmente é aplicado aos dados.

A seção 3.2 discute os mecanismos que regem a transferência de dados com mais detalhe.

3. FUNCIONAMENTO DO PROTOCOLO

Nesta seção descrevemos com maior detalhe o funcionamento interno do protocolo.

3.1 – Gerência de Conexões

Esta seção do protocolo para estabelecimento de conexão e o protocolo para fechamento desta conexão (desconexão). Como foi mencionado anteriormente, uma conexão é uma associação temporária entre dois processos que desejam se comunicar.

Uma conexão é estabelecida (encerrada) através da troca de pacotes de controle, que contém os seguintes campos:

1 - Tipo – Pode ser um dos seguintes valores

- Pedido de Conexão
- Aceita conexão
- Rejeita conexão
- Fecha conexão

2 - Encarnação – Número de encarnação da conexão.

3 - Porta Local – Porta origem do pacote.

4 - Porta Remota – Porta destino do pacote.

5 - Nome Processo Remoto – Nome do processo remoto, caso a porta remota seja 0.

6 - Tamanho do Buffer – Tamanho máximo de mensagens enviadas pelo remetente do pacote.

7 - Criptografia – Indica se a conexão usará dados criptografados ou não.

8 - Checksum – Indica se as mensagens serão acrescentadas de soma verificadora ou não.

Um dos aspectos do qual o serviço de transporte precisa estar certo é de que a conexão foi estabelecida com o processo interlocutor desejado. Para isso é necessário distinguir entre os pacotes da conexão atual e de uma conexão antiga entre as mesmas duas portas e que

possivelmente estão ainda circulando na rede. Se alguma precaução não for tomada, o serviço de transporte pode interpretar uma resposta antiga a um pedido de conexão como sendo atual e a partir daí estabelecer uma conexão falsa.

No caso deste protocolo, esse fenômeno é evitado através da utilização de um número de encarnação. Este número deve constar de todas as mensagens, associadas a uma certa conexão, trocadas pelos dois serviços de transporte. O número de encarnação deve ser gerado pelo ST que envia o pedido de conexão. Este número deve ser incrementado sequencialmente pelo ST a cada nova conexão por ele originada. Qualquer mensagem, seja de dados ou de supervisão, recebido com o número de encarnação incorreto para aquela conexão deverá ser descartado. No caso de falha do ETD, a seqüência de números de encarnação deve ser reinicializada de forma aleatória. Note que com esta providencia se torna bastante difícil o estabelecimento incorreto de uma chamada, pois para isso será necessário haver coincidência em três campos: número de encarnação, porta local e porta remota. A portabilidade deste evento ocorrer pode ser feita bastante pequena através da escolha adequada do tamanho de campo reservado ao número de encarnação.

3.1.1 – Estabelecimento de Conexão

Para o estabelecimento de uma conexão é necessário que haja uma troca de mensagens entre os dois ST aos quais estão ligados os dois processos que desejam se comunicar. No que se segue essas mensagens serão definidas juntamente com os seus campos que delas deverão constar obrigatoriamente.

i) Pedido de conexão: PCONEX (e, PL, PR, NPRB, TBUFA)

É uma mensagem enviado pelo ST que origina a conexão para o ST de destino solicitando o estabelecimento de uma conexão. Os parâmetros para essa mensagem são:

e = número de encarnação

PL = porta alocada ao processo que solicitou a conexão pelo ST que envia o PCONEX.

PR = porta do processo de destino; no caso da porta do processo de destino ser desconhecida, este parâmetro deverá ser feito igual a zero.

NPRB = nome do processo com o qual é desejada a conexão; este campo poderá ser deixado em branco se PR for diferente de zero.

TBUFA = tamanho máximo de mensagem a ser enviada pelo processo NPRA.

ii) Aceita conexão: CONACEITA (e, PL, PR, TBUFB)

Mensagem enviada pelo processo de destino ao ST que originou o pedido de conexão informando que aceita estabelecer a conexão.

PL = porta alocada ao processo de destino pelo ST que recebeu o pedido de conexão; esta porta deverá ser

também uma porta cativa do processo de destino.

PR = porta de processo que originou o pedido de conexão. O número dessa porta é enviado no pedido de conexão.

TBUFB = tamanho máximo de mensagens a serem enviadas pelo processo de destino ao processo que originou a conexão.

iii) Conexão rejeitada: REJCON (e, PL, PR)

Esta mensagem é utilizada pelo ST que originou o pedido de conexão para rejeitar uma conexão para a qual ele já recebeu um CONACEITA. Campos:

e = encarnação

PL = porta do processo que originou o pedido de abre conexão.

PR = porta do processo de destino.

Esta mensagem deverá conter também um código de porque a conexão foi rejeitada.

iv) Conexão Rejeitada: REJCONB (e, PR)

Mensagem enviada pelo ST que recebeu o pedido de conexão informando que a conexão não pode ser estabelecida. O motivo do fracasso na abertura de conexão deverá ser informado através de um código. Campos:

e = número de encarnação

PR = número da porta do processo que gerou o pedido de abre-conexão.

Quando da transmissão das mensagens PCONEX e CONACEITA, um temporizador deverá ser acionado pelo respectivo ST.

Se uma confirmação de recebimento dessas mensagens não for recebida dentro de um limite de tempo α , os pacotes deverão ser retransmitidos. No caso da mensagem PCONEX a acusação de seu recebimento é feita através de uma mensagem CONACEITA ou de REJCONB. O recebimento de uma mensagem CONACEITA será reconhecido através da chegada do primeiro fragmento de dados ou de um REJCON.

Além dessa temporização por mensagem, deverá haver uma temporização global da conexão, ou seja, um limite de tempo máximo (β) que a conexão poderá ficar aberta sem que haja envio de mensagem por parte de algum dos processos. Esse limite de tempo β é especificado na primitiva ABRECON. O valor de β deve ser levado em consideração ao ser estabelecido o limite de tempo α do temporizador de mensagens.

O comportamento dos serviços de transporte durante o estabelecimento de conexão pode ser representado por um par de diagramas de estado, um para o ST que inicia a conexão (A) e outro para o ST que recebe o pedido (B).

Os estados escolhidos para representar a situação dos serviços de transporte envolvidos são os seguintes:

E = estado de espera, serviços de transporte estão

aguardando a chegada de possíveis pedidos para abrir conexão (proveniente do nível de protocolo acima) ou de um pedido de conexão (vindo de um ST remoto).

T = ST está tentando estabelecer a conexão

C = Conexão estabelecida

V = ST que recebeu o pedido de conexão aguarda confirmação do estabelecimento da conexão.

As Fig. 3.1 e 3.2 mostram os diagramas de estado para o serviço de transporte que originou o pedido de conexão e para o ST de destino, respectivamente. Nestes diagramas foram usadas as seguintes convenções:

- i) + NOME, a transição entre os estados foi causada pela **chegada** de uma mensagem ou primitiva denominada NOME.
- ii) – NOME ST enviou a mensagem NOME.
- iii) $\frac{A}{B}$, transição foi causada pelo evento A e este evento B ocasionou o evento B.

Um aspecto importante deste protocolo de conexão é que a ocorrência de dois pedidos de conexão em trânsito, em sentidos opostos, envolvendo o mesmo par de processos, nunca ocasionará um impasse. Na verdade, cruzamento (colisão) de dois pedidos de conexão sempre causará o estabelecimento de duas conexões paralelas entre os dois processos. Para verificar essa afirmação o diagrama da Fig. 3.3 deve ser analisado.

Na figura 3.3, o serviço de transporte A envia um pedido de conexão entre o processo X e o processo Y, informando que alocou a porta Pa ao processo e que não conhece o número da porta do processo Y.

Aproximadamente no mesmo instante, o ST inicia um pedido de conexão entre o processo Y e o processo X, informando que colocou a porta Pb ao processo Y. Quando o pedido de conexão de STA chega a STB este alocará uma porta Pc, pois Pb já estará consignada para o pedido de conexão originado por Y. Da mesma forma, quando o PCONEX enviado pelo STB chega ao STA, este tentará alocar uma porta X para esta outra conexão. Esta porta, certamente não poderá ser Pa, pois está já sendo utilizada pela outra conexão. Portanto ao fim do processo, duas conexões terão sido estabelecidas, identificadas pelos pares de portas (Pa, Pb) e (Pc, Pd). Caberá a um protocolo acima do nível de transporte identificar que duas conexões paralelas foram estabelecidas e eliminar uma delas, caso isto seja desejado.

Note-se que se nunca poderá haver colisão em uma porta cativa pois estas só podem ser utilizadas para receber conexões e nunca para iniciar um pedido de conexão.

3.1.2 – Encerramento de Conexão

O protocolo de desconexão tem como objetivo permitir que o encerramento de conexão seja feito sem que mensagens sejam perdidas. Como será visto adiante o protocolo aqui proposto garante que os ST só informarão os processos envolvidos na comunicação quando realmente todas as mensagens já estiverem sido recebidas.

Assim como no caso da conexão, para que haja um

encerramento correto da conexão é necessário que os dois ST envolvidos troquem algumas mensagens. No que se segue, essas mensagens serão definidas e os seus parâmetros relevantes especificados:

- a) Pedido de encerramento de conexão: FCONEX (e, PL, PR, CR)

Esta mensagem é enviada quando não existem mais fragmentos de dados a serem transmitidos. Após a transmissão dessa mensagem o ST, que a enviou só poderá enviar mensagens de supervisão e controle. Um exemplo de mensagens de supervisão que podem ser necessários transmitir são: fragmentos contendo informação de crédito e fragmentos que acusam recebimento de mensagens do outro lado. Note que mesmo após receber uma mensagem FCONEX o ST do outro lado poderá continuar a enviar dados. Os parâmetros dessa mensagem são:

e = número de encarnação

PL = porta do processo do qual o ST terminou de enviar os dados

PR = porta do processo que enviou o fecho-conexão.

No caso de encerramento de conexão, o procedimento de ambas as ST's é o mesmo, e pode ser descrito pelo diagrama de estados da figura 3.4.

Os estados neste diagrama são:

F – Estado no qual o ST está fechando conexão, i.e., já enviou o pedido de FCONEX.

D – Estado no qual o ST está aguardando fim de dados (provenientes do outro lado); o pedido FCONEX já foi confirmado.

C – Estado no qual os dados provenientes do outro lado já terminaram, mas o pedido de FCONEX ainda não foi confirmado.

X – Conexão fechada. Neste estado, caso um pedido de FCONEX chegue, este deve ser confirmado como cortesia.

Observe que o protocolo de desconexão exige que o serviço de transporte seja capaz de acusar recebimento de mensagens FCONEX mesmo depois de ele já ter encerrado a conexão do seu lado. Este procedimento foi adotado de forma a evitar que o encerramento de conexão envolva a troca de três mensagens. Recapitulando, o fechamento de uma conexão é uma atitude unilateral, após o ST ter certeza de que não existem mais mensagens de dados a serem transmitidas, e na verdade, um ST não terá certeza de quando o outro lado encerrar a sua conexão. Entretanto, nunca haverá um fechamento normal com perda de informação.

A figura 3.5 mostra um cenário de encerramento normal de conexão.

3.2 – Transferência de Dados

Esta seção descreve a transferência de dados propriamente dita. Para garantir a sequenciação, o PT

utiliza um mecanismo de numeração de fragmentos, com confirmação de recebimento; fragmentos enviados e não confirmados após um certo intervalo de tempos são retransmitidos. A taxa de transferência pode ser controlada pelo receptor por meio de um mecanismo de créditos.

Embora o funcionamento da rede de pacotes tenda a ser confiável, sempre podem acontecer situações em que as duas estações de transporte perdem a sincronização. Quando esta situação é detetada, os serviços de transporte seguem um procedimento que permite a retomada da transferência de dados a partir do último ponto em que havia sincronização.

O PT oferece ainda um serviço de mensagens de "alta prioridade", i.e., interrupções. Estas mensagens são de pequeno tamanho, e não estão sujeitas ao controle de fluxo de dados normal. O PT fornece ainda meios de fazer a sincronização entre essas mensagens de urgência e o fluxo normal de dados caso isto seja desejado.

Além do serviço de entrega sequenciada de mensagens, O PT oferece ainda um serviço de telegrama, que permite o envio (com recepção confirmada fim-a-fim) de mensagens, independentemente de outras mensagens que tenham sido enviadas anteriormente.

3.2 – Formato de Fragmento

Os fragmentos contém os seguintes campos:

- 1 – **Tipo** - Pode ser um dos seguintes valores
 - Dados (1º fragmento)
 - Dados (continuação)
 - Supervisão
 - Telegrama
- 2 – **Marca** - Indica se o fragmento é uma marca de Sincronização de interrupção.
- 3 – **Último** - Indica se um fragmento é o último fragmento de uma mensagem.
- 4 – **Encarnação** - O número de encarnação associado à conexão; não tem significado para telegramas.
- 5 – **Identificador Interno de Conexão** - Porta de destino.
- 6 – **M (R)** - O número do próximo fragmento a ser recebido.
- 7 – **c (R)** - O número máximo de fragmento que o receptor está disposto a receber.
- 8 – **Número do 1º Pacote** - O número do primeiro fragmento da Conexão, se o tipo do fragmento é 1º fragmento de Dados.
- 9 – **Soma Verificadora** - Aparece opcionalmente no último fragmento de mensagem (Vide seção 6.8).
- 10 – **Dados** - Dados propriamente ditos.

3.2.2 – Mecanismos Usados na Transferência de Dados

O PT numera os fragmentos transmitidos sucessivamente, passando de mensagem em mensagem sequencialmente. O primeiro fragmento de dados de uma conexão é normalmente numerado com 0. É importante

notar-se que isto não causa confusão na recepção pois cada conexão possui um número de encarnação diferente.

Devido ao fato de que o PT assume circuitos virtuais no nível inferior, fragmentos de dados (exceto o primeiro) não precisam conter explicitamente um número de sequência; este número pode ser inferido a partir do número do primeiro pacote e do número de pacotes já recebidos anteriormente.

Uma cópia de cada fragmento transmitido mas não confirmado é guardada pelo transmissor. Se, após um certo intervalo de tempo após a transmissão não chegar confirmação para estes fragmentos, eles serão todos retransmitidos. A retransmissão é feita desta forma devido ao fato de assumir-se o PT se utiliza de uma rede de pacotes com interface do tipo circuito virtual onde a sequencialização de pacotes é garantida. Portanto se um fragmento (ou uma confirmação) foi perdido, então todos os sucessores também foram. Cada conexão possui um limite para o tempo decorrido sem receber fragmentos do outro lado; se este limite for atingido, a conexão é abortada.

Para que o receptor possa controlar o fluxo dos dados, caso o transmissor esteja enviando dados rápido demais, um mecanismo de créditos é usado. Cada pacote de confirmação traz também uma indicação do número de sequência máximo que o receptor está disposto a receber. Portanto, se um pacote confirma a recepção do fragmento com número de sequência M, e seu campo de crédito indica que o número de sequência máximo que o receptor se dispõe a receber é C, o transmissor pode enviar os pacotes com número de sequência que vão de M + 1 a C, inclusive.

Este mecanismo é equivalente a um mecanismo de janela [Menascé 82] onde o tamanho da janela é ajustado dinamicamente pelo receptor.

O PT permite o envio de pequenas mensagens (8 bits) de urgência, chamadas de interrupções, que não estão sujeitas ao controle de fluxo de dados. Em certas situações, é desejado que se possa identificar no fluxo normal de dados o ponto em uma interrupção foi gerada; com este propósito, o PT permite a geração de interrupções síncronas e assíncronas.

No caso de interrupções assíncronas, a mensagem de urgência é enviada independentemente do fluxo normal de dados. No caso de interrupções síncronas, além de enviar uma mensagem de urgência, o PT insere o fluxo normal de dados uma marca, de tal forma que o receptor, ao receber a mensagem de urgência, pode passar a tratar os dados no fluxo normal de dados de forma sumária, até encontrar a marca correspondente. A figura 3.6 indica esta situação – Os dados recebidos ao intervalo $t_1 - t_2$ serão processados sumariamente.

Estas interrupções são confirmadas fim-a-fim, e, pode em qualquer instante, haver no máximo uma interrupção pendente (não confirmada).

Frequentemente, aplicações desejam enviar mensagens avulsas, sem qualquer relação de sequência com outras mensagens. Nestas situações, não é necessário nem econômico estabelecer-se uma conexão para a troca de apenas uma mensagem. O PT oferece um serviço de telegramas para satisfazer esse tipo de necessidade.

Telegramas são mensagens com tamanho máximo de um fragmento de dados, e seu recebimento pode ser confirmado pelo receptor. Em qualquer instante só pode haver no máximo um telegrama não confirmado, caso o

transmissor assim o desejar, para um mesmo par (transmissor, receptor). Um telegrama pode ser endereçado tanto a um processo quanto a uma porta em um ETD remoto. O serviço de transporte, ao receber um telegrama para ser enviado, aloca uma porta local, caso confirmação seja pedida, e envia um pacote especial para o endereço remoto.

Ao receber um pacote de telegrama, o serviço de transporte verifica se este é endereçado a uma porta na qual existem um processo em escuta, ou endereçado a um processo que está em escuta em alguma porta. Se o endereço é inválido, e a confirmação foi pedida uma mensagem de erro é retornada. Se o endereço for correto, o telegrama é entregue ao processo em escuta. A recepção de um telegrama não altera o estado do processo em escuta, i.e., este continua à espera de pedidos de conexões e/ou telegramas.

Quando um telegrama é recebido corretamente, e se confirmação foi pedida, a estação de transporte envia uma mensagem de confirmação à porta de origem.

É importante notar que, dada a possibilidade de confirmações de telegramas serem pedidas, alguns telegramas serão transmitidos mas de uma vez; como a estação de transporte remoto não possui meios de detectar duplicações, este telegrama será entregue mais de uma vez ao processo receptor.

O tipo de serviços oferecido por uma rede do tipo X.25 permite que ocorram "resets" ou "restarts" na rede. Nestas situações, um certo número de fragmentos será perdido. Os fragmentos de dados normalmente não carregam um número de seqüência (exceto o 1º fragmento de uma conexão). Ao ser detectado um RESET ou RESTART, o ST transmissor deverá após detectar que a rede está normalmente disponível, retransmitir todos os fragmentos pendentes, de tal forma que o fragmento pendente com menor número de seqüência tenha o formato de **1º fragmento de conexão**, com o campo **número do 1º fragmento** contendo o número seqüencial apropriado. Isto permite ao ST receptor se resincronizar.

Se, ao ser estabelecida a conexão, uma soma verificadora for requisitada, o ST inserirá esta soma no início do campo de dados do último fragmento da mensagem, esta soma verificadora é o ou exclusivo de todos os bytes de mensagem, incluindo os cabeçalhos dos fragmentos.

4. CONCLUSÃO

Este artigo descreveu um protocolo de transporte que supõe um serviço de circuitos virtuais no acesso à rede. Este protocolo permite o estabelecimento de conexões a partir de endereços e de nomes de processos. O serviço de transferência de dados oferecido permite a seqüenciação de mensagens enviadas, o envio de mensagens avulsas e de mensagens de alta prioridade.

Os serviços oferecidos permitem a interconexão entre processos em uma rede, tornando a utilização de redes públicas do genero X.25 mais conveniente.

Uma implementação preliminar do protocolo aqui descrito está em desenvolvimento no Departamento de Informática da PUC-RJ.

BIBLIOGRAFIA

[CCITT 80] International Telegraph and Telephone Consultative Committee (CCITT), "Interface Between Data Terminal Equipment and Data Circuit-Terminating Equipment for Terminals Operating in the Packet Mode in Public Networks", Study Group VII, CCITT, Geneva, 1980.

[ISO 78] International Standards Organization, "Reference Model for Open Systems Interconnection", ISO/TC97/SC16/N 227, 1978.

[MENASCÉ 82a] MENASCÉ, D. A. ; - **Redes de Computadores: Aspectos Técnicos e Operacionais**, 3ª Escola de Computação, PUC-RJ, 1982.

[MENASCÉ 82b] MENASCÉ, D. A. ; executor - "Especificação de Um Protocolo de Transporte para Redes Públicas que Usam Circuitos Virtuais" - Relatório Técnico, Contrato PUC-EMBRATEL-TELEBRÁS C-GCD-004/80, PUC-RJ, 1982.

[TANENBAUM] TANENBAUM, A. S., **Computer Networks**, New Jersey, Prentice-Hall Inc., 1981.

Figura 2.1 - O Nível de Transporte e suas Interfaces.

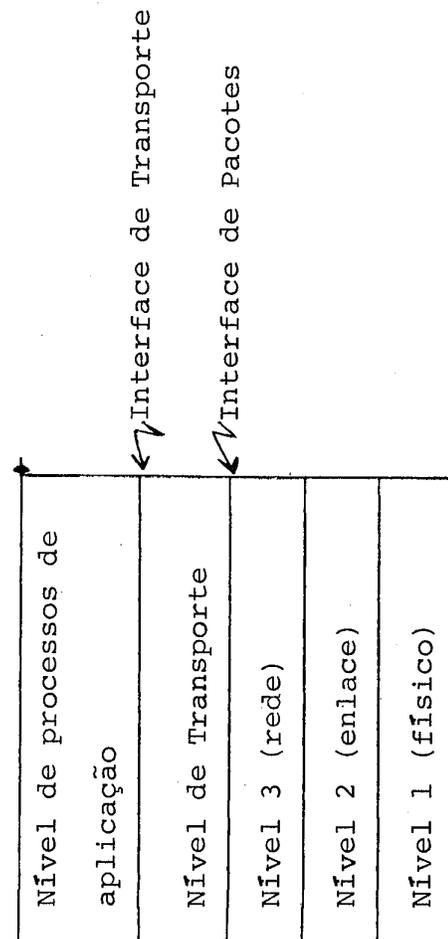


Figura 2.2 – Portas e Processos.

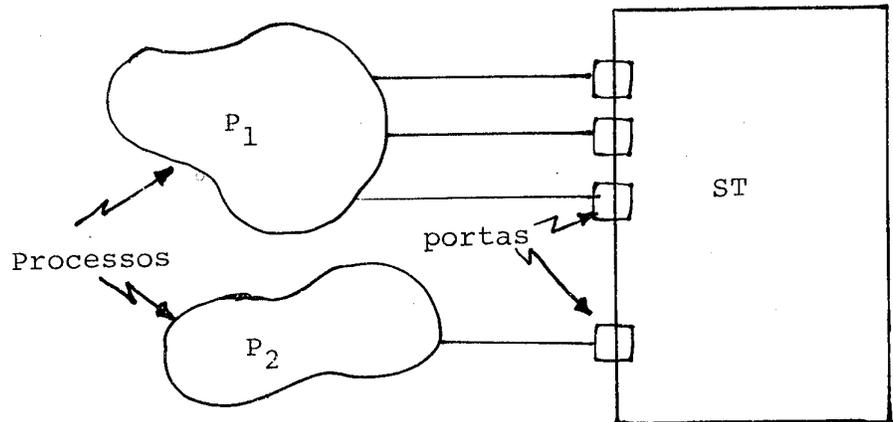


Figura 2.3 – Restrições sobre Portas e Conexões.

