



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
NÚCLEO DE COMPUTAÇÃO ELETRÔNICA

Título: INTERCONEXÃO DE REDES

Autores: J.F.M.ARAÚJO, W.F.GIOZZA,
J.A.B.MOURA, J.I.SAUVÉ

Relatório Técnico nº 05/85
(Circulação Restrita) *

Data: JUNHO/85

* Este Relatório Técnico é parte de um livro sobre Redes Locais sendo escrito pelos autores com apoio da EMBRATEL. Pede-se não reproduzir ou divulgar o seu conteúdo sem a prévia autorização dos autores e da EMBRATEL.

I N D I C E

	PÁG.
1 - INTRODUÇÃO	01
2 - NOMES E ENDEREÇOS	04
3 - ENCAMINHAMENTO DE MENSAGENS	09
4 - FRAGMENTAÇÃO	14
5 - TIPO DE SERVIÇO	16
5.1 - Datagrama	16
5.2 - Circuito Virtual	18
6 - COMPORTAS E PONTES EM REDES LOCAIS	20
6.1 - Comporta Rede Local/Rede de Longa Distância	22
6.2 - Funções Adicionais na Comporta	27
6.3 - Localização da Comporta	28
7 - O SERVIDOR DE COMUNICAÇÃO NCE/UFRJ	29
7.1 - Software dos Micros	29
7.2 - Funcionamento do Servidor	33
8 - RESUMO	37
9 - REFERÊNCIAS	38

INTERCONEXÃO DE REDES1 - INTRODUÇÃO

Ao longo da última década, tem crescido continuamente o número de redes de computadores públicas e privadas desenvolvidas e implementadas. O recente surgimento das redes locais deu um novo impulso nessa tendência. Inúmeras empresas estão instalando essas redes em seus escritórios e fábricas.

Projetadas inicialmente para facilitar a comunicação entre um grupo de usuários, torna-se clara a conveniência de se interligar essas redes. As razões podem ser:

1 - De ordem econômica. Uma instalação com diversos computadores localizados geograficamente próximos, pode desejar interligá-los através de uma rede local e compartilhar uma única interface para uma rede pública externa, em vez de ter cada computador conectado a essa rede externa.

2 - De ordem tecnológica. Redes locais existentes cobrem uma área geográfica limitada. Uma grande fábrica ou o campus de uma universidade, podem estar além desse limite. Nesse caso poderia-se instalar diversas redes locais em áreas ou prédios distintos e interconectá-las.

3 - Por razões de desempenho e confiabilidade. Pode ser melhor desse ponto de vista partir uma rede local com grande número de estações em duas. Cada uma conectaría as estações com maior tráfego entre elas, diminuindo com isso a carga no meio de transmissão. A interconexão continuaria permitindo a troca de informações entre as estações ligadas à duas redes distintas.

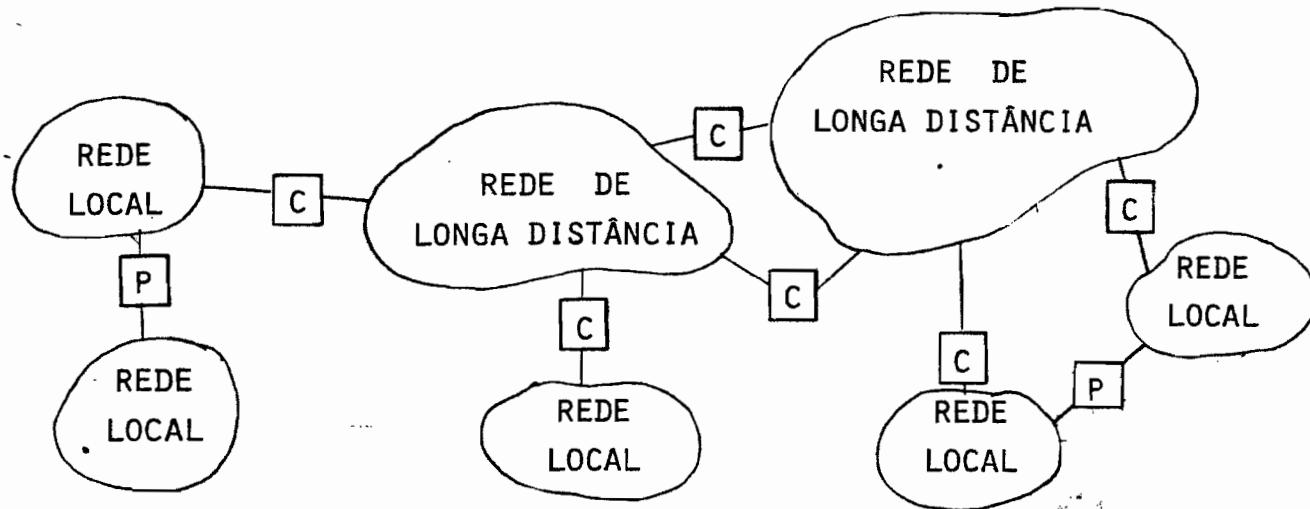
4 - De ordem funcional para atender necessidades dos usuários. Redes interligadas podem permitir por exemplo, que o usuário de sua estação de trabalho em um escritório utilize o

computador de grande porte da sua empresa para submeter um programa, que outro consulte um Banco de Dados externo disponível através da rede pública de comutação de pacotes, outro ainda pode querer enviar uma mensagem a um usuário da filial da sua empresa situada em outra cidade, ou seja do ponto de vista do usuário, ele gostaria de ter acesso a qualquer recurso computacional, mesmo que esse recurso esteja disponível em outra rede.

Do ponto de vista do provedor do serviço de comunicação, quanto mais usuários tiverem possibilidade de acesso a sua rede tanto melhor, ou seja é também conveniente para eles essa interligação.

Não é difícil imaginar que a semelhança do sistema telefônico, uma rede de comunicação de dados com possibilidade de conectividade a nível mundial é desejável e factível.

Nesse contexto as redes locais são o primeiro nível desse sistema global de interconexão. (Fig. 1).



C,P - INTERFACE ENTRE AS REDES

Fig. 1

Atualmente no entanto convivem diversos tipos de redes, com características bastante diferentes. Apesar do esforço de padronização que vem sendo realizado a nível internacional tanto para redes locais quanto para redes de longa distância (ver capítulo), essa heterogeneidade continuará existindo porque determinadas características das redes dependem de uma série de fatores como: área geográfica coberta, tipo de equipamentos a serem conectados, necessidade do usuário em termos de desempenho da rede e custo das diferentes alternativas.

Do ponto de vista técnico portanto a tarefa a ser cumprida é a de resolver os problemas de compatibilização entre as diferentes tecnologias e protocolos empregadas nas redes a serem interconectadas.

Cada rede tem seus protocolos internos, com diferentes tamanhos máximo de pacotes, diferentes técnicas de endereçamento e métodos de cobrança que devem ser preservadas.

Para haver comunicação interrede, um conjunto de regras globais devem ser acordadas e implementadas em nível de protocolo interrede acima das regras locais, permitindo a interconexão com um mínimo de impacto nesses procedimentos locais. Naturalmente quanto mais semelhantes forem as redes a serem interconectadas, menor será esse esforço de interconexão.

As questões a serem abordadas ao se projetar essa interconexão incluem [1, 2, 3].

- + Endereçamento e encaminhamento de mensagens
- + Fragmentação de mensagens
- Detecção e recuperação de erros
- + Tipo de serviço: com ou sem conexão
- + Nível de interconexão
- Controle de fluxo
- + Congestionamento
- Segurança
- Cobrança dos serviços

2 - NOMES E ENDEREÇOS

A finalidade de uma rede de computadores é em última análise, permitir que dois processos troquem mensagens.

Numa rede interligando equipamentos heterogêneos, é preciso estabelecer convenções para representação de nomes e endereços de processos que tenham sentido em toda a rede, de modo que as mensagens enviadas e recebidas cheguem ao processo destinatário.

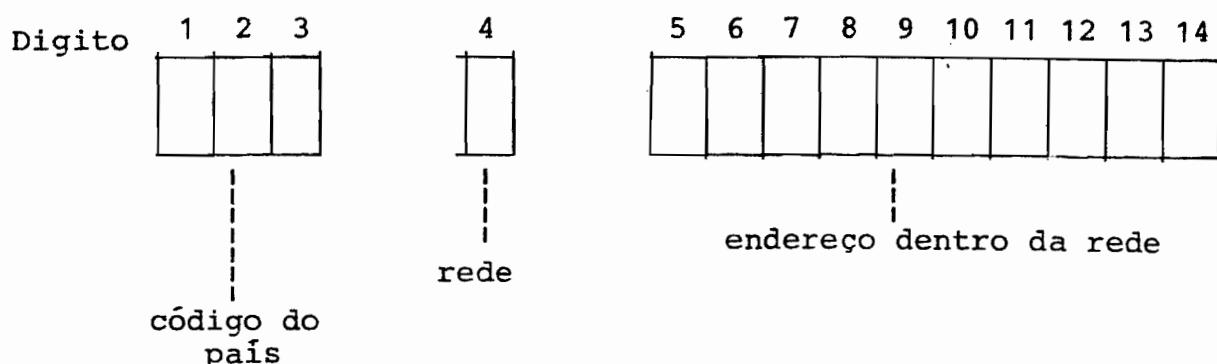
Algumas redes permitem que os usuários referenciem recursos por nomes, isto é, uma cadeia de caracteres. Nesse caso a rede mantém tabelas que fazem a associação entre o nome de um recurso e sua localização na rede, ou seja seu endereço.

Quando se conecta duas ou mais redes, é preciso ainda identificar através dos endereços em que rede o recurso desejado reside. Como é comum que diferentes redes usem diferentes convenções de endereçamento, esse é um dos aspectos importantes a serem resolvidos na interconexão.

Uma maneira tradicionalmente utilizada é o uso de endereçamento hierárquico, onde o endereço de um processo é dado pelo endereço da rede, do hospedeiro (equipamento onde ele reside) e finalmente seu endereço dentro do hospedeiro, em geral representado por uma "porta", de modo que um mesmo processo pode receber mais de um fluxo de mensagens por portas diferentes.

O endereçamento hierárquico é o método sugerido pela CCITT através da recomendação X.121, para interconexão de redes públicas de comutação de pacotes [4].

Nessa recomendação os endereços são números decimais formados por três campos: um código de país, um código para a rede e um campo para o endereço dentro da rede.



Nesse esquema cada país pode ter até 10 redes e cada rede dispõe de 10 dígitos para seus endereços, podendo atribuí-los da forma que lhe convier.

Outra alternativa é o estabelecimento de um único espaço de endereçamento plano (não hierárquico), onde para cada recurso existente nas redes é atribuído um endereço, independentemente da rede a qual ele está conectado. A rede Xerox [2], usa um esquema desse tipo onde o hospedeiro recebe um identificador único de 48 bits. Na sua arquitetura de redes interligadas no entanto eles adotam um sistema hierárquico para simplificar o encaminhamento de mensagens. Nesse caso os endereços são formados por um número identificador da rede com 32 bits, o endereço absoluto do hospedeiro com 48 bits e 16 bits para o endereço de portas.

A interconexão de duas redes, exige então a implementação em cada rede de um protocolo interrede que realize pelo menos as funções de tratamento de endereços interredes.

Uma maneira elegante de implementar protocolos, é utilizar uma arquitetura em camadas ou níveis, onde cada camada executa uma série de funções e utiliza as funções de camada inferior na hierarquia (ver capítulo). Uma mensagem a ser enviada

e passada do nível mais alto para o mais baixo é "envelopada" em cada nível com os cabeçalhos de controle daquele nível, até que no nível mais inferior da hierarquia ela é transmitida através do meio de transmissão utilizada naquela rede.

Na recepção ocorre o procedimento inverso: a mensagem é recebida no nível mais baixo, "desenvolvida" e entregue ao nível superior até que chega ao processo destinatário.

A arquitetura interrede desenvolvida na Xerox, interliga mais de mil hospedeiros em 25 redes de 5 tipos diferentes [6]. Mensagens interredes chamadas de PUPs, são envelopadas para transmissão nos protocolos das redes interligadas.

No nível 0 dessa arquitetura, estão os protocolos locais responsáveis pelas características elétricas e de controle de linha. No nível 1 está o protocolo interrede, responsável pela formatação do pacote, endereçamento hierárquico e algoritmo de encaminhamento dos PUPs. Acima desse nível estão os protocolos que usam o serviço interrede (Fig. 2).

Nível 2 - Protocolos
de nível mais alto

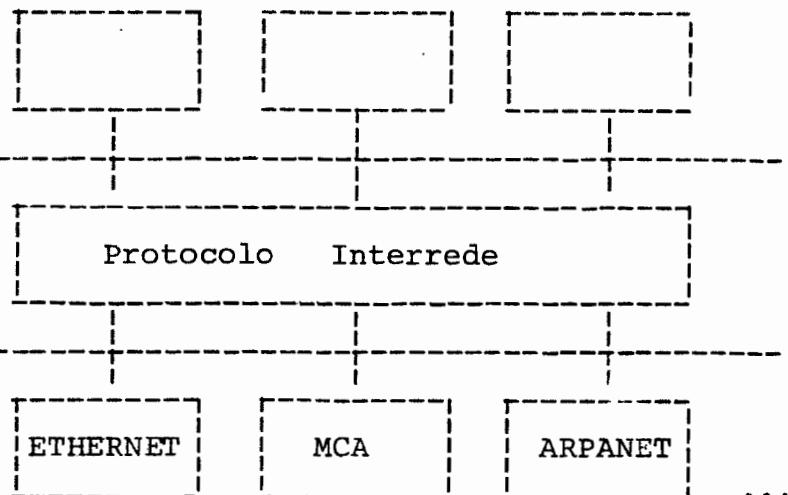


Fig. 2

Uma mensagem a ser enviada a um processo remoto é recebida dos protocolos de alto nível 1, preparada nesse nível com o cabeçalho interrede e passada ao nível 0. No nível 0 ela é envelopada de acordo com as regras locais para transmissão. Na rede ETHERNET por exemplo o formato da mensagem no nível 0 é mostrado abaixo.

(Fig. 3).

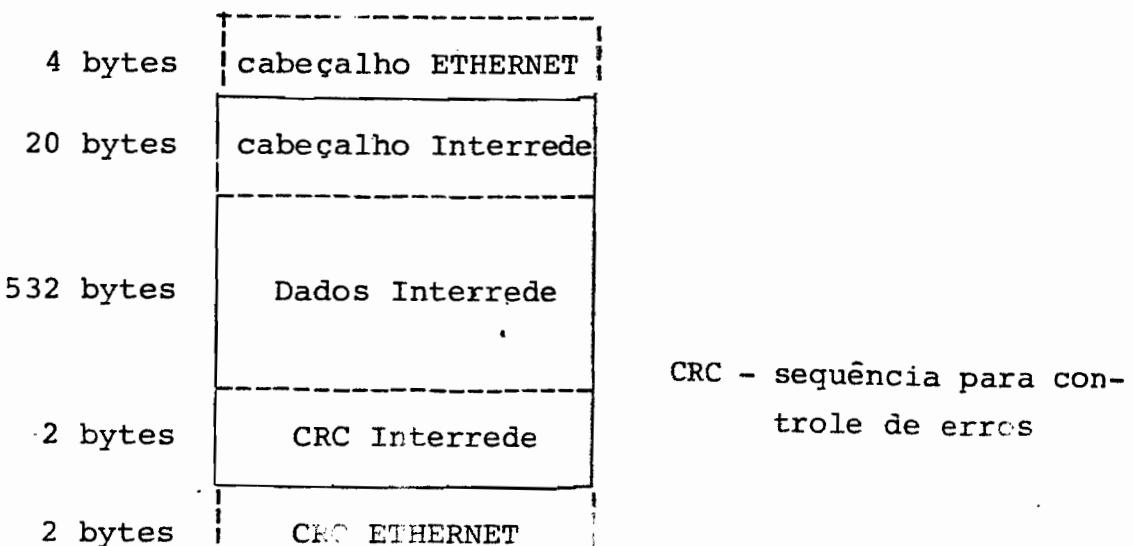


Fig. 3

A figura 4 mostra o formato do pacote interrede.

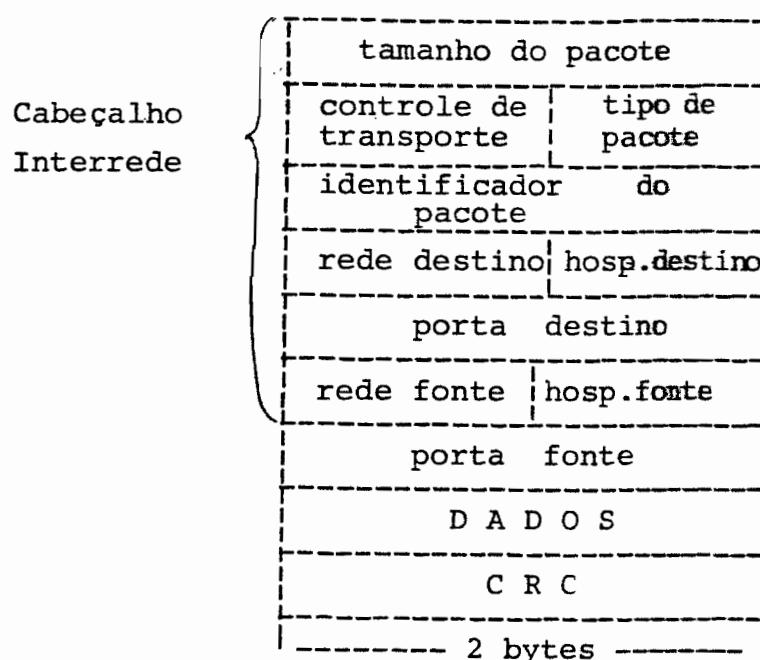


Fig. 4

O cabeçalho contém um campo de transporte usado pelas comportas como área de trabalho e pelos processos fonte para passar informações para o nível interrede, um campo do tipo usado pelos processos fonte e interpretado pelo destino, um identificador do pacote que pode ser usado para numerá-los e os endereços destino e fonte usados para encaminhamento das mensagens aos seus destinos.

Outros aspectos a serem considerados quanto a endereçamento, são ainda a necessidade de difusão de mensagem para todos os equipamentos conectados a rede e o envio de uma mensagem para um grupo de equipamentos.

3 - ENCAMINHAMENTO DE MENSAGENS

Como encaminhar uma mensagem a um destinatário distante através de várias redes ?

A questão a ser resolvida é a escolha da rota que uma mensagem deve seguir para chegar ao destino. Pode haver apenas um caminho ou pode haver mais de um para o mesmo destino. Nesse caso é necessário escolher entre eles segundo algum critério. Em redes de comutação de pacotes, onde os nós de comutação tem essa função de encaminhamento, diversos métodos tem sido utilizados [7].

Na interconexão de redes as funções de compatibilidade entre duas redes, incluindo o encaminhamento de mensagens, são realizadas em pontos de interface entre as duas redes denominados Comportas [8].

Na figura 5 um hospedeiro na rede 1 pode enviar mensagens para um hospedeiro na rede 4, por três caminhos: através das comportas C1 e C4, C2 e C3 ou C5 e C6.

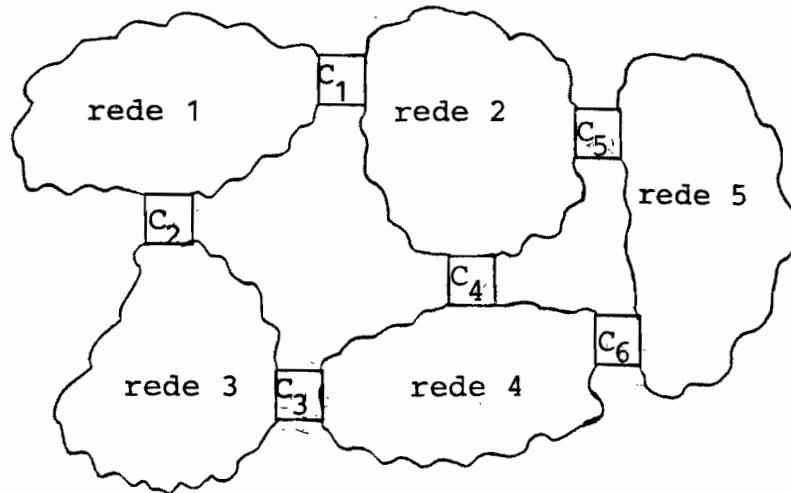


Fig. 5

Uma primeira decisão sobre a rota a escolher nesse caso deve ser tomada no hospedeiro. Como existem duas portas entre a rede 1 e redes adjacentes, ele terá que decidir para qual delas enviará sua mensagem.

Uma alternativa é enviar a mensagem para todas as portas da rede e deixar que elas mesmas, baseadas por exemplo no endereço de destino final, decidam quem deve fazer o encaminhamento da mensagem. Essa é uma alternativa interessante em redes locais com capacidade de difusão de mensagem (broadcast), porque simplifica o protocolo interrede de cada hospedeiro.

Supondo nesse exemplo que o hospedeiro enviou a mensagem para a porta C1, ela terá que decidir agora para quem enviará a mensagem. Existem duas possibilidades: através da porta C4 ou C5.

A rota pode ser decidida passo a passo baseada em informações que as portas dispõem, ou pode vir junto com a mensagem. Nesse segundo caso a fonte da mensagem dispõe das informações sobre a rota ou as obtém de algum ponto central.

Em ambos os casos a decisão sobre a rota a ser seguida é baseada em dados das tabelas de rotas, mantidas, no caso de encaminhamento passo a passo, nos equipamentos responsáveis por roteamento (portas e eventualmente também hospedeiros) e em um ponto central no caso da mensagem conter a rota.

Essas tabelas contêm a indicação de rota a ser seguida para se chegar ao destino desejado. No nosso exemplo, supondo o uso de endereçamento hierárquico, a tabela de rotas na porta C1 poderia ser:

DESTINO	VIA COMPORTA	COMPORTAS INTERMEDIÁRIAS
rede 1	-	-
rede 2	-	-
rede 3	C ₂	1
rede 3	C ₄	2
rede 3	C ₅	3
rede 4	C ₄	1
rede 4	C ₂	2
rede 4	C ₅	3 (2)
rede 5	C ₅	1
rede 5	C ₄	2
rede 5	C ₂	3

Fig. Tabela de rotas na Comporta C₁

A tabela na comporta C₁ contém apenas a indicação de qual comporta deve ser utilizada para se atingir cada uma das redes, uma vez que estamos supondo endereçamento hierárquico. Caso o endereçamento fosse plano, seria necessário manter tabelas muito maiores, indicando as rotas para cada um dos recursos que possui endereço.

Nesse exemplo com endereçamento hierárquico, quando uma comporta recebe uma mensagem para a rede que ela atende diretamente, o subcampo "hospedeiro de destino" do endereço é examinado e a mensagem encaminhada a esse hospedeiro.

Como mostrado no exemplo acima, podem existir caminhos alternativos entre a fonte e o destino, e nesse caso é preciso estabelecer critérios para escolha do melhor caminho.

Os critérios podem ser por exemplo:

- Encaminhamento por rota fixa. A tabela é criada uma única vez e a mesma rota é usada sempre. O critério para escolha da rota pode ser por exemplo o caminho mais curto em termos de números de comportas intermediárias. Os caminhos alternativos poderiam ser usados apenas em caso de falha no principal.

Esse método é simples para implementar, porém pode levar a uma sobrecarga em algumas rotas enquanto outras estão sendo subutilizadas.

- Encaminhamento adaptativo. Nesse método a rota é escolhida segundo um critério que leva em conta a carga na rede. Na tabela de rotas são mantidas informações sobre alguma medida que represente essa carga como por exemplo o atraso para atingir cada destino pelos diversos caminhos alternativos. Quando necessário escolher uma rota escolhe-se a de menor atraso.

No caso do encaminhamento adaptativo é necessário, periodicamente atualizar a medida de carga na rede nas tabelas de rota.

Essa atualização pode ser feita de vários modos, cada um deles tem suas vantagens e desvantagens.

- Adaptativo isolado. Nesses casos a comporta atualiza sua tabela de rota, baseada apenas na informação que dispõe localmente sobre tamanho de filas de mensagens para os diversos destinos e outras informações locais.

- Adaptativo distribuído. Nesse método cada comporta recebe periodicamente informações sobre a carga na rede das demais comportas e recalcula sua tabela de rotas baseada nessas informações.

- Adaptativo Centralizado. Nesse método, um ponto central recebe periodicamente informações sobre o estado da rede, recalcula as tabelas de rota e as envia a cada com porta.

Os métodos adaptativos, tem sobre o de rota fixa a vantagem de procurar fazer melhor uso dos diversos caminhos alternativos, distribuindo a carga entre eles e melhorando com isso o desempenho do sistema. Cria porém nos métodos distribuído e centralizado um tráfego adicional na rede, pela necessidade de trocar informações sobre o estado da rede. Além disso como a estimativa de cargas é baseada em informações passadas, pode em certos períodos, não corresponder a realidade.

Em sistemas com redes interconectadas, métodos utilizados tem sido rota fixa e adaptativo distribuído.

4 - FRAGMENTAÇÃO

Uma das características que em geral difere de uma rede para outra, é o tamanho máximo das mensagens que ela transporta. Ao interconectar duas ou mais redes essa questão tem que ser tratada [9].

A solução mais simples possível seria impor que o tamanho máximo do pacote interredes, seja igual ao da rede de menor tamanho máximo de pacote. Claramente essa solução nem sempre é a mais apropriada. A alternativa é partir o pacote grande em pacotes menores ou fragmentos, para que eles possam ser transportados através de diferentes redes.

Essa fragmentação pode ser apenas na rede cujo pacote é menor que o desejado. Nesse caso uma comporta ao receber um pacote maior que o que pode ser transportado na rede adjacente, fragmenta e encaminha os fragmentos acrescidos de informações que permitam a remontagem (tipicamente um número sequencial), para a comporta de saída dessa rede que por sua vez remonta o pacote original a partir dos fragmentos e o encaminha para a próxima rede (Fig. 6).

Essa solução tem três inconvenientes:

- É preciso enviar todos os fragmentos para uma mesma comporta o que muitas vezes impede a utilização de caminhos alternativos através de outra comporta.
- Exige que as comportas tenham procedimento para tratamento de fragmentos desaparecidos ou duplicados.

Exige que a mensagem seja fragmentada e remontada tantas vezes quanto forem as redes intermediárias entre a origem e o destino com pacotes menores que o enviado.

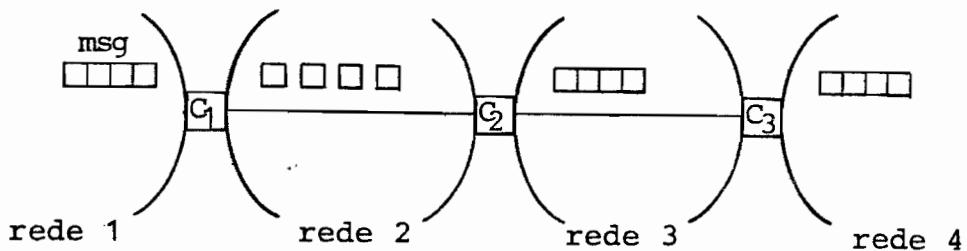


Fig. 6

Outra alternativa é ainda a fragmentação na com porta da fonte e remontagem no destino. A deficiência dessa solução é o aumento do overhead pela necessidade de duplicar os cabeçalhos interredes em todos os fragmentos. Nessa solução apenas a com porta de rede destino remontará o pacote (Fig. 7).

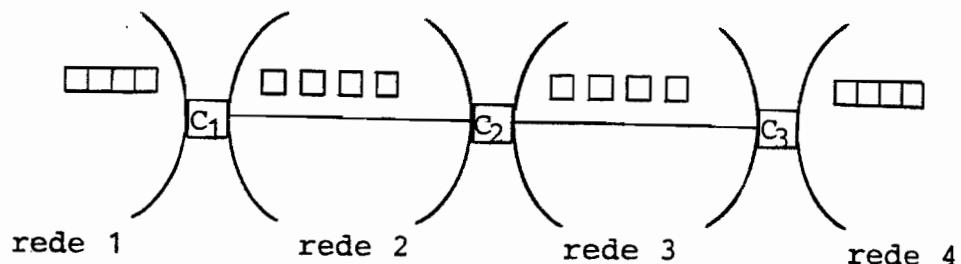


Fig. 7

5 - TIPO DE SERVIÇO

Em redes de computadores, dois serviços básicos podem ser oferecidos aos protocolos de alto nível para transporte de pacotes:

- Datagrama
- Circuito Virtual

O datagrama é um serviço mais simples, onde uma mensagem é tratada de forma individual e entregue ao destinatário pelo caminho mais conveniente para os algoritmos de encaminhamento da rede. Para isso cada datagrama contém todas as informações de endereçamento necessárias ao seu encaminhamento até o destino.

A rede não se preocupa com a ordem em que os datagramas são entregues e em geral não envia a fonte uma confirmação de entrega, não havendo uma conexão entre a fonte e o destino. Por outro lado a necessidade de levar seu endereço completo, implica em um maior "overhead" por pacote.

O circuito virtual é um serviço onde um caminho lógico é estabelecido entre a fonte e o destino. Os pacotes são entregues em ordem e com confirmação de entrega. Os pacotes não precisam levar o endereço integral do destinatário, em vez disso eles podem levar uma indicação do caminho ou da conexão no qual estão associados.

Nesse caso é preciso estabelecer inicialmente esse caminho, por onde circularão os pacotes e ao término da transmissão o circuito deve ser desfeito. Durante o tempo de duração do circuito, existirá uma conexão entre a fonte e o destino.

5.1 - DATAGRAMA

Ao interconectar duas redes, que serviço deve ser oferecido? A opção pelo datagrama, como serviço básico interrede é de implementação mais simples e flexível do ponto de vista de encami-

nhamento de mensagens, mas exige um protocolo de nível mais alto implementado em todos os hospedeiros, para tratar os procedimentos fim a fim para sequenciamento e deteção de datagramas não entregues ou duplicados.

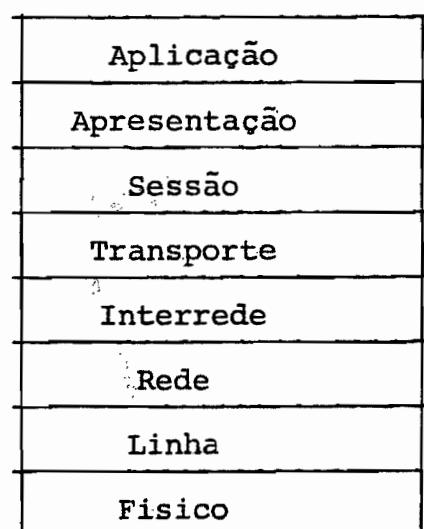
O serviço baseado em datagramas, permite que eles sejam enviados por qualquer porta, pois não há preocupação com a sequência em que são entregues.

Esse aspecto é importante do ponto de vista de confiabilidade da ligação, pela possibilidade de utilização de caminhos alternativos sem causar impacto no protocolo fim a fim.

Esse método tem a vantagem de simplificar a função das portas, que ficam responsáveis basicamente apenas pelo encaminhamento dos datagramas.

Essa é a opção que foi adotada pela ARPA, cujo protocolo interrede, trata datagramas [10], e também na rede PUP da Xerox. Nessa rede o protocolo interrede é responsável apenas pelo encaminhamento dos datagramas.

Em cada hospedeiro esse protocolo é implementado e usa as funções dos protocolos locais para transporte de mensagens. Seu nível em relação ao modelo de referência da ISO é mostrado na figura 8 . e corresponde a um subnível do nível de rede [6].



5.2 - CIRCUITO VIRTUAL

Caso a alternativa escolhida seja a do serviço de circuito virtual em vez de datagrama, pode ser possível a interconexão sem a necessidade de um protocolo fim a fim comum a todos os hospedeiros na rede local.

Implementando-se a comporta como um hospedeiro em cada rede que ela interfaceia, pode-se adotar os procedimento fim a fim já existentes em cada rede, entre o hospedeiro e as comportas e entre as comportas até o destino final. Cabe as comportas nesse caso traduzir os procedimentos de um protocolo fim a fim de uma rede para o da outra. Nesse caso a tarefa da comporta é mais complexa, e pode haver diferentes significativas entre os protocolos das duas redes (Fig. 9).

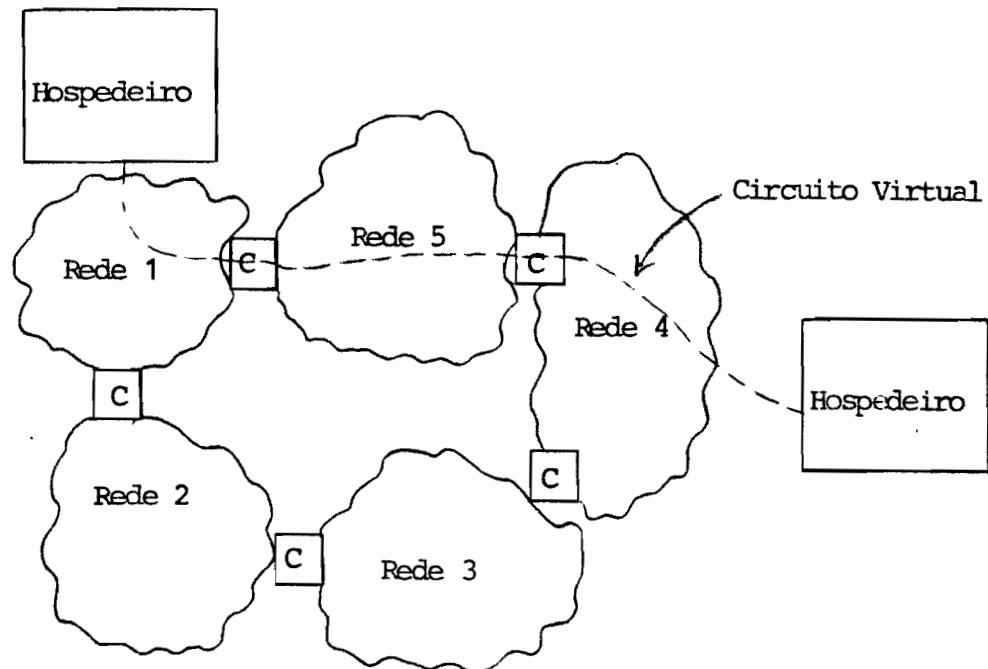


Fig. 9

Nesse método é necessário para cada ligação estabelecer um único caminho entre as redes de modo a garantir que os pacotes

serão entregues na ordem em que foram transmitidos. (O método não exige que internamente nas redes seja seguido um único caminho, mas sim que a saída da rede seja feita por um único ponto).

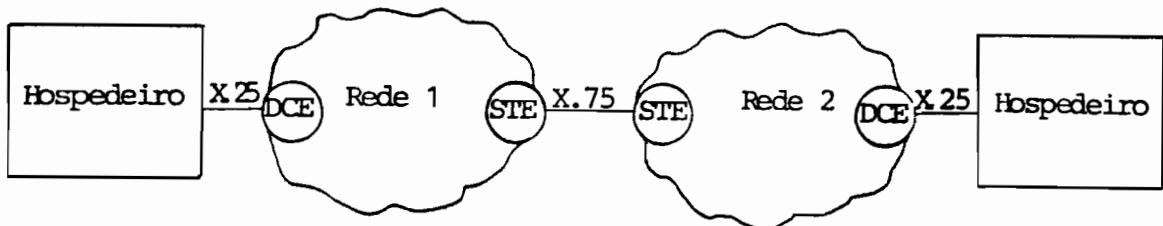
Esse serviço tem como vantagens: utilização de cabeçalhos abreviados, não necessita um protocolo único fim a fim, e reduz as tarefas a serem executadas nos hospedeiros.

Tem como desvantagens o aumento da complexidade das comportas pela necessidade de compatibilização de protocolos, e caso uma das redes ofereça apenas o serviço de datagrama as comportas terão que realizar as funções de circuito virtual.

A recomendação X.75 da CCITT [11, 12] para interconexão de redes públicas propõe a adoção do serviço de circuito virtual para a interconexão das duas redes.

Desse modo uma ligação entre um hospedeiro com outro em uma rede remota, é feita por um circuito virtual, concatenação de diversos componentes:

- Uma interface X.25 entre o hospedeiro na primeira rede e o no de comutação (DCE-Data Communication Equipment na terminologia da CCITT),
- Entre o DCE e a comporta (Signaling Terminal Equipment),
- A interface X.75 entre o STE da primeira rede e o da segunda,
- O mecanismo interno entre o STE e o DCE da segunda rede,
- Finalmente a interface X.25 entre o DCE e o hospedeiro da segunda rede (Fig. 10).



COMPORTAS E PONTES EM REDES LOCAIS

Como visto nas seções anteriores, a conexão de duas ou mais redes exige o estabelecimento de uma interface entre elas, onde uma série de funções como encaminhamento de mensagens, fragmentação, etc. são realizadas.

Esse conjunto de funções da interface é chamado Ponte quando interliga duas redes locais diretamente e Comporta nas demais situações.

Diversos aspectos contribuem para simplificar ou aumentar a complexidade da ponte ou da comporta: interligação de duas redes locais homogêneas (que utilizam os mesmos protocolos), em geral exige apenas a interpretação correta de endereços por parte da ponte. Já a interligação de duas redes que utilizam diferentes meios de transmissão e diferentes protocolos de nível de acesso ao meio físico, exige que a ponte seja capaz de converter os protocolos desses níveis de uma rede para os da outra.

Uma ponte ou comporta pode estar conectada diretamente as duas redes que interliga (Fig. 11a), ou pode ser uma "meia comporta", conectada a outra meia comporta por um protocolo ponto a ponto específico entre elas (Fig. 11b).

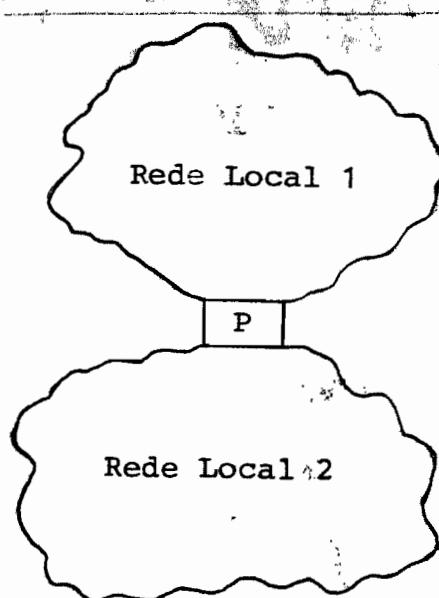


Fig. 11a

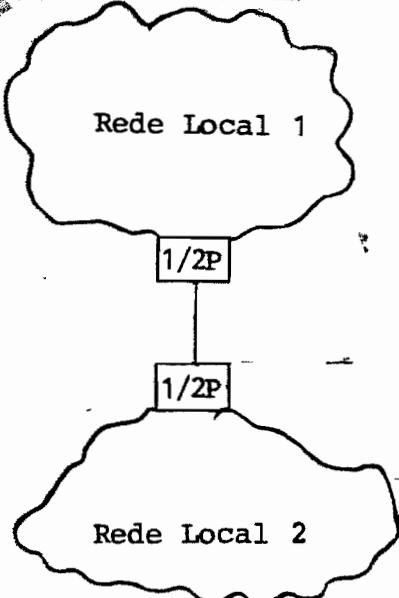


Fig. 11b

Em ambos os casos acima, se as redes locais são homogêneas e cada uma delas possue um meio de transmissão comum onde todos os equipamentos estão conectados, pode-se atribuir um subconjunto dos endereços possíveis aos hospedeiros de uma rede e outro subconjunto distinto aos da segunda rede. Desse modo a função da ponte seria interceptar as mensagens destinadas a hospedeiros na rede adjacente e colocá-las no meio de transmissão.

Esse esquema não implica em nenhuma mudança no software dos hospedeiros pois cada um deles trata os hospedeiros remotos como se estivessem na sua própria rede.

O principal cuidado no projeto da ponte nesses casos, é quanto a desempenho. Ela deve ser capaz de tratar de número tal de mensagens por unidade de tempo que não introduza atrasos significativos nas mensagens interrede [13].

A interconexão baseada em duas meias ponte, foi sugerida na proposta de padronização de Redes Locais no Brasil. A proposta [14], sugere que a partir do nível de enlace os fabricantes brasileiros devem aderir aos padrões internacionais, mas permite que no nível físico e de acesso cada fabricante continue usando os produtos que já dispõe.

A interligação entre redes de fabricantes diferentes deve ser feita utilizando-se em cada rede meia-ponte, interconectada através de uma ligação ponto a ponto com a outra meia ponte , utilizando um protocolo baseado no HDLC (Fig. 12).

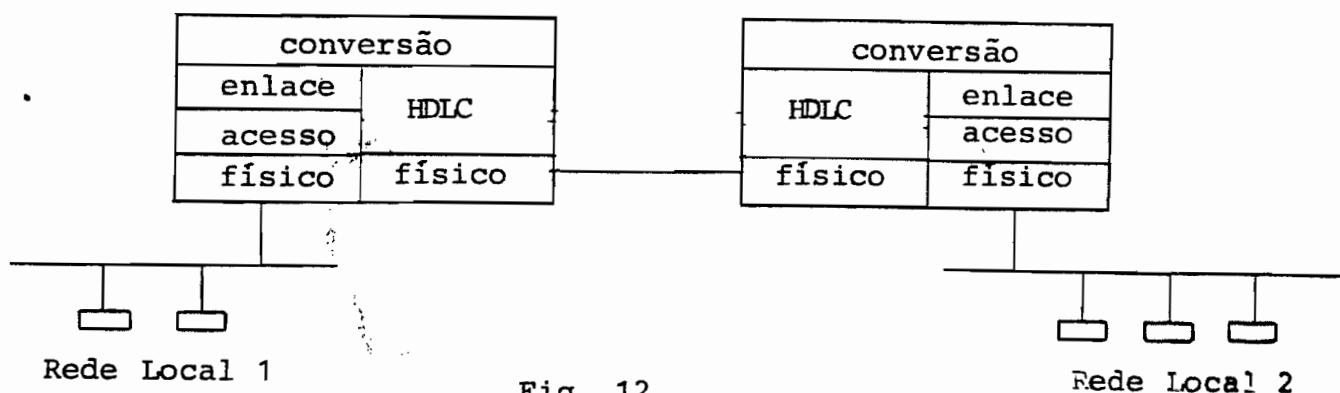


Fig. 12

6.1 - COMPORTA REDE LOCAL/REDE DE LONGA DISTÂNCIA

Dois tipos de redes públicas de longa distância são utilizadas para transmissão de dados: a rede comutada de telefonia onde os usuários enviam os seus dados através do sistema telefônico discando o número do equipamento desejado e a rede de comutação de pacotes, projetada para levar mensagens através de linhas de mais alta velocidade, por onde são transmitidas as mensagens dos diversos usuários.

A comporta pode ser projetada para conectar a Rede Local a uma dessas redes ou a linhas privadas alugadas pelo usuário e que conecta duas ou mais de suas instalações espalhadas geograficamente (Fig. 13).

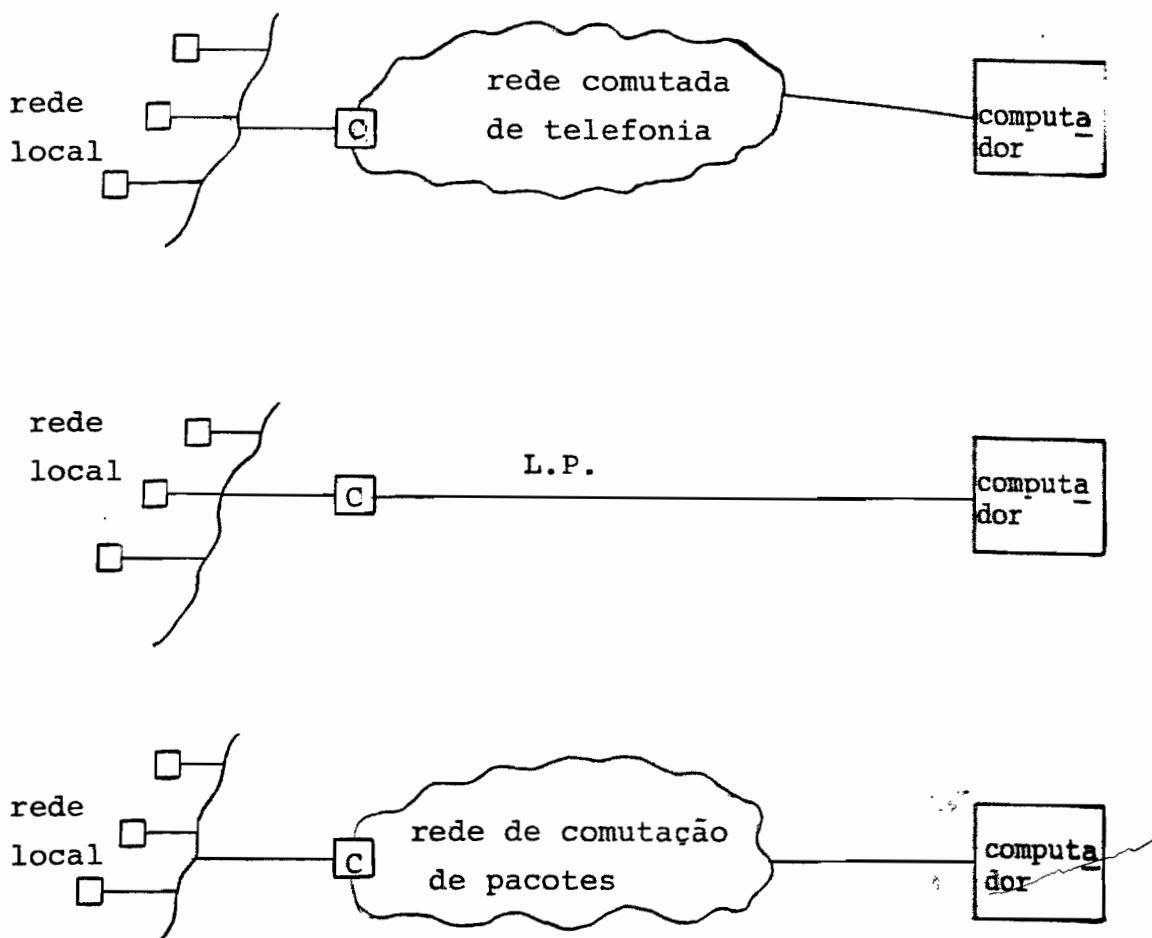


Fig. 13

Na conexão com a rede comutada de telefonia usa da para tráfego de baixa velocidade, a comporta pode ser responsável pela discagem do número desejado e de números alternativos caso o primeiro esteja ocupado. Pode ainda controlar diversas ligações simultâneas, controlando um conjunto de modems e linhas.

Tanto na conexão com a rede comutada de telefonia quanto com as linhas privadas, o computador remoto espera estar conectado a um equipamento com certas características de funcionamento, como um controlador de terminais, uma estação de Submissão Remota de Programas ou mesmo um terminal. A comporta pode nesse caso emular um desses equipamentos ou mesmo vários deles, convertendo os protocolos usados na rede local para os utilizados entre esses equipamentos e o computador remoto.

Um exemplo desse tipo de comporta será descrito na seção sobre o Servidor de Comunicação do NCE/UFRJ adiante.

Uma rede de comutação de pacotes é constituída de computadores chamados nós de comutação, linhas de alta velocidade entre esses nós, e computadores hospedeiros que utilizam a rede.

Mensagens curtas (pacotes), com indicação de destinos são entregues pelos hospedeiros ao nó de comutação ao qual está conectado. O nó de comutação por sua vez, encaminha o pacote para o nó destino pela melhor rota segundo algum critério de encaminhamento de mensagens que finalmente entrega o pacote ao hospedeiro de destino (Fig. 14).

(VIDE FOLHA SEGUINTE)

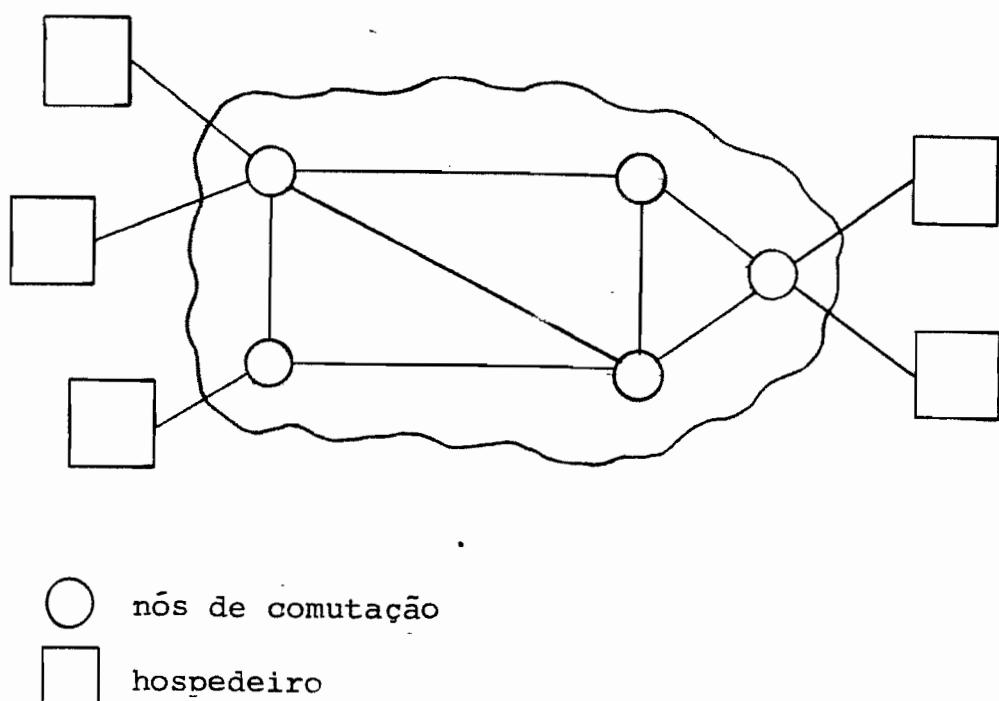


Fig. 14 - Rede de Comutação de Pacotes

A conexão de um computador hospedeiro a uma rede de comutação de pacotes, envolve a implementação nessa máquina de um protocolo de acesso a rede. O protocolo usualmente utilizado para acesso a redes públicas é o especificado na recomendação X.25 da CCITT [15]. Nesse protocolo são especificados o nível físico, o nível de linha e o de rede.

O nível físico descreve as características físicas, elétricas e funcionais da conexão física.

O nível de linha descreve um procedimento HDLC para controle da linha entre o hospedeiro e um nó de comutação da rede.

O nível 3 ou de pacote, descreve os procedimentos para estabelecimento de circuitos virtuais entre o hospedeiro fonte e hospedeiro destino.

O protocolo nesse nível possui procedimentos para criar, reiniciar e desfazer um circuito virtual (Fig. 15).

As mensagens do nível de transporte para cima, são simplesmente "envelopadas" nos níveis inferiores e transportadas para o destino.

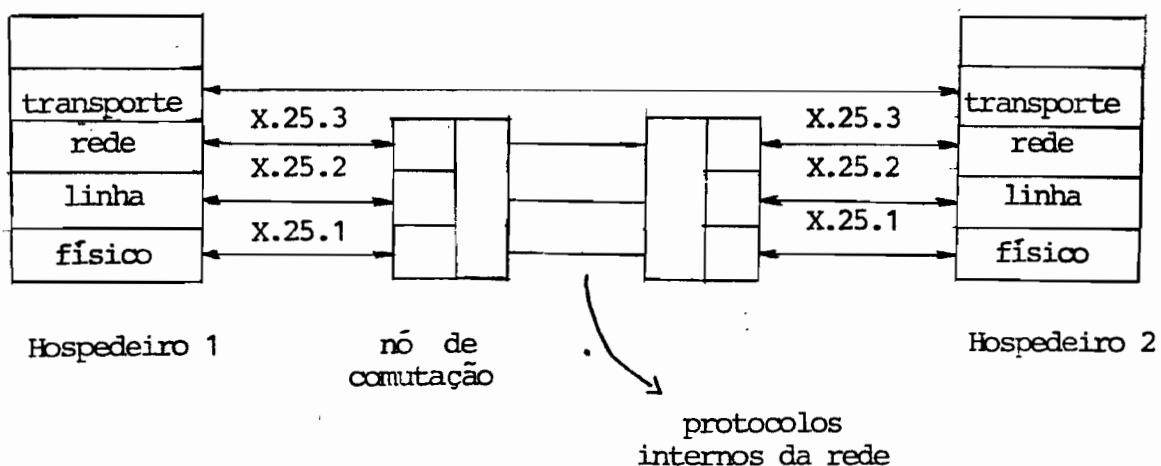


Fig. 15

A conexão rede local/rede de pacotes, tem sido implementada [16, 17, 18], utilizando uma comporta que é vista pelas duas redes como hospedeiros em cada uma delas. Desse modo a comporta tem a função de converter os protocolos utilizados na rede local para os utilizados na rede pública e vice versa.

Essa conversão pode ser feita em diferentes níveis: nível de rede, de transporte ou mesmo de protocolos de níveis mais altos. Cada função do nível escolhido, deve ser convertida para a função correspondente no protocolo de outra rede. Como nem sempre existe a correspondência para todas as funções, o serviço através da comporta está limitado aqueles comuns as duas redes. Quanto mais alto nível do protocolo mais improvável essa correspondência, por esse motivo os níveis utilizados para implementação nas comportas tem sido os de rede ou transporte.

Acima do nível escolhido, o protocolo deve ser comum as duas redes.

Na rede Danube por exemplo [18], foram implementadas duas alternativas: na primeira para interconexão de duas redes Danube através da rede pública francesa de comutação de pacotes TRANSPAC, a com porta converte os protocolos no nível de rede e o protocolo fim a fim é o próprio protocolo de transporte da rede Danube. Na segunda implementação a com porta converte protocolos no nível de transporte, permitindo que qualquer equipamento que utilize o protocolo de transporte da ECMA usado na TRANSPAC se comunique com os hospedeiros da rede Danube (Fig. 16).

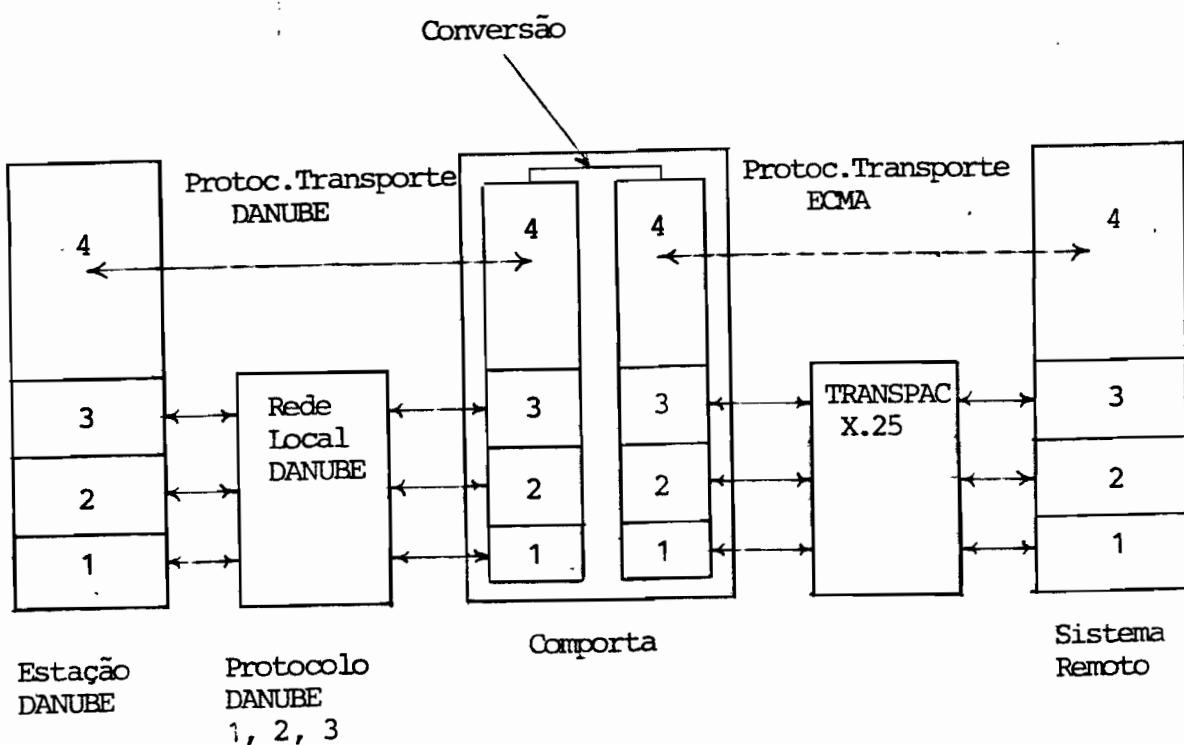


Fig. 16

6.2 - FUNÇÕES ADICIONAIS NA COMPORTA

Autenticação - ao utilizar os serviços de uma rede pública de comunicação, existe um custo, em geral associado no caso de linhas telefônicas discadas, a distância e a duração da ligação , e no caso da rede de comutação de pacotes esse custo está associado ao volume de informações transmitidas. Em qualquer instalação' existe restrições, limitando quais os usuários que podem ter acesso a esses serviços e quais não podem.

Pode ser função da comporta verificar se determinado usuário solicitando uma conexão tem autorização para fazê-lo. Num sistema de autorização baseado em orçamento, cada usuário pode fazer conexões externas se dispuser de saldo para isso. Nesse caso a comporta deve verificar se o usuário dispõe do saldo mínimo que lhe permitirá fazer a conexão e ao término da ligação deve subtrair do saldo do usuário o valor da ligação.

Para implementar essas funções a comporta deve manter arquivos, tabelas e procedimentos de verificação de senhas, semelhantes aos usados nos computadores de maior porte para autenticação e permissão do acesso a usuários.

Outro aspecto dessa questão é o pedido de ligação externo que chega para um hospedeiro conectado a rede local. Se o hospedeiro é razoavelmente sofisticado e dispõe de seus próprios mecanismo de autenticação, a comporta pode simplesmente passar para ele a tarefa de verificar se o usuário remoto tem autorização para completar a chamada.

A alternativa é a Comporta fazer essa verificação uma vez que eventualmente, nem todos os equipamentos conectados a rede local podem ter essa capacidade. Nesse caso o usuário seria cadastrado como usuário da rede como um todo e essas informações mantidas na comporta ou em um Servidor para Autenticação com quem a Comporta interage para verificar se deve completar a ligação.

Cobrança e Coleta de Estatísticas. Outra função da Comporta é a de manter controle sobre as ligações completadas, registrando no caso de ligações para fora da rede, o usuário e o valor das ligações e no caso das ligações para dentro da rede que recursos devem ser cobrados de usuários externos.

A coleta de dados sobre o tráfego interrede e desempenho da comporta, é importante mesmo quando a Comporta conecta duas redes privadas onde não há cobrança efetiva dos serviços, para permitir a equipe responsável pela operação da rede, avaliar seu funcionamento e decidir sobre ajustamentos necessários.

6.3 - LOCALIZAÇÃO DA COMPORTA

O conjunto de funções a ser realizado pelas Comportas, pode ser implementado de diferentes modos. Duas possibilidades são:

- Em um hospedeiro da rede. Nessa alternativa o hospedeiro/comporta, é conectado a duas (ou mais) redes, e as funções específicas da comporta são implementadas por software em adição ao uso regular do equipamento.

Essa implementação tem como vantagem não necessitar de equipamento específico para a comporta. Por outro lado requer o uso de um hospedeiro com recurso de multiprogramação, e o desempenho da Comporta vai depender da carga total de trabalho na máquina.

- Em um equipamento dedicado. Essa alternativa tem como vantagem permitir uma escolha apropriada do hardware a ser utilizado, em função das tarefas a serem realizadas pela comporta.

7 - O SERVIDOR DE COMUNICAÇÃO NCE/UFRJ

A finalidade do servidor é conectar a rede local NCE/UFRJ com os equipamentos de grande porte da Universidade, com o mínimo de esforço de desenvolvimento de software nas máquinas de grande porte [19, 20].

Decidiu-se então que o serviço a ser oferecido aos usuários da rede local através dos seus microcomputadores, seria o de acesso aos computadores como terminal.

O Servidor foi implementado baseado no microprocessador Z80. Ele possui de um lado uma interface para a rede local em barra e do outro está conectado ao Burroughs B6700 através de um ligação serial RS232-C (Fig. 17).

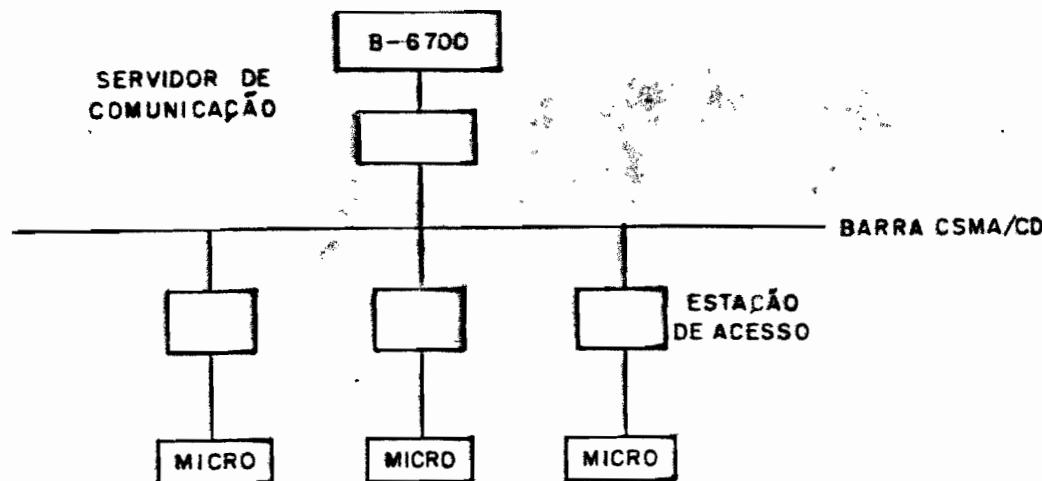


Fig. 17

7.1 - O SOFTWARE NOS MICROS

Para evitar alteração ou desenvolvimento de software no

B6700, optou-se por utilizar entre esse equipamento e o Servidor, o protocolo Poll/Select da Burroughs, utilizado para controle de uma linha multiponto. Desse modo o Servidor simula para o Burroughs a existência de até 8 terminais endereçáveis.

Um outro módulo de software no servidor implementa os protocolos de comunicação com os micros conectados à rede local e um terceiro módulo é responsável pela gerência das mensagens que fluem entre o micro e o B6700 (Fig. 18).

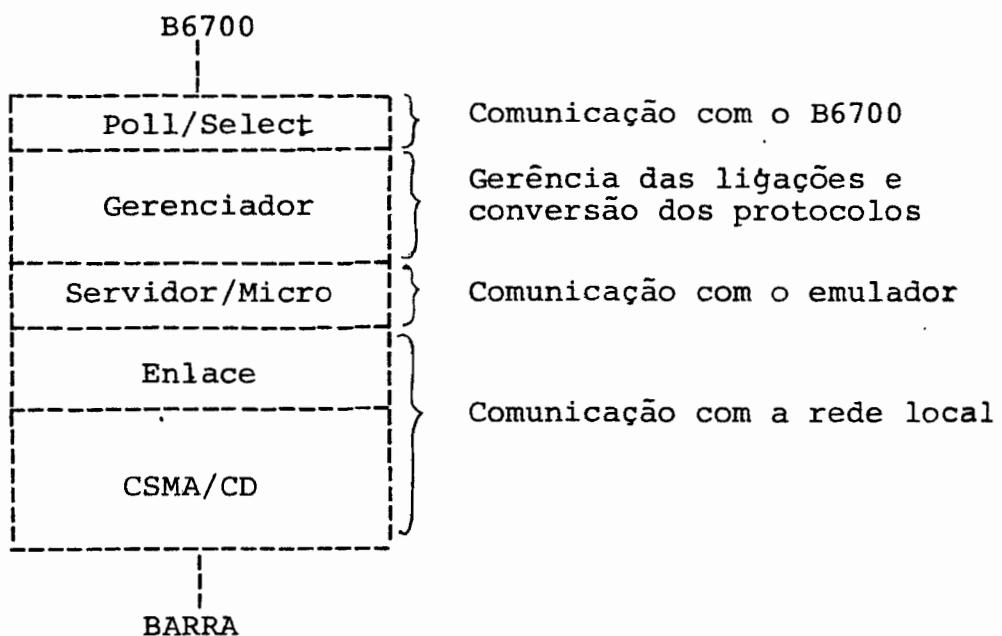


Fig. 18

Em cada micro um programa simulador de terminal ao ser iniciado, envia ao Servidor uma mensagem solicitando uma ligação com o B6700. Caso o servidor esteja controlando menos de 8 ligações ele responde afirmativamente e a partir desse instante as mensagens oriundas daquele micro são enviadas ao B6700.

Após o estabelecimento da ligação com o B6700 ser efetuada, o micro pode se encontrar em 3 estados:

- Local. Nesse estado o micro está dedicado ao usuário não havendo nenhum tipo de comunicação com a rede. No estado "local", o micro está recebendo e armazenando os caracteres teclados pelo usuário. Após 80 caracteres, correspondentes a uma

linha do vídeo, o micro ficará bloqueado para digitação.

- Transmissão. Quando o usuário tecla a função "return" indicando fim de linha, o micro entra no estado de transmissão de dados. A linha é enviada ao Servidor e o micro fica bloqueado para digitação até que o Servidor indica a recepção correta da mensagem. O usuário é notificado da transmissão correta da sua mensagem pelo rolamento da tela.

- Recepção. Nesse estado o micro aceita mensagens vindas pela rede. A digitação de qualquer caracter por parte do usuário, coloca o micro no estado local, exceto se ele naquele instante estiver recebendo mensagens via rede.

O diagrama da figura 19 resume os estados do emulador de terminais.

Um procedimento de "escape", no caso a mensagem de controle representada pelas teclas CNTR D, indica ao Servidor que o micro deseja encerrar sua conexão com o B6700.

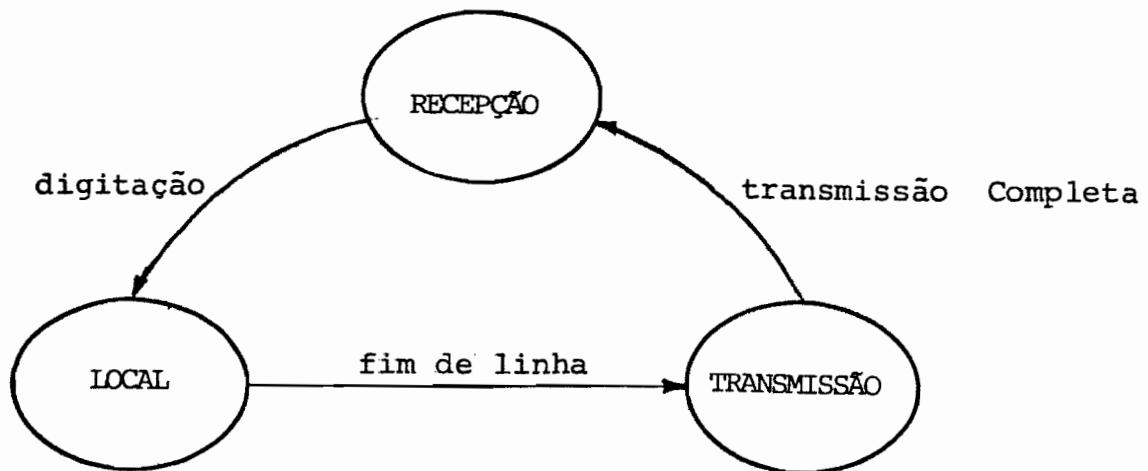


Fig. 19

Em cada micro o emulador de terminais, quando tem uma linha completa do usuário ou uma linha de controle (pedido de estabelecimento de ligação, pedido de fim de transmissão, etc.), a entrega ao protocolo do nível de enlace que após "envelopá-la" com o cabeçalho desse nível a envia ao Servidor. Os níveis de acesso ao meio CSMA/CD e físico, são implementados na estação de

acesso (Fig. 20).

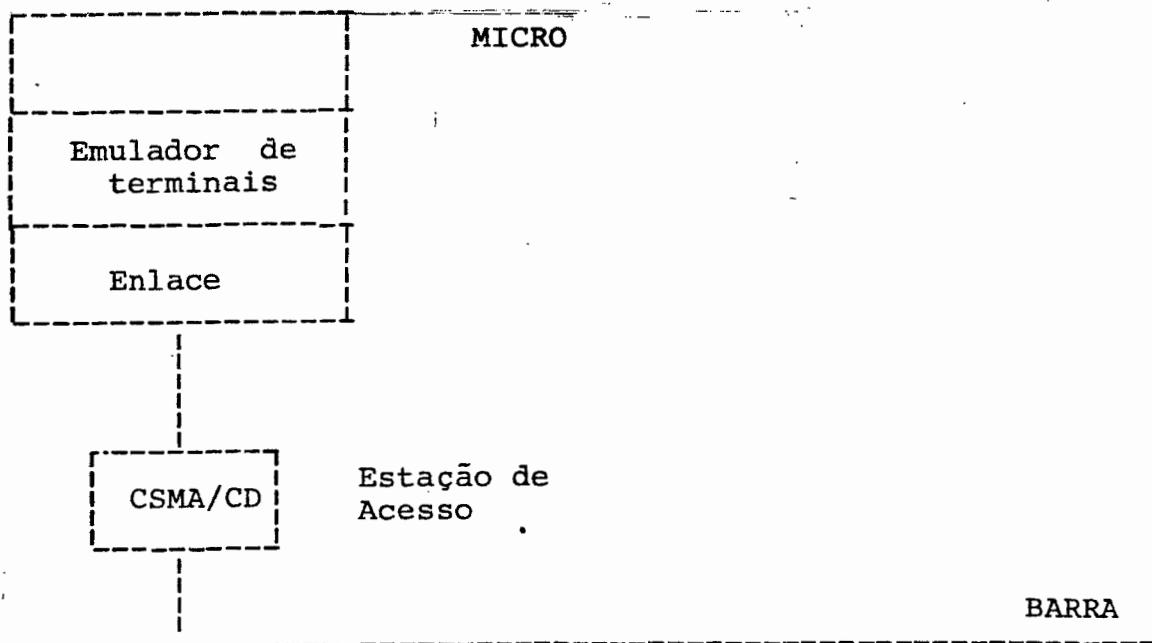


Fig. 20

O formato da mensagem do nível de enlace é mostrada na figura 21.

-----cabecalho-----

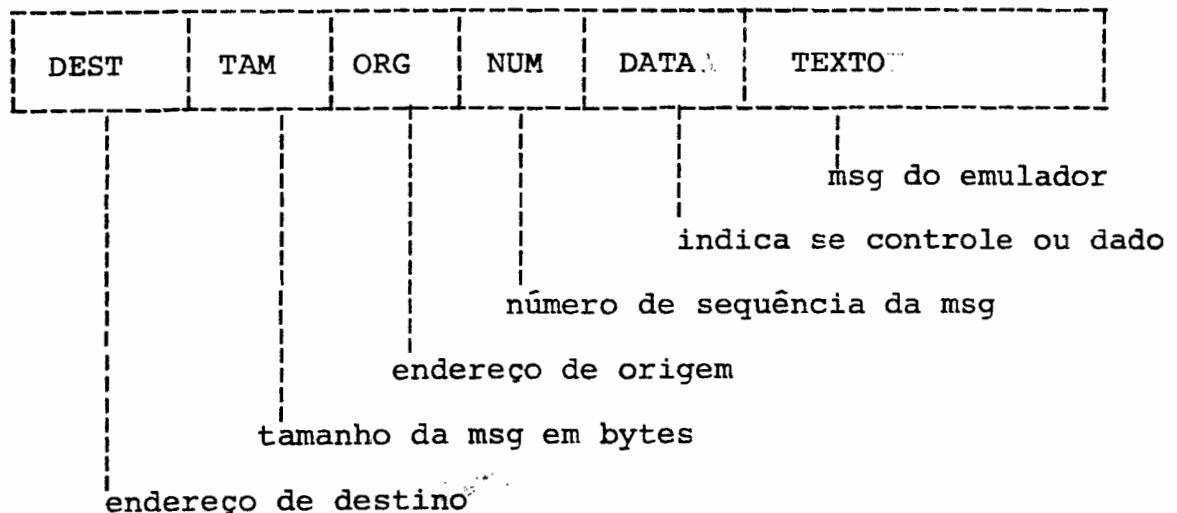


Fig. 21

7.2 - FUNCIONAMENTO DO SERVIDOR

O Servidor de Comunicação como mostrado na fig. 17, tem além dos protocolos de comunicação com a rede em barra e o B6700, um módulo gerenciador de ligações.

Para cada micro quando emulando um terminal estão associadas duas áreas: uma área de dados onde são armazenadas as mensagens propriamente ditas e uma área de informações relativas a esse micro.

A área de informações consta de 7 bytes por micro e contém as seguintes informações:

Número - Identificação do micro

Estado - Estado em que se encontra uma ligação. O estado pode ser: Inativo, Inicial, Waitdetx (esperando transmissão do micro), Transmissão (mensagem recebida do micro no Servidor), Transmitindo (Servidor transmitindo para o B6700), Waitderx (micro indica ao Servidor que deseja receber mensagem) e Recepção (Servidor indica ao computador que pode receber mensagem).

Início do "buffer" - Endereço de inicio da área de dados.

Fim do "buffer" - Endereço de fim da área de dados.

Estado anterior - Estado anterior em que se encontrava a ligação.

Além dessas áreas o Servidor mantém uma tabela de terminais com a associação entre o endereço do micro na rede local e seu número de terminal durante uma ligação, e uma tabela de configuração com as características da transmissão entre os micros (emulando terminais) e o B6700. Essas características são: velocidade de transmissão, código de transmissão, número de bits de stop e tipo de ligação.

O Servidor aceita um pedido de estabelecimento de ligação de um micro se houver algum número de terminal disponível, ou seja uma ligação no estado inativo. Ao aceitar o pedido a ligação passa para o estado inicial até que o micro envie uma mensagem. Nesse instante ela passa para o estado espera de transmis-

são (até que a mensagem completa chegue ao Servidor) e em seguida é colocado na fila de transmissão para o B6700 e o estado da ligação passa a ser "transmitindo". Ao fim da transmissão a ligação volta ao estado "inicial".

Na recepção uma mensagem do micro para o Servidor indica que ele espera a recepção. Ao chegar uma mensagem do B6700 para aquele micro, o estado da ligação passa a ser "recebendo", ao final da transmissão para o micro o estado da ligação volta a "inicial".

A comunicação com o B6700 é feita utilizando o protocolo de controle de linha Poli>Select. Nesse protocolo existe dois tipos de mensagens: as de texto e as de supervisão e controle.

Uma mensagem de texto tem o seguinte formato:

SOH	ad1	ad2	XMN	STX	texto	ETX	BCC
-----	-----	-----	-----	-----	-------	-----	-----

Onde:

- SOH - caracter que indica início de cabeçalho
ad1 e ad2 - endereço do terminal
XMN - número da mensagem pode ser 0 ou 1
STX - indica início de texto
ETX - indica fim de texto
BCC - caracter para verificação de erros

As mensagens de controle tem o seguinte formato:

EOT	NUL	NUL	Operação	ENQ
	ad1	ad2		
	gad1	gad2		

Onde:

- EOT - caracter usado para indicar o início de uma mensagem de controle ou que o terminal não tem dados para transmitir.
ad1, ad2 - endereço do terminal
gad1, gad2 - endereço de grupo de terminais

- ENQ - caracter utilizado para encerrar determinadas mensagens do protocolo, indicando ao terminal que deve responder.
- Operação - É um dos códigos da operação desejada: POL, SEL, CON, FSL, etc. Alguns desses comandos são:
POL - Consulta o terminal referenciado por ad1, ad2 se ele tem dados para transmitir.
SEL - Seleciona o terminal referenciado e se possível enviará dados.
FSL - (Fast Select), Seleciona o terminal e sem esperar consentimento envia dados.

Nesse protocolo é atribuído ao computador central a função de elemento principal. A ele é dada a responsabilidade de iniciar e controlar o funcionamento da comunicação, ficando para os terminais apenas o direito de efetuar transmissões quando solicitados.

Embora o protocolo completo inclua outras funções, a operação básica pode ser resumida da seguinte forma: o computador fica ciclicamente enviando mensagens de "polling" aos terminais. Quando um terminal possui informações para transmitir, espera uma mensagem de POL com seu endereço e ao recebê-la, transmite a mensagem. Quando o computador deseja enviar uma mensagem ao terminal, envia uma mensagem "select" e os dados a serem mostrados no vídeo.

Após transmitir uma mensagem, tanto o computador quanto o terminal devem obter uma resposta do receptor, indicando a recepção correta dos dados. A não confirmação de uma mensagem provoca sua retransmissão passado um certo intervalo de tempo.

A função do Servidor de Comunicação é então nesse caso responder ao B6700 como se fosse cada um dos terminais.

Ao receber um POL com o endereço de um terminal ele verifica se existe uma mensagem enviada pelo micro que corresponde aquele terminal e se tiver a envia, acrescentando os caracteres

de envelopamento (SOH, STX, BCC, etc.). Se não houver dados a transmitir envia a mensagem de controle apropriada.

8 - RESUMO

A interconexão de redes envolve o estudo de diversos aspectos: o endereçamento a ser usado nas redes interconectadas, o encaminhamento de mensagens ao seu destino, controle de fluxo e de erros, desempenho e confiabilidade entre outros.

Se as redes são homogêneas (utilizam os mesmos protocolos), sua interconexão é mais simples. No caso de redes heterogêneas, com diferentes protocolos e técnicas de endereçamento e encaminhamento de mensagens, uma série de procedimentos de compatibilidade devem ser implementados na interface entre duas redes.

O termo ponte é usado para representar as funções realizadas nessa interface quando se trata de interconexão de redes locais homogêneas e comporta nos demais casos. Além das funções de compatibilização de protocolos, a comporta deve implementar procedimentos de autenticação de usuários e registro para cobrança de serviços utilizados.

Dado o crescente número de redes locais em uso, comportas para interligar essas redes a redes públicas de longa distância para transmissão de dados, são de particular interesse pois vão permitir a criação de um ambiente onde qualquer equipamento conectado ao sistema como um todo, independentemente de sua localização, tem a possibilidade de se comunicar com qualquer um outro, uma característica que viabiliza um grande número de aplicações utilizando computador e comunicação de dados.

9 - REFERÊNCIAS

- 1 - Sunchine C., "Interconnection of Computer Networks"; Computer Networks 1 (3) - Jan. 1977
- 2 - Cerf V., Kirstein P., "Issues in Packet-Network Interconnection"; Proc. IEEE - Nov. 1978
- 3 - Postel J., "Internetwork Protocol Approaches"; IEEE Transactions on Communications - Apr. 1980
- 4 - Recommendation X.121 International Numbering Plan for Public Data Networks; CCITT - International Telegraph and Telephone Consultive Committee; Geneva 1970
- 5 - Dalal Y., "Use of Multiple Networks in the Xerox Network System"; Computer - Oct. 1982
- 6 - Boggs D., Shoch J., Taft E., Metcalfe R.; "PUP: An Internetwork Architecture"; IEEE Trans. on Communications - Apr. 1980
- 7 - Schwartz M., Stern T., "Routing Techniques Used in Computer Communication Networks"; IEEE Trans. on Communications - Apr. 1980
- 8 - Cerf V., Kahn R., "A Protocol for Packet Network Interconnection"; IEEE Trans. on Communications 22 (5) - May 1974
- 9 - Shoch J., "Packet Fragmentation in Inter-Network Protocols"; Computer Networks, North-Holland 3 - Feb. 1979
- 10 - Postel J., Sunshine C., Cohen D., "The ARPA Internet Protocol"; Computer Networks 5 - 1982
- 11 - Recommendation X.75 International Interworking beteen Packet Switching Data Networks, CCITT - Set 1978

- 12 - Grossman G., Hinchley A., Sunshine C., "Issues in International Public Data Networking"; Computer Networks 3 - 1979
- 13 - Leslie I., "A High Performance Gateway for Local Connection of Cambridge Rings"; Local Computer Networks, North Holland Publishing Co. - 1982
- 14 - Relatório Final do Grupo de Padronização de Redes Locais; Secretaria Especial de Informática - 1985
- 15 - Recomendation X.25, "Interface Between Data Terminal Equipment (DTE) and Data Circuit Terminating Equipment (DCE) for terminals Operating in the Packet Mode on Public Data Networks": CCITT - Geneva 1980
- 16 - Grant A., Hutchison D., Shepherd W., "A Gateway for Linking Local Area Networks and X.25 Networks", Proc. ACM Symposium on Communications - 1983
- 17 - Dallas I., "Protocols Bridges and Gateways for LANs", Lecture Notes Local Area Network Workshop, University of Kent, Canterbury" - March 1982
- 18 - Ansart J.P. et al, "Danube Local Interconnections via TRANSPAC Public Network"; Local Computer Network, North Holland Publishing Co. - 1982
- 19 - Araujo J. el al, "Sistema de Processamento Distribuído da UFRJ - O Servidor de Comunicação", Relatório de Execução nº 3, NCE/UFRJ - Dez. 1984
- 20 - Souza L., "O Servidor de Comunicação da Rede Local NCE/UFRJ", Terceiro Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Rio de Janeiro - Abr. 1985.