

2º SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE REDES DE COMPUTADORES (2º SBRC)

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA COMPORTA
REDE LOCAL/REDE PÚBLICA X.25

CHUN YIN HSU
ENGENHEIRO ELETRÔNICO (UFRJ, 1983)

DIOGO FUJIO TAKANO
ENGENHEIRO ELETRÔNICO (UFRJ, 1973)
M.Sc. ELÉTRICA (COPPE, UFRJ, 1974)

RESUMO:

O presente trabalho descreve o hardware e o software que implementa uma comporta projetada para conectar a Rede Local do NCE/UFRJ à Rede Pública de Comutação de Pacotes que utiliza como protocolo de acesso a recomendação X.25.

NÚCLEO DE COMPUTAÇÃO ELETRÔNICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CAIXA POSTAL 2324 - CEP 20001
TELEFONE: (021) 290-3212
RIO DE JANEIRO - RJ

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho descreve o software e o hardware desenvolvido para permitir a conexão da rede em anel do NCE/UFRJ com redes comutadas de pacotes que utilizem o protocolo X.25.

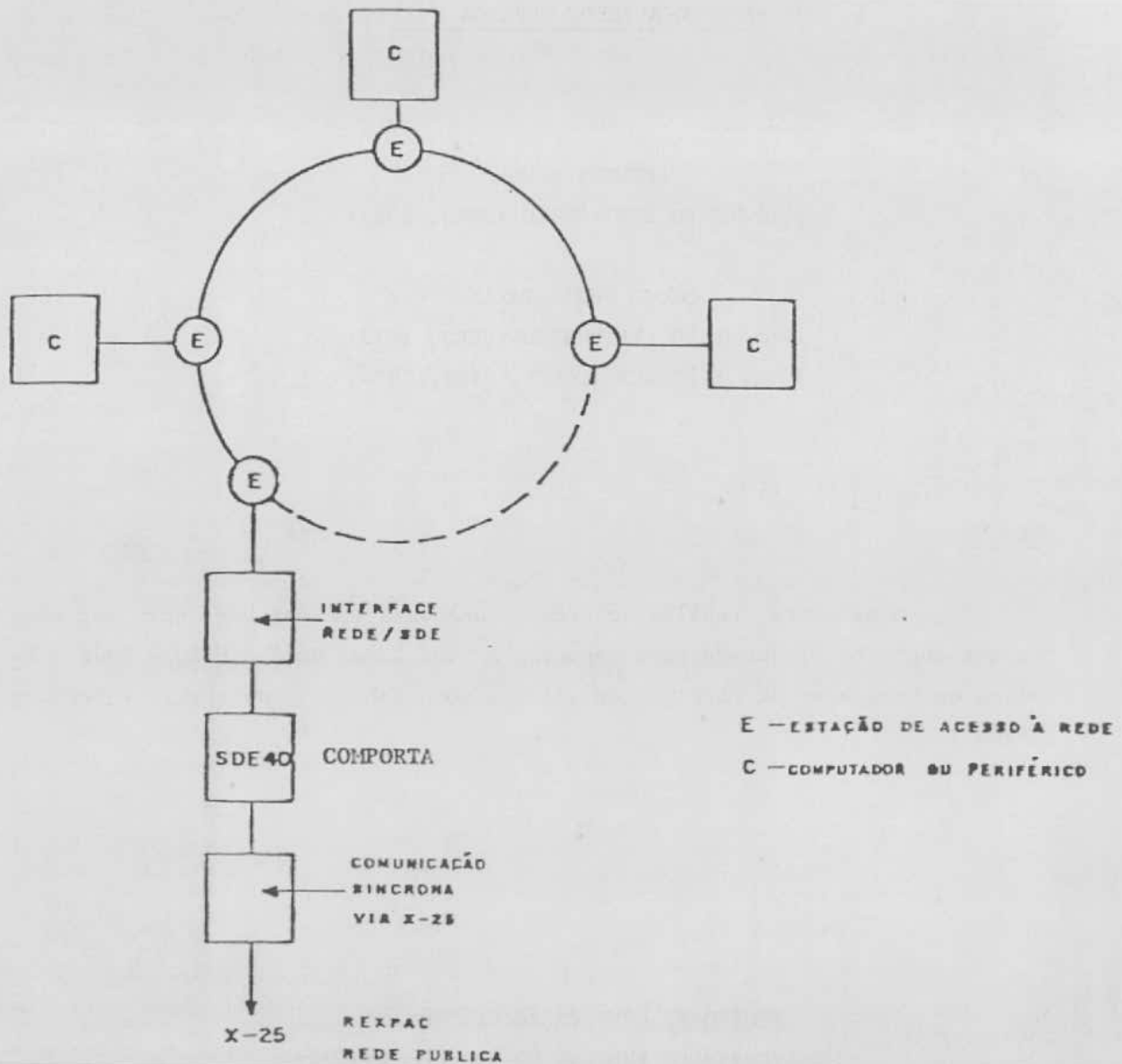


FIGURA 1 - CONFIGURAÇÃO DA REDE LOCAL EM ANEL
DO NCE/UFRJ E A COMPORTA X.25.

2. A REDE LOCAL NCE/UFRJ

O projeto da rede local em anel do NCE/UFRJ tem por objetivo proporcionar um meio comum de comunicação entre os computadores em operação e também possibilitar inclusão de periféricos especiais na rede que ficarão disponíveis a todos os usuários autorizados. Exemplo de um periférico especial é o microcomputador nacional dedicado exclusivamente na função de comporta rede anel/rede pública X.25.

Na rede em anel do NCE/UFRJ implementada em fase experimental deverá ter nela conectada um Burroughs B-6700, um PDP-11/70 e Microcomputadores Nacionais SDE-40.

A rede anel do NCE/UFRJ é baseada no projeto desenvolvido pela Universidade de Cambridge. Esta rede é constituída de Estações de Acesso ou simplesmente Estações Repetidoras ligadas entre si por Linhas de Comunicação. Cada estação recebe um pacote da estação anterior e o retransmite para a estação seguinte, formando o ciclo da rede anel.

O princípio adotado para controle de quem tem direito a transmitir no anel é o do pacote vazio (Empty Slot), que consiste em ter-se pacotes vazios circulando na rede. A estação que desejar transmitir espera passar um pacote vazio e toma conta do mesmo, inserindo sua mensagem.

As características principais da rede são:

- 1) Alta velocidade de transmissão (até 10 Mbits/seg);
- 2) Meio de transmissão em dois pares trançados TTY comuns;
- 3) Distância máxima entre repetidoras de aproximadamente 100 metros;
- 4) Alimentação da parte repetidora pela linha;
- 5) Estação monitora para controlar erros e inicializar a rede;
- 6) Mensagens em pacotes de tamanho fixo de 38 bits.

Devido à proximidade existente entre as máquinas em uma rede local, tornou-se possível utilizar técnicas de comunicação em alta taxa de transferência a custo reduzido, se comparados com as técnicas convencionais de transmissão de dados.

A atenuação do sinal elétrico em meio de transmissão como par trançado TTY comum é muito maior que no cabo coaxial, fibra ótica ou microondas. A taxa de transmissão por distância máxima atingida no par trançado é 1 Mbit/s.km, o que significa que o sinal elétrico precisa ser regenerado a cada 1 km se a taxa de transmissão for 1 Mbit/s ou a cada 100m se a taxa for 10 Mbit/s. Assim, existe a cada trecho de aproximadamente 100 metros uma estação repetidora, que regenera o sinal elétrico. Foi utilizado o par trançado como meio de transmissão devido a facilidade de interfaceamento, a flexibilidade e o pequeno volume físico (que facilitam sua instalação) e o baixo preço.

A estação de acesso é composta de três partes: a Repetidora, a Interface e o Processador de Mensagens. A Repetidora é responsável por manter a integridade do anel, recebendo pacotes da estação anterior e repetindo-os para a próxima estação. Por motivos de confiabilidade do anel, a repetidora recebe alimentação e sincronismo pelos pares de fios, que constituem o meio de comunicação.

A Interface é a unidade responsável pelo controle das funções da estação. Supervisiona a Lógica de Transmissão e Recepção de Pacotes, bem como pela inserção dos bits de código de recebimento na recepção de uma mensagem. Para assegurar a integridade do anel, as linhas de controle que vão da interface à repetidora são protegidas por relês (Relay Reed), de modo que as duas partes possam ser facilmente desacopladas em caso de mau funcionamento da interface.

O processador de mensagens é responsável pela comunicação entre o computador ou periférico e a Interface. Este módulo foi implementado através de um microcomputador que desempenha as funções de dividir uma mensagem em pacotes para a rede e de juntar vários pacotes, formando uma mensagem para o computador.

A estação monitora é uma estação especial, responsável pela inicialização da rede através da inserção de pacotes vazios e por evitar que pacotes cheios fiquem rodando indefinidamente por mau funcionamento de qualquer estação.

3. O PROTOCOLO X.25 do CCITT

A recomendação X.25 da CCITT especifica um protocolo de acesso para interface entre um Equipamento Terminal de Dado (ETD) e um Equipamento de terminação de Circuito de Dados (ECD) para terminais operando em modo pacote numa rede pública. A recomendação é escrita do ponto de vista do ECD. Todas as implementações internas são deixadas para o projetista. Esta recomendação, aprovada pelo CCITT (Comite Consultivo Internacional em Telegrafia e Telefonia) em Geneva em 1976, criou um interesse mundial significante. As primeiras implementações de redes baseadas nas recomendações do X.25 foram a Datapac no Canadá e a Transpac na França que entraram em operação em 1977 e 1978 respectivamente.

Foi logo reconhecido que a recomendação X.25 permite interpretações diferentes, em muitos casos resultando em implementações que são incompatíveis. Esta incompatibilidade coloca uma carga sobre o projetista do ETD, porque o ETD projetado para uma rede de comutação por pacote pode não funcionar para outras ainda quando suas interfaces estejam de acordo com as recomendações do X.25. O grupo de estudo VII do CCITT trabalhou arduamente para esclarecer e enriquecer o X.25. Em novembro de 1980, a assembléia plenária do CCITT aprovou a versão corrente da recomendação.

3.1 - REDES DE COMUTAÇÃO POR PACOTES

Os princípios da técnica de comutação por pacotes foram apresentados por Paul Baran em 1964, quando propôs o projeto de uma rede que transmitisse sinais de voz digitalizadas e dados agrupados em blocos, através de circuitos de alta velocidade. Haveria no início de cada bloco informações referentes ao endereço de destino e o seu encaminhamento seria definido em cada nó da rede. Estas idéias não foram viabilizadas na época por dificuldades técnicas de tratar os sinais de voz com a velocidade necessária. Entretanto, para a transmissão de sinais de dados entre computadores, as idéias propostas eram extremamente interessantes. Assim, Advanced Research Project Agency (ARPA) nos Estados Unidos e National Physical Laboratory (NPL) na Inglaterra desenvolveram os primeiros estudos sobre comutação de pacotes.

Uma rede de comutação de pacotes é constituída por um conjunto de computadores (nós da rede) interligados por circuitos de alta velocidade que transferem mensagens trocadas entre dois usuários quaisquer conectados à rede de forma interativa. As mensagens são decompostas em blocos (pacotes) de comprimento fixo que contem informações de sinalização, endereços de origem e destino da mensagem, seqüências para controle de erros, sinalização para controle do fluxo de dados e dos dados de informação.

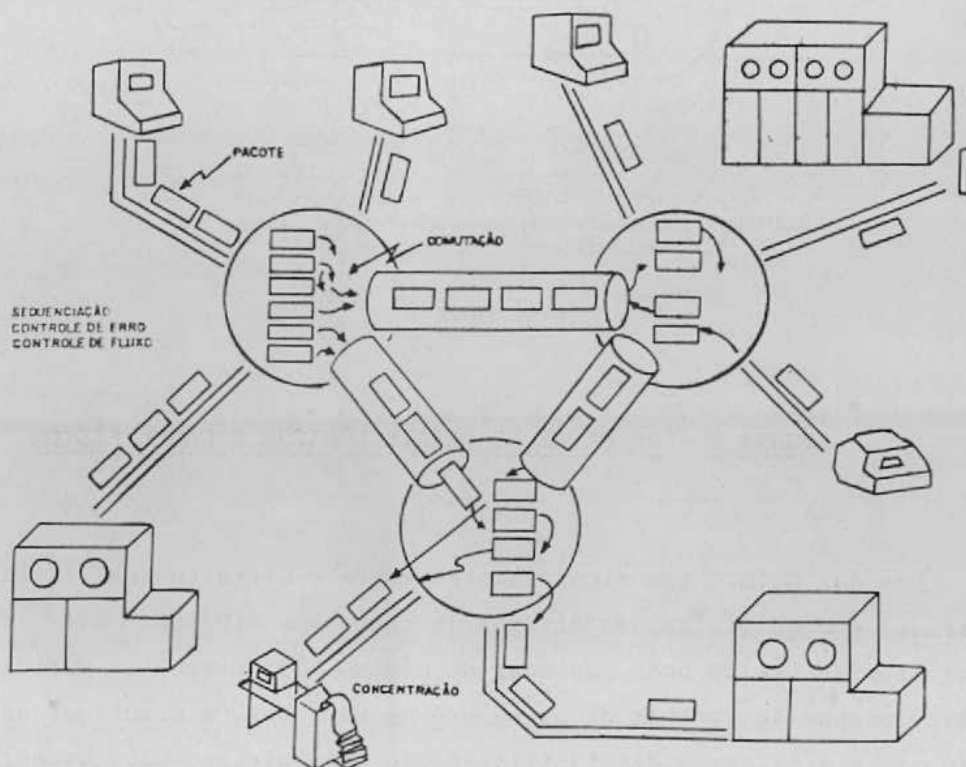


FIGURA 2 - ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DE REDES DE COMUTAÇÃO POR PACOTES

3.2 - OS CANAIS LÓGICOS

Um conceito importante definido pelo X.25 é o canal lógico. Para permitir uma maior performance na utilização do canal físico de comunicação são utilizados os canais lógicos. A função básica do nível 3 do protocolo X.25 é a multiplexagem do canal físico em canais lógicos.

O estabelecimento de ligação entre um usuário e a rede pode ser através de uma chamada virtual ou de um circuito virtual permanente. Uma chamada virtual é estabelecida na fase de Estabelecimento de Conexão através da interface ETD/ECD; enquanto que um circuito virtual permanente é estabelecido em concordância com a administração na época da subscrição dos serviços da rede.

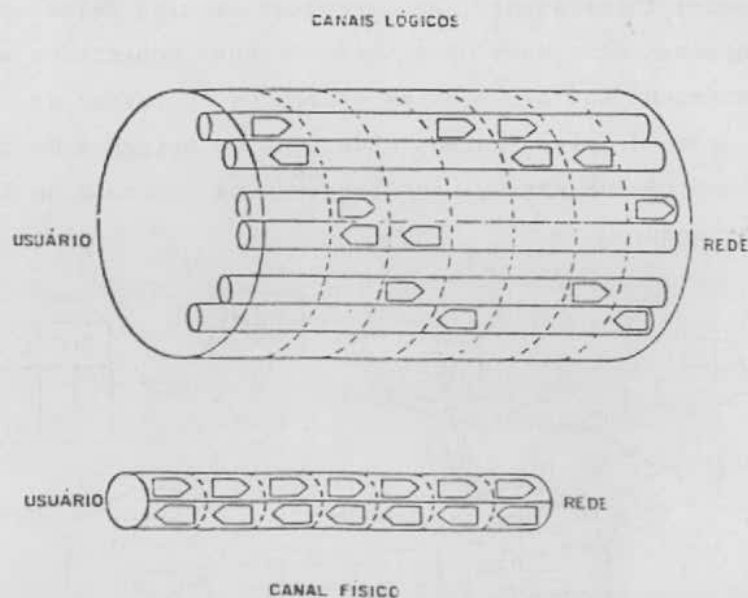


FIGURA 3 - ESQUEMAS DE CANAIS LÓGICOS E CANAL FÍSICO

Uma das diferenças significativas entre o Circuito real físico e o Circuito virtual é a multiplexagem através da interface ETD/ECD. Pela recomendação X.25, um circuito físico pode acomodar no máximo 4095 circuitos virtuais; assim, pela multiplexagem de pacotes de um número de usuários, a comutação por pacotes pode melhorar a utilização das facilidades de transmissão. Cada usuário é alocado em tempo de transmissão somente quando precisar.

Além da transmissão e recepção de pacotes via circuitos permanentes ou circuitos virtuais comutados, o X.25 também inclui regras para comunicação via Datagramas. Estes são pacotes auto-contidos que incluem todas as informações de controle requeridos pela rede e o endereço completo do receptor destinatário. Este é um serviço contrário ao do circuito virtual onde os endereços fonte e destino são retidos pela rede. Não há uma aparente relação entre Datagramas, e cada um pode ser encaminhado independentemente dos outros. Assim, Datagramas são análogos às cartas ou telegramas. Datagramas podem chegar na ordem diferente da que foram transmitidas, e o receptor remotor não faz reconhecimento dos dados recebidos. Por causa dessas desvantagens, há pouco interesse nos serviços de Datagrama.

A recomendação X.25 define três diferentes níveis: o nível físico, o nível de enlace e o nível de pacote e estabelece procedimentos para serviços em rede por comutação de pacotes.

O nível físico governa as características mecânicas, elétricas e funcionais da interface requerida para ativar, manter e desativar o circuito físico entre o ETD e o ECD.

No nível 2 ou nível de enlace existem definidos dois tipos de protocolos pela recomendação: LAP ("LINK ACCESS PROCEDURE") e LAPB ("LINK ACCESS PROCEDURE BALANCED"). O protocolo LAPB foi definido para ser compatível com HDLC ("HIGH-LEVEL DATA LINK CONTROL") da ISO ("INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION") e é recomendado pelo protocolo X.25 para implementações das novas redes. Ambos os protocolos permitem transferência de dados simetricamente (FULL-DUPLEX) e mantem distinção entre a estação primária e a secundária para controle.

O nível 3 ou nível de pacote do X.25 define o formato dos pacotes e define procedimentos de controle tais como: Estabelecimento de Conexão, Pedido de Clear, Transferência de Dados, Controle de Fluxo e Recuperação por Erros. Os pacotes são as unidades básicas de informação transmitidas através da Rede de Comutação por pacotes. Além dos pacotes de Dados, vários tipos de pacotes de controle podem ser transmitidos entre um ETD e o ECD Adjacente, ou vice-versa.

A comunicação efetiva entre ETDs requer protocolos adicionais de um ou mais níveis sobre o nível de pacote da interface ETD/ECD do X.25. Há consenso em padronizar os protocolos de comunicação de níveis mais altos.

Dois ETD's podem fazer conexões Internacionais através de dois ou mais redes nacionais de comutação por pacote que são interconectados usando X.75. A re

comendação X.75 define, segundo a CCITT, uma Interface para Interconexão de redes públicas de comutação por pacotes. Baseado na recomendação X.25, a recomendação X.75 define a interconexão para circuitos virtuais apenas, permite aos usuários do X.25 facilidades de expandir redes, inclui considerações de protocolos entre redes, e proporciona certos enriquecimentos tecnológicos, tais como enlaces múltiplos, entre redes.

Os terminais de modo não pacote podem ser ligados a rede de comutação por pacote via protocolo conversores implementados como unidades separadas ou contidas dentro de um nó da rede de comutação por pacote. Estas unidades conversoras são chamadas PAD ("PACKET ASSEMBLER/DISASSEMBLER"). Elas permitem ligar um terminal não X.25 através de um circuito virtual com um ETD X.25. São três as recomendações específicas do CCITT. (X.3, X.28 e X.29) que definem a comunicação entre um ETD START-STOP (Assíncrono) e um ETD X.25. X.28 define como o terminal START-STOP comunica com o PAD; X.29 define como o ETD X.25 usa os pacotes de dado qualificados do X.25 para controlar o PAD; e X.3 define a operação do PAD.

4. A FUNÇÃO DA COMPORTA

A comporta desempenha a função de gerenciamento da comunicação da rede em anel NCE/UFRJ com a rede pública de comutação de pacotes utilizando o protocolo X.25 da recomendação do CCITT.

A implementação desta comporta foi feita utilizando um microcomputador de fabricação nacional. Este equipamento pode ser visto como uma caixa preta que tem a função de estabelecer a intercomunicação da rede em anel e da rede pública. Para desempenhar esta função de intercomunicação, existem a barra extensora do SDE à estação da rede anel e o "LINK" de comunicação com a rede pública, utilizando a pastilha LSI-8273 da Intel. O microcomputador utilizado se destina ao uso dedicado exclusivamente como comporta.

O "software" da comporta gerencia basicamente três módulos distintos. São eles: o módulo do protocolo de comunicação com a rede em anel, o módulo do protocolo X.25 para comunicação com a rede pública e o módulo de conversão de protocolos e de controle ao acesso da comporta. A coordenação destes três módulos é a responsabilidade do monitor da comporta.

O equipamento escolhido para a comporta entre a rede local em anel e a rede pública de comutação de pacotes foi o microcomputador SDE-40 da EBC S/A.

A principal razão para essa escolha foi a disponibilidade imediata do equipamento, uma vez que o NCE dispõe de diversos desses micros. Outra razão é o conhecimento detalhado do "hardware" deste equipamento, por ter sido projetado no NCE.

O SDE-40 é um microcomputador de uso geral, cujo modelo básico é composto de um vídeo, um teclado e utiliza disco-flexível como meio de armazenamento. Baseado em microprocessador, o sistema SDE-40 é modular e flexível, permitindo a ligação de diversos periféricos, tais como unidades de fita magnética, impressora, Plotter de mesa, Winchester (disco rígido) e "LINK" de comunicação. O sistema operacional utilizado é o CP/M (Control Program for Microcomputer) que é amplamente difundido entre usuários de micros pela sua simplicidade de operação e portabilidade.

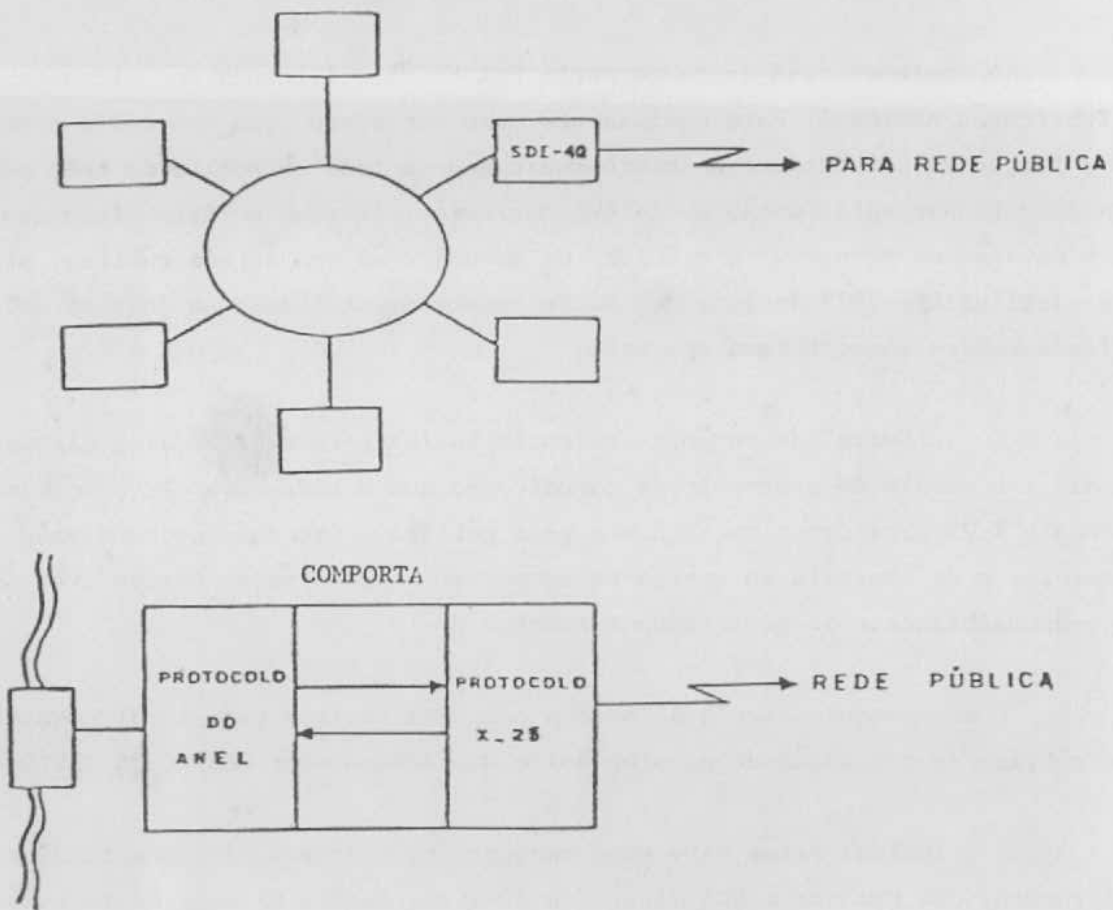


FIGURA 4 - A IMPLEMENTAÇÃO DA COMPORTA, UTILIZA UM MICROCOMPUTADOR NACIONAL EBC SDE-40

4.1 - O SDE-40 MODIFICADO PARA FUNCIONAR COMO COMPORTA

O microcomputador SDE-40 na sua configuração básica sofreu algumas alterações nas suas arquiteturas mecânica e eletrônica para comportar as interfaces de comunicação da comporta entre a rede local em anel do NCE/UFRJ e a rede comutada de pacotes via protocolo X.25 da recomendação do CCITT.

A placa de comunicação síncrona para o protocolo X.25 foi disposta no bastidor do SDE-40. Para isto, acrescentou-se um par de conectores e as ligações destes ao barramento do sistema. A ligação com o equipamento de comunicação (Modem) foi feita através de conector padrão que está fixado no próprio bastidor. A placa extensora da barra do SDE-40 ficou numa estrutura adicional que abriga a placa e os circuitos amplificadores de sinais.

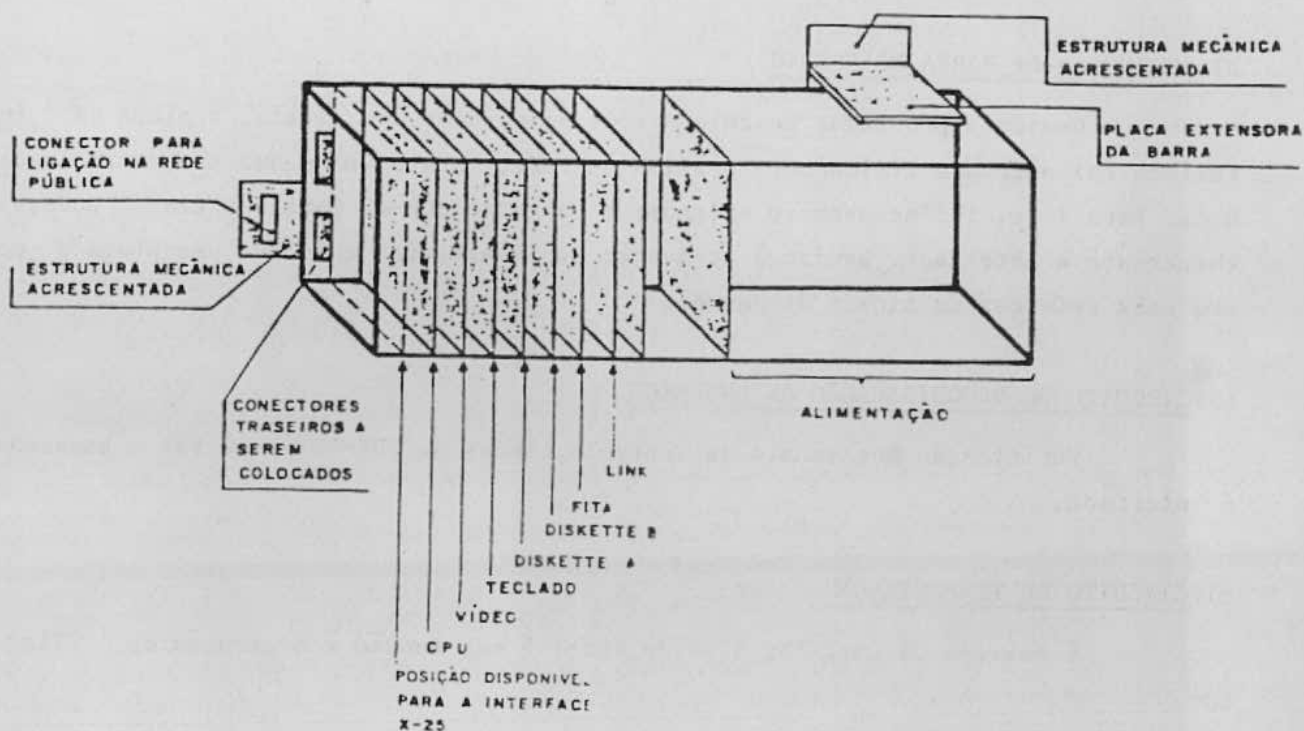
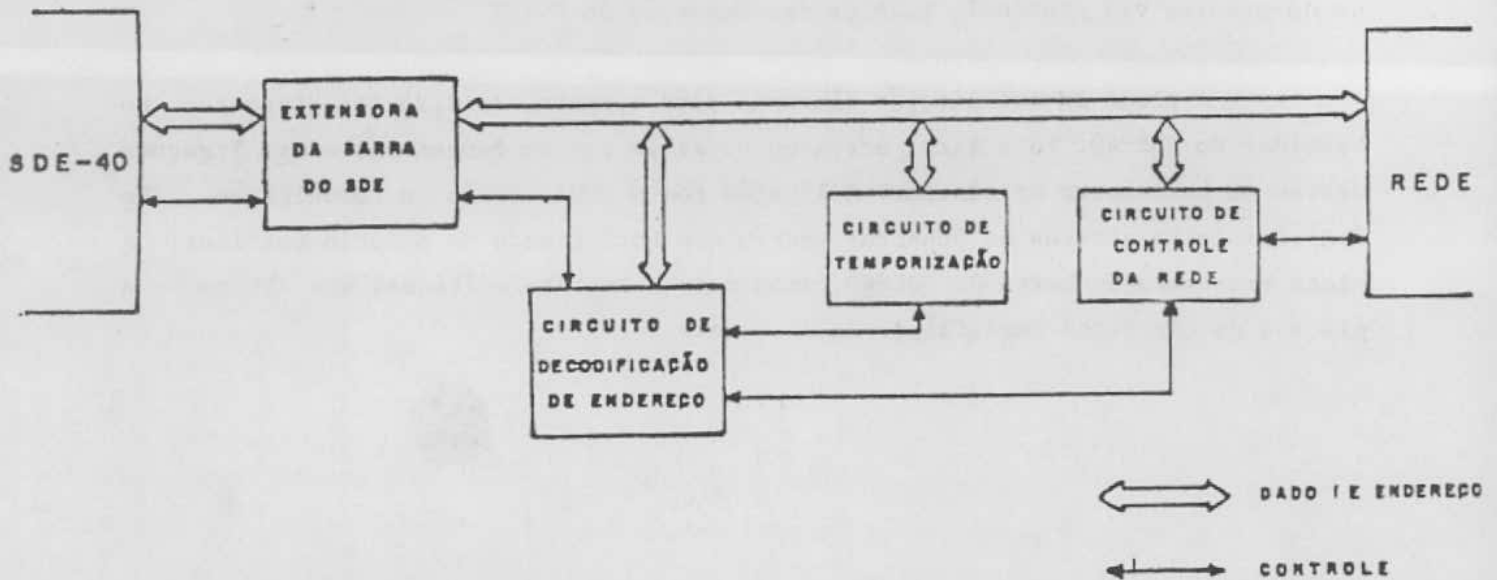


FIGURA 5 - BASTIDOR DO SDE-40 COM AS MODIFICAÇÕES

4.2 - INTERFACE REDE ANEL E SDE-40

Esta interface é responsável pela comunicação do SDE-40 com a rede anel.

DIAGRAMA em Blocos da Interface Rede Anel e SDE-40.



a) EXTENSORA DA BARRA DO SDE-40

Devido a problemas mecânicos e de velocidade dos sinais, a placa de interface foi colocada fisicamente próxima da rede, isto é, na mesma estrutura mecânica. Para isso, foi necessário estender a barra do SDE-40 para que ela pudesse chegar até a interface. Devido à atenuação de sinais, foi colocado uma placa no SDE para reforçar os sinais da barra.

b) CIRCUITO DE DECODIFICAÇÃO DE ENDEREÇO

Verificação dos sinais de controle vindos do SDE-40 e que são passados à interface.

c) CIRCUITO DE TEMPORIZAÇÃO

É baseado na pastilha 8253 da Intel e sua função é a geração de Time-out.

d) CIRCUITO DE CONTROLE DA REDE

Sua função é gerar os controles necessários para a comunicação com a rede.

4.3 - COMUNICAÇÃO SÍNCRONA DO SDE-40 COM A REDE PÚBLICA VIA PROTOCOLO X.25

Para implementar esta Interface da comporta foi projetada uma placa de "LINK" baseada na pastilha 8273 da Intel, especializada para protocolos de alto nível do tipo HDLC/SDLC.

As principais características da pastilha são:

- 1) Compatibilidade com o protocolo X.25 do CCITT;
- 2) Compatibilidade com HDLC/SDLC;
- 3) Operação em Full-Duplex, Half-Duplex ou SDLC-Loop;
- 4) Velocidade de transferência síncrona até 64K bauds;
- 5) Geração automática de CRC;
- 6) Sinais de Controle do Modem;
- 7) Recuperação de Sinal de Sincronismo por PLL Interno.

A pastilha 8273 está embutida na atual Placa de "LINK" do SDE-40, que executa a função de comunicação síncrona ou assíncrona do tipo BYSINC. Essa placa comporta comunicação, em modo Elo de Corrente de 20mA ou em padrão RS-232C, com o conjunto básico de sinais de controle do Modem.

A compatibilidade desta pastilha com a placa "LINK" do SDE-40 envolve basicamente o endereçamento dos registros internos da pastilha 8273, visto que os sinais de controle são padronizados para a maioria dos integrados da série 8000 da Intel.

Do ponto de vista do "software" para o controle da pastilha, este envolve basicamente em três fases distintas:

- 1) Fase de Inicialização.

Nesta fase são fornecidos os comandos e os parâmetros, definindo basicamente o modo de funcionamento da pastilha em HDLC ou SDLC, e selecionar os modos de operação na transmissão e recepção da pastilha.

- 2) Fase de Operação.

Nesta fase são carregados ou lidos os dados na pastilha, respectivamente na transmissão ou na recepção.

- 3) Fase Conclusiva.

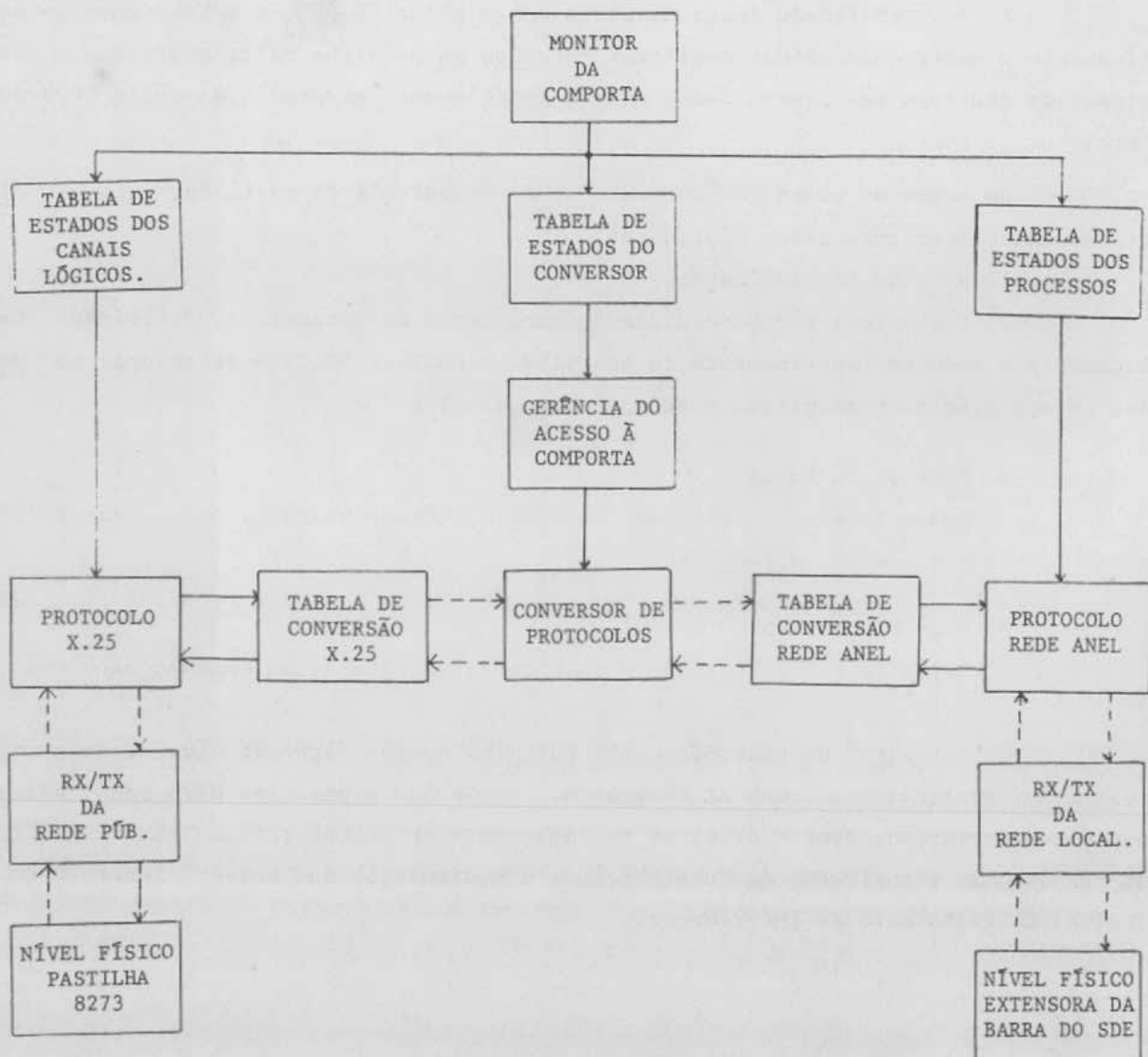
Nesta fase é verificado o resultado imediato de um comando executado.

O "software" de controle desta pastilha compõe parte do nível 2 do protocolo X.25. Praticamente todas as rotinas que manipulam a pastilha 8273 são ativadas via Interrupção. Pontos críticos na implementação destas rotinas são o tempo de resposta ao atendimento da interrupção e a manipulação do "buffer" dentro das rotinas de tratamento de Interrupção.

5. ESPECIFICAÇÃO DO SOFTWARE DA COMPORTA

O software da comporta está implementado em um sistema nono usuário. Assim, o monitor da comporta supervisiona os módulos que constituem o sistema de forma sequencial e em laço de teste de estados.

Podemos identificar três módulos distintos que são acessados pelo monitor da comporta: o protocolo X.25, o protocolo da rede anel e a gerência do acesso à comporta. O monitor antes de acessar cada um destes módulos, deverá inquirir uma tabela de estados do módulo correspondente. O conteúdo da tabela de estado informará ao monitor a integridade do módulo acessado. A consola do sistema informará ao operador dos eventos que ocorrem na comporta a partir das tabelas de estados associadas a cada um dos módulos acessados pelo monitor.



As tabelas de estados desempenham a função de intercâmbio entre os três módulos básicos da comporta. Esta forma de projeto da comporta permite que estes módulos básicos sejam desenvolvidos e depurados de forma independente.

Existem duas tabelas de conversão associadas ao módulo conversor de protocolos. A tabela de conversão X.25 contém informações dos canais lógicos no nível 3 do protocolo X.25. A tabela de conversão rede anel contém informações dos processos usuários provenientes da rede anel. O módulo conversor de protocolos desempenha a função de multiplexação dos canais lógicos para com os processos e a necessária conversão das funções primitivas utilizadas pelos protocolos X.25 e rede anel, bem como estabelecer o endereçamento dos processos fim a fim.

O módulo do protocolo rede anel será uma versão adaptada do modelo já projetado e implementado em fase experimental na rede local em anel do NCE/UFRJ. (*1).

O módulo do conversor de protocolos terá funções muito simplificadas necessárias para desempenhar a tarefa de multiplexação e compatibilização dos protocolos X.25 e rede anel.

O módulo do protocolo X.25 foi projetado e está em fase de implementação. O projeto do módulo consistiu em estudo da recomendação X.25 do CCITT e de lineamento de certas simplificações permitidas pela recomendação. Este módulo foi estruturado basicamente em três níveis.

O nível 1 é constituído pelo software de comunicação com a pastilha LSI 8273 da Intel que possui facilidades das funções do HDLC e desempenha parte das funções do nível 2.

O nível 2 implementa o nível de enlace da recomendação X.25. Este nível objetiva garantir ao nível 3 um meio confiável de transmissão através de mecanismos de controle de erro, temporização das transmissões, retransmissões e de mais controles de fluxo sobre a linha física de transmissão.

O nível 3 implementa o nível de pacote da recomendação X.25. Este nível desempenha a função de multiplexação do recurso de transmissão isento de erro oferecido pelo nível 2 em canais lógicos que estabelecem serviços de chamadas virtuais segundo a terminologia do protocolo da recomendação X.25.

Para implementar e depurar o protocolo X.25 foi definido três fases, que correspondem aos três níveis que compõe o módulo.

Na primeira fase, consistiu no estudo da pastilha LSI 8273 da Intel, mo
dificação da placa original do Link de comunicação do SDE-40 e a programação da
pastilha. As rotinas que manipulam a pastilha 8273 foram implementadas usando me
canismos de interrupção. O nível 1 é composto basicamente pelas rotinas de inicia
lização da pastilha 8273, preparar para a transmissão e a recepção via pastilha,
e rotinas de interrupção para receber e transmitir usando a 8273. Um elemento crí
tico na implementação destas rotinas é o tempo de resposta para atender uma in
terrupção da pastilha 8273. Para que o código de execução do programa seja rápi
do, as rotinas foram desenvolvidas em Assembler (Z80).

A etapa seguinte caracterizou-se pelo desenvolvimento de rotina de su
porte para tornar transparente ao monitor do módulo os eventos de recepção e
transmissão da pastilha 8273. Para isto foi definido uma interface entre o moni
tor e a rotina de suporte de comunicação com a pastilha 8273. Este procedimento é
uma forma de modular as etapas hierárquicas que compõem o "software" do protoco
lo. Então, foi definido listas de descritores de transmissão e de recepção da pas
tilha na rotina de suporte, e uma lista de transmissão e de recepção para o ní
vel 2. A interface é responsável pela passagem de informações contidas nos descri
tores de um nível para outro. Entretanto, a mensagem em si é armazenada em um
"buffer" comum a todos os níveis, e nos descritores são armazenadas informações
referentes às mensagens como por exemplo: o tamanho, posição inicial, endereço e
controle.

A segunda fase caracterizou-se pelo desenvolvimento das rotinas que im
plementam os procedimentos do protocolo do nível 2 do X.25. (*2). O mesmo concei
to de divisão em níveis usado na etapa anterior foi analogamente aplicado. Assim,
foi definida uma Interface entre o nível 2 e o nível 3, a comunicação entre os ní
veis se processa através das listas de descritores de Transmissão e Recepção dos
dois níveis.

A unidade de informação processada neste nível é denominada de quadro
("Frame"). Para garantir a integridade dos quadros são implementados mecanismos
de temporização na transmissão, procedimentos de recuperação de erros por re
transmissão e controle de fluxo de transmissão através do "LINK". O nível 2 obje
tiva assegurar ao nível 3 uma linha lógica isenta de erro como meio de transmis
são.

A terceira fase é a implementação do nível 3 do protocolo X.25. Para descrever os procedimentos deste nível foram definidas tabelas de estado da interface ETD/ECD do ponto de vista do ETD a nível de canal lógico. Nestas tabelas são relacionadas os diversos estados do nível 3 com a transmissão ou a recepção de pacotes, mostrando qual o estado da interface após o evento.

O nível 3 realiza inicialmente uma consistência do pacote recebido da interface do nível 3/nível 2. Não havendo erro, o pacote é analisado segundo os procedimentos do nível 3 e de acordo com o estado da interface. Em caso de erro, o pacote é descartado.

Através das tabelas de estado da interface ETD/ECD foram definidos os procedimentos do nível 3 segundo a recomendação X.25. A primeira etapa da implementação é conhecer o protocolo do nível 3, para isto desenvolveu-se um módulo monitor para simular a transmissão e a recepção de um nível de transporte simplificado que utilize os procedimentos do nível 3 cuja transmissão e recepção para o nível 2 são também simuladas pelo monitor.

A estrutura do nível 3 foi detalhada em rotinas que englobam os procedimentos para atender cada evento de recepção ou transmissão de um determinado pacote em um determinado estado da interface ETD/ECD.

Este esquema de teste foi utilizado inicialmente para um canal lógico, depois expandido a mais canais lógicos. Os testes realizados mostraram ser úteis para depurar a correção dos procedimentos segundo a recomendação do protocolo X.25 para o nível 3.

Para utilizar de forma eficiente os recursos de multiplexação oferecida pelo nível 3, é necessário estabelecer um nível de transporte que defina algumas funções primitivas para tornar a complexidade do protocolo de acesso a rede transparente ao usuário.

6. BIBLIOGRAFIA

- (*1) SOUZA, L.S.; ARAÚJO, J.F.M.; RODRIGUES, G.C.
"Implementação de Protocolos na Rede Local UFRJ". Projeto de Desenvolvimento de uma Rede Local em Anel no Campus da UFRJ, Relatório Final, Julho/1983.
- (*2) SOUZA, L.S.; MACHADO, P.; HSU, C.Y.
"Implementação e Especificação de Procedimentos do Nível 2". Projeto de Implementação do X.25, Janeiro/1983.
- (*3) CCITT
"Recommendation 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", Fascicle VIII.2 (Geneva 1976; amended at Geneva, 1980).
- (*4) DAVIES, D.W.; BARBER, D.L.A.; PRICE, W.L.; SOLOMONIDES, C.M.
"Computer Networks and Their Protocols". A Wiley - Inter Science Publication, 1979.
- (*5) TANENBAUM, ANDREW S.
"Computer Networks". Prentice - Hall, inc. 1981.
- (*6) MENASCÉ, D. & SCHWABE, D.
"Redes de Computadores: Aspectos Técnicos e Operacionais"
3a. Escola de Computação - 1982.
- (*7) ANSARAT, J.P.; BLOCH, S.; SEGHAIER, T.; MARTIN, M.; LAURENT, C.M.
"Danube Local Network Interconnections Via Transpac Public Network". Local Computer Networks, North-Holland Publishing Company, 1982.
- (*8) LESLIE, I.M.
"A High Performance Gateway for the Local Connection of Cambridge Rings". Local Computer Networks, North-Holland Publishing Company, 1982.
- (*9) GRANT, A.; HUTCHISON, D.; SHEPHERD, W.D.
"A Gateway for Linking Local Area Network and X.25 Networks". ACM 7983.
- (*10) BARAN, P.
"On Distributed Communications"
8 vol. série, Rand. Comp. (Agosto de 1964)