

A REDE LOCAL DE COMPUTADORES DO NCE/UFRJ

José Fábio Marinho de Araújo
Guilherme Chagas Rodrigues
Diogo Fujio Takano
Moacyr Henrique Cruz de Azevedo

Resumo:

Esse trabalho descreve a rede local em desenvolvimento no Núcleo de Computação Eletrônica da UFRJ. Essa rede é em anel e tem como finalidade conectar diversos computadores existentes no campus, de forma rápida e confiável. Uma primeira versão da rede já está em operação experimental.

Abstract:

This paper describes the local area computer network being developed at the Federal University of Rio de Janeiro. It is a ring network and its objective is to interconnect several computers existing in the campus providing a mean of communication fast and reliable between these machines. A first version of the network is already in experimental operation.

1 - INTRODUÇÃO:

Os avanços na tecnologia de microeletrônica, que levaram ao surgimento de mini e microcomputadores de baixo custo, estão causando profunda alteração na atividade de processamento de dados. Estimativas recentes {1} mostram que os microcomputadores que representavam 7.5% do mercado de computadores em 1975, em 1980 já representavam 23% e a previsão é de que em 1985 terão ocupado 43% do mercado.

A tendência é portanto, no sentido do usuário dispor de capacidade de processamento local para muitas de suas aplicações. Um outro aspecto dessa mudança é que o processamento da informação deixa de ser um recurso escasso nas organizações. Com isso toda uma gama de novas aplicações que não se justificavam do ponto de vista econômico, passam a ser viáveis.

Esse fenômeno já está ocorrendo na Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Os dois grandes grupos de usuários do Núcleo de Computação Eletrônica - NCE: a administração da Universidade e a comunidade acadêmica, estão começando a dispor de seus próprios minis e microcomputadores para aplicações específicas, alguns instalados pelo próprio NCE e outros adquiridos pelos departamentos.

Se de um lado a computação assim descentralizada tem uma série de atrativos, em contra-partida um mini e um microcomputador isoladamente nem sempre atende todas as necessidades dos usuários. No caso dos departamentos de ensino e pesquisa, por haver algumas vezes necessidade do poder computacional de uma máquina de grande porte, e no caso do processamento administrativo pela necessidade de se ter acesso a informações de sistemas diferentes.

Nesse contexto, uma rede local conectando essas máquinas permitirá que elas compartilhem recursos, sejam eles informações, poder de computação de uma máquina de maior porte ou um periférico mais dispendioso como uma unidade traçadora de gráficos, por exemplo.

Com essa motivação, o NCE iniciou um projeto de desenvolvimento de uma rede local, no âmbito do projeto REDLAC - Rede Latino Americana de Computadores, patrocinado pela O.E.A. Este projeto congrega quatro estabelecimentos de ensino superior: dois brasileiros e dois mexicanos. A finalidade do projeto REDLAC é o de se desenvolver em cada uma das entidades participantes, um grupo com conhecimentos e tecnologia próprias na área de redes de computadores, bem como trocarem entre si esta experiência adquirida. Dentro do projeto REDLAC fo

ram desenvolvidas quatro redes locais, cada uma com tecnologia diferente, visando particularidades próprias de cada instituição. Este artigo relata a experiência obtida pelo grupo da UFRJ no desenvolvimento de sua rede local.

2 - SITUAÇÃO DE COMPUTAÇÃO DA UFRJ

O Núcleo de Computação Eletrônica - NCE é o órgão responsável pelo processamento de dados na UFRJ. Suas responsabilidades incluem:

- a) Desenvolver sistemas para a administração da Universidade e para o Hospital Universitário;
- b) Processar estes sistemas regularmente;
- c) Colocar seus computadores à disposição da comunidade acadêmica para o ensino e pesquisa.

Dentro da atividade de desenvolver sistemas administrativos para a UFRJ, vários sistemas foram desenvolvidos usando microcomputadores projetados e construídos no próprio NCE. Este é o caso de um sistema de controle de medicamentos para o Hospital Universitário e um sistema de acompanhamento orçamentário ligado à reitoria.

Quanto à área acadêmica, vários departamentos possuem mini e microcomputadores para suas pesquisas próprias, já havendo cerca de duas dezenas deles espalhados pelo campus da UFRJ.

A motivação para se construir uma rede local na UFRJ surgiu da necessidade de interligar estes computadores dispersos no campus de modo a que seus usuários possam ter um melhor aproveitamento de seus equipamentos. A ligação destes pequenos computadores a um computador de grande porte, daria uma nova dimensão à utilização dos mesmos.

Como suporte a essas atividades o NCE conta com um computador de grande porte, Burroughs 6700, um computador de médio porte Digital PDP-11/70 e diversos mini e microcomputadores.

O NCE dispõe também de uma Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento que tem como uma de suas diretrizes o desenvolvimento de projetos que sejam utilizados na Universidade e passíveis de serem transferidos para a indústria

brasileira. Dentro dessa linha, diversos produtos já foram desenvolvidos e estão sendo industrializados {2}.

Outra motivação para o desenvolvimento da rede local foi a de criar possibilidade de se desenvolver sistemas administrativos distribuídos, usando microcomputadores brasileiros, o que seria mais barato, eficiente e liberaria as máquinas de grande porte importadas para o uso acadêmico.

3 - ARQUITETURA DE REDES LOCAIS

Ao contrário das redes de longa distância, desenvolvidas utilizando-se a infra-estrutura de telefonia já existente e sujeitas portanto às limitações de velocidade e taxa de erro dessas, as redes locais conectam um conjunto de equipamentos em uma área geográfica limitada, em geral pertencentes a uma mesma organização, o que permite projetar uma rede com características específicas para transmissão de dados e adaptada às necessidades da organização {3, 4}.

As características de redes locais em geral incluem:

- * alta velocidade de transmissão; a faixa usual é 200 Kbits/s a 10 Mbits/s (o que significa de 25.000 caracteres por segundo a 1.200.000 caracteres por segundo);
- * taxa de erros muito baixa, da ordem de 1 bit em cada 10^{12} transmitidos (cada caracter é representado por 8 bits);
- * possibilidade de difusão de mensagens (broadcast) para todas as máquinas conectadas à rede.

Equipamentos em uma rede de computadores, podem ser conectados de diversas formas (topologias). As formas mais utilizadas em redes locais são "barra simples" e "anel".

Nas redes em barra simples, o meio de transmissão é aberto e apenas uma estação (computador) pode estar transmitindo num determinado instante do tempo; as outras verificam se a mensagem lhes é destinada e caso seja, a copiam.

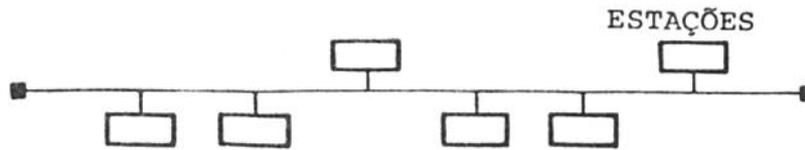


FIGURA 1: Rede em Barra Simples

Nas redes em anel, o tráfego de mensagens flui em um sentido no anel. As estações examinam a mensagem enquanto ela flui e a copiam caso lhe seja destinada.

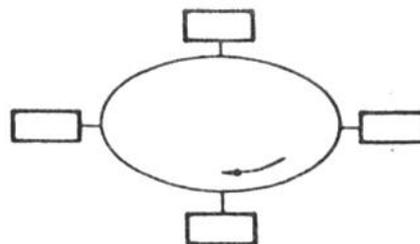
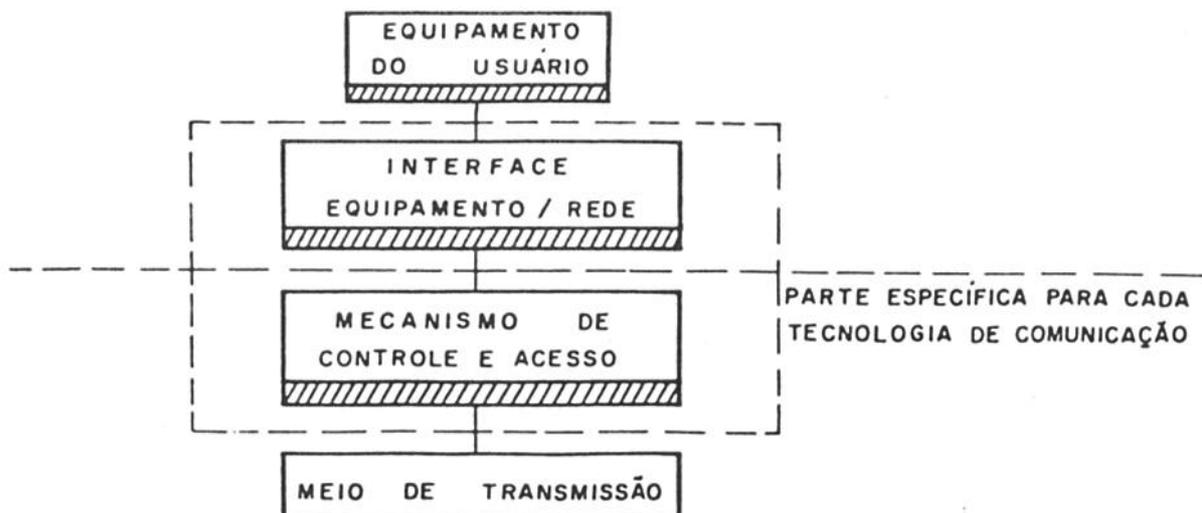


FIGURA 2: Rede em Anel

COMPONENTES DE UMA REDE LOCAL

Os elementos que compõem uma rede local são:

- * meio de transmissão;
- * mecanismo de controle e acesso ao meio;
- * interface equipamento usuário/rede;
- * protocolos.



Os meios de transmissão mais utilizados são fio comum trançado e cabo coaxial. Fibra ótica e micro ondas estão sendo utilizados por enquanto apenas em redes experimentais.

O mecanismo de controle e acesso ao meio, tem como finalidade resolver o problema de qual estação pode utilizar o meio de transmissão em um certo instante do tempo e de que forma.

As técnicas empregadas são dependentes da topologia escolhida e implementadas por hardware (eletrônica) ou hardware e software.

A interface equipamento usuário/rede consiste no hardware e software de comunicação entre o computador usuário e a rede.

O conjunto de regras de procedimento, formato de mensagens e comandos para troca de informações, recuperação de erros, etc., entre as máquinas é chamado de protocolo. Essas funções devem ser definidas e implementadas em cada computador conectado à rede.

4 - DESCRIÇÃO GERAL DA REDE LOCAL NCE/UFRJ

A topologia escolhida para implementar a rede local NCE/UFRJ foi a de anel. Mais especificamente, decidimos implementar uma rede em anel baseada no projeto desenvolvido na Universidade de Cambridge(5,6). Os motivos que nos levaram a tal escolha foram mais políticos do que técnicos, pois não havia na época do início do projeto, experiência em larga escala com nenhuma rede local que mostrasse a superioridade de uma topologia em detrimento de outra. O fator que mais pesou na escolha foi o de termos no NCE intercâmbio com a Universidade de Kent, que já estava implementando este tipo de rede e portanto tivemos acesso a esta experiência.

As características técnicas principais da rede são:

- 1) Velocidade do anel de 10 Megabits/segundo que é comparável à velocidade de leitura de um disco magnético;
- 2) O meio de transmissão é composto por dois pares de fios trançados, usados em comunicação telefônica;
- 3) A distância máxima entre as estações é de 100 metros;

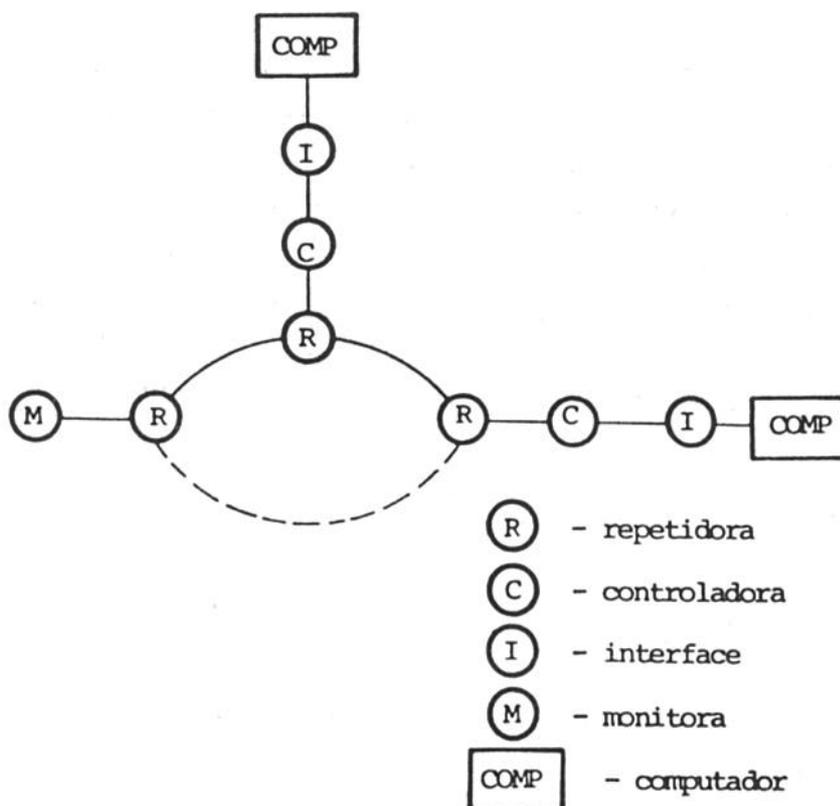
4) O mecanismo de acesso ao meio de transmissão é chamado de "empty slot". Consiste em fazer circular pelo anel, grupos de informações chamados pacotes que tem tamanho fixo, no caso de 38 bits. Quando uma estação deseja transmitir dados a outra, espera passar por ela um pacote vazio e coloca no mesmo a informação a ser transmitida. Mais adiante é descrito em detalhe o mecanismo de acesso ao meio de transmissão;

5) Há uma estação especial chamada monitora cuja função principal é inicializar a rede colocando pacote vazio no anel e controlar alguns tipos de erros como veremos em detalhes mais adiante.

Componentes da Estação

Uma estação é o dispositivo que permite a ligação de um computador à rede. Em uma rede em anel, a integridade de toda a rede é dependente do funcionamento de cada estação, pois basta uma estação parar para interromper o funcionamento da rede.

Tendo em vista este problema de segurança, a estação da rede local NCE/UFRJ está dividida em três partes: repetidora, controladora e interface de acesso.



Repetidora

A repetidora é responsável pela recuperação do sinal. Sua função é a de retransmitir para a próxima estação o que recebeu da estação anterior. Evidentemente, a informação pode ser modificada por controle explícito da controladora, como por exemplo para inserir dados em um pacote vazio. A repetidora funciona com alimentação elétrica e sinais de controle vindos do próprio meio de transmissão, para tornar seu funcionamento independente de qualquer componente local. O projeto desta parte foi realizado tendo em vista a maior confiabilidade de possível, de modo que sinais da controladora que entram na repetidora são protegidos por relés. Em caso de falha ou falta de luz local, estes relés são abertos e a repetidora funciona sozinha mantendo a continuidade da rede.

Controladora

A controladora é a parte que controla toda a transmissão e recepção de dados. Recebe mensagens do computador através da interface e coloca estas na rede e vice-versa.

Interface

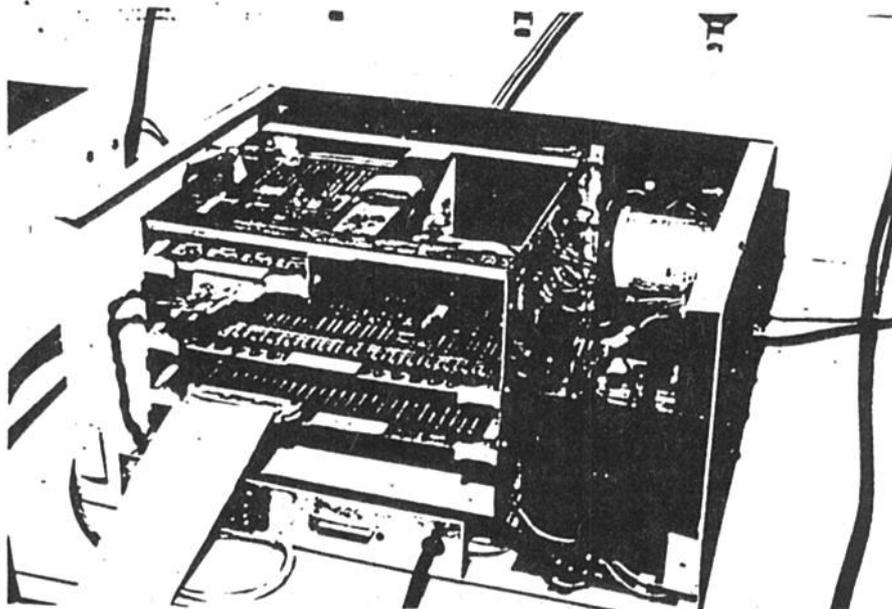
A interface é responsável em compatibilizar o mecanismo de entrada e saída do computador específico com a controladora. Esta interface se faz necessária devido a grande variedade de características dos computadores no mercado. Se existisse um só tipo de mecanismo de entrada e saída, a controladora seria projetada para trabalhar com este mecanismo e a interface não existiria, porém este não é o caso que ocorre na prática. A interface é então específica para cada computador que quisermos ligar à rede.

Monitora

Resta mencionar a monitora que é uma estação especial responsável pela inicialização da rede, controle de erros e que não está ligada a nenhum computador. A estação monitora está ligada também a uma repetidora e é responsável pela alimentação elétrica de todas as repetidoras. Vale à pena ressaltar que a monitora é uma peça fundamental da rede e sua falha causa a falha de toda a rede. A existência da monitora faz com que esta rede em anel não seja uma rede totalmente distribuída pois existe uma estação especial sem a qual a rede não

funciona.

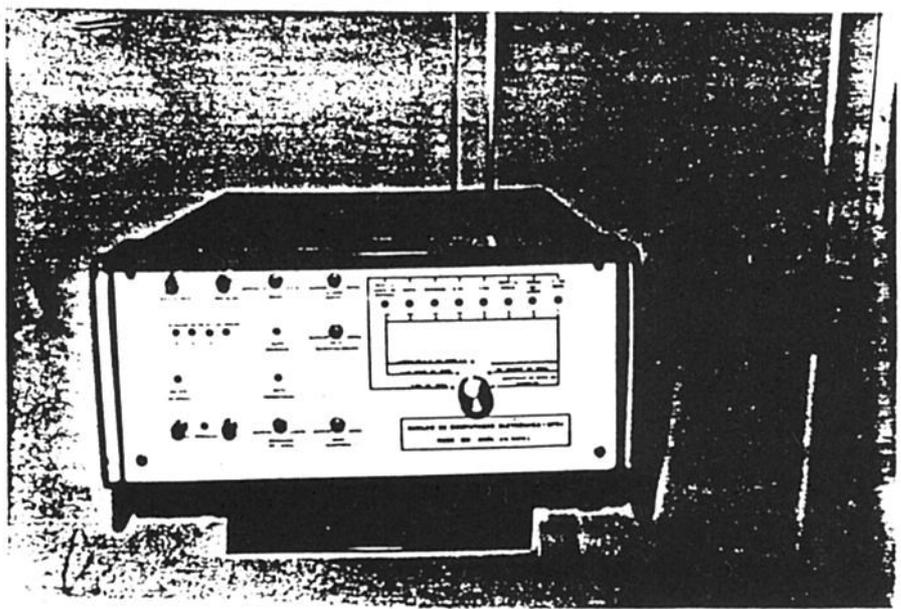
Na primeira fase do projeto estamos conectando os computadores B6700, PDP-11/70 e microcomputadores SDE-40 projetados no NCE.



Estação com as placas da repetidora, controladora e interface (de cima para baixo no rack).



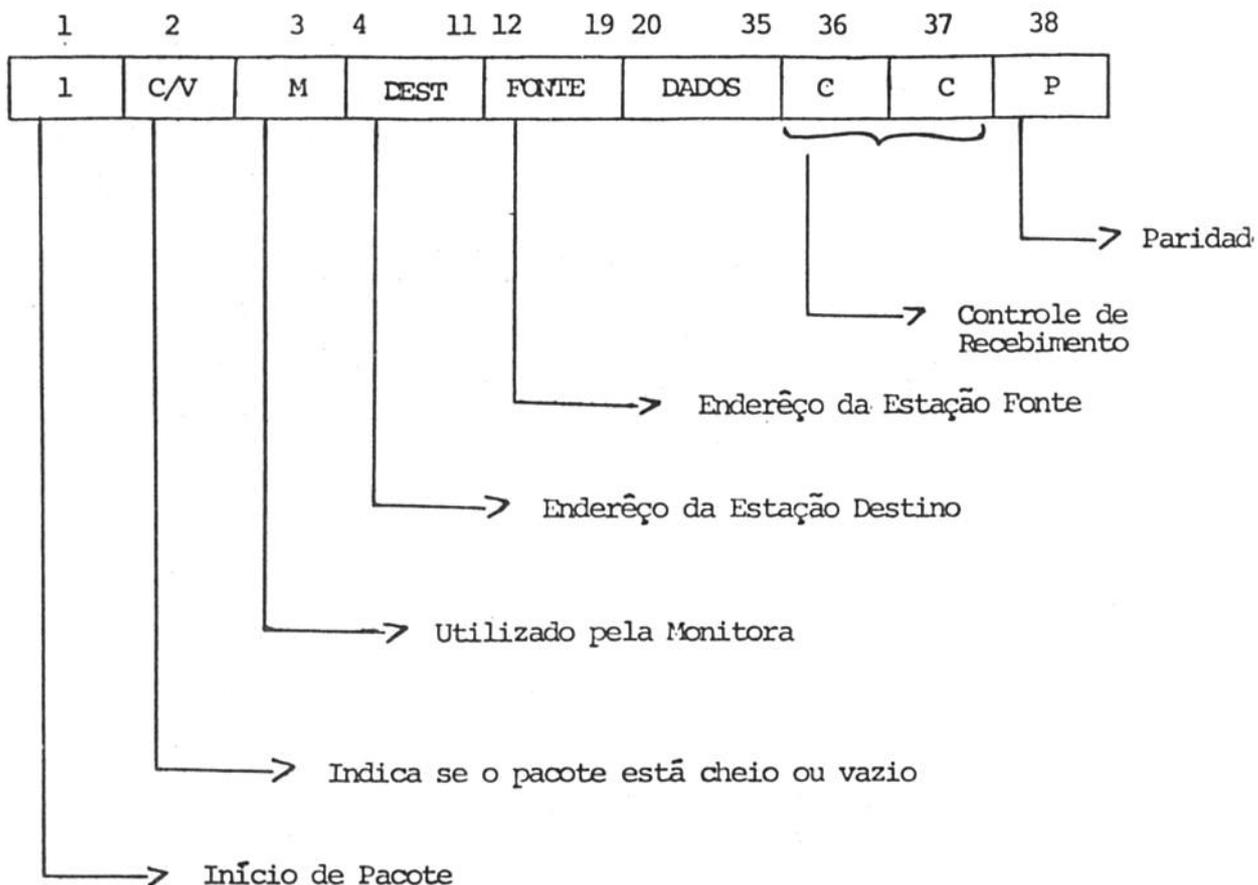
Microcomputador SDE-40 com sua estação (caixa sobre a mesa).



Estação Monitora.

5 - MECANISMO DE ACESSO

Os pacotes que circulam no anel tem o seguinte formato:



Quando uma estação precisa transmitir uma mensagem a outra, realiza o seguinte procedimento:

- 1) Parte a mensagem em pedaços de dois caracteres;
- 2) Espera a passagem de um pacote vazio. Quando este pacote passar, coloca no mesmo as seguintes informações:
 - enderêço da estação do destino;
 - enderêço da estação remetente;
 - dois caracteres da mensagem.
- 3) Este pacote é transmitido para a próxima estação e desta para a próxima e vai circulando pelo anel;

4) Quando este pacote passar pela estação de destino, ela reconhecerá seu endereço no pacote e copiará para si os dois caracteres da mensagem e o endereço da estação remetente. Ao final do pacote, a estação receptora coloca in formações sobre o recebimento deste pacote que pode assumir quatro valores:

- pacote aceito (se o pacote foi lido normalmente);
- pacote ignorado (se o computador de destino estiver fora do ar);
- estação ocupada (se a estação ainda não teve tempo de processar o pacote anterior e portanto sem condições de aceitar este pacote);
- pacote rejeitado (se a estação estiver se comunicando com outra es tação diferente e não desejar ser interrompida no meio desta comu nicação);

5) Este pacote continua circulando pelo anel até a estação de origem (remetente) a qual esvazia o pacote, porém examinando a condição de rece bimento do pacote. Se houve algum problema no recebimento, a estação deverá re transmitir o pacote;

6) Se houver mais caracteres a transmitir da mensagem, repete o pro cedimento de transmissão de um pacote (a partir do item 2).

Sobre este mecanismo de controle, há algumas considerações que vale à pena ressaltar. A primeira delas é que parte da capacidade de transmissão da re de é usada para transportar informação de controle da própria rede como enderê ços das estações de destino e origem, informações e recebimentos do pacote e ou tras informações de controle não mencionadas aqui. Na verdade usa-se apenas 42% da capacidade do pacote para transmitir informação útil. Este fato embora reduza a capacidade útil de transmissão da rede, ainda permite taxas de trans ferência efetivas da ordem de 4.2 Megabits/segundo.

Outro problema que pode ocorrer é o de uma estação após enviar um pa cote, não esvazie o mesmo por defeito de funcionamento. Isto fará com que este pacote cheio fique circulando indefinidamente. Este tipo de erro é detectado pela monitora com o seguinte mecanismo: todo pacote cheio que passa pela monito ra, recebe uma marca especial; se passar pela monitora um pacote com esta mar ca, significa que este pacote não foi esvaziado pela estação que o encheu e en tão a monitora o esvazia.

6 - CONFIABILIDADE

Em redes semelhantes, implantadas na Inglaterra, verificou-se que a taxa de erros é extremamente baixa. A taxa de erros da rede é cerca de um milhão de vezes menor que as redes digitais usando o sistema telefônico (10^{-11} contra 10^{-5}). Podemos então considerar a rede praticamente isenta de erros em termos do desempenho.

Embora a taxa de erros seja baixa, há a possibilidade de haver uma mensagem com erro. Este problema é solucionado através do protocolo de comunicação entre os computadores conectados.

7 - PROTOCOLOS

As regras e procedimentos de comunicação entre as máquinas e processos, são modernamente definidos e implementados em níveis, onde cada nível se comunica com o nível equivalente da outra máquina, oferecendo ao nível superior um certo serviço, para tal utilizando os serviços oferecidos pelo nível inferior.

As funções de cada nível da Rede Local UFRJ são descritas a seguir { 7,8}.

APLICAÇÃO	
TRANSPORTE	Nível 3
LINHA	Nível 2
FÍSICO	Nível 1

NÍVEL 1: Nível de sinais elétricos; define que voltagem deve ser transmitida e a maneira de codificação dos bits. É implementado em hardware e corresponde à parte da repetidora da estação. É responsável em transformar um par de fios condutores em uma facilidade de comunicação.

NÍVEL 2: Este nível é responsável por transmitir uma mensagem completa entre duas estações. Tem uma parte que é implementada em hardware que corresponde ao mecanismo de transmitir um minipacote de dois bytes, do modo que foi visto anteriormente. Há também uma parte implementada em software que é responsável pela transmissão de vários minipacotes formando uma mensagem de até

2K bytes de comprimento. Neste nível, os pacotes são automaticamente repetidos em caso de não recebimento. É responsável em transformar uma facilidade de comunicação em um serviço de transmissão (e recebimento) de mensagens.

NÍVEL 3: Este nível é responsável pelas seguintes tarefas:

- a) Estabelecimento de ligação lógica entre dois processos de máquinas distintas;
- b) Controle de fluxo entre estes dois processos de modo que se um processo envia mais mensagens do que seu parceiro consegue aceitar, este nível equipara as velocidades dos dois processos;
- c) Ativação de processos remotamente;
- d) Controle da integridade das mensagens, evitando que mensagens sejam perdidas, duplicadas ou contenham informação com erro. É responsável em transformar um serviço de transmissão de mensagens entre computadores em um serviço de transmissão confiável entre processos de computadores diferentes.

O usuário se comunica com a rede através desse nível, que é responsável ainda por fragmentar as mensagens recebidas dos processos usuários em blocos de até 2K bytes.

O usuário utiliza apenas cinco primitivas para interagir com a rede que são chamadas como subrotinas:

1 - IDENT (NOME, TIPO).

Informa ao protocolo de transporte que um processo está ativo e pode portanto aceitar ligações com outros processos.

Parâmetros

NOME - nome do processo

TIPO - indica se esse processo aceita apenas uma vez várias ligações simultâneas.

2 - LIGA (NO, NOME, TIOUT, END, COD)

Pede ligação com o processo dado por NOME na estação NO. É encaminhado ao nível de transporte da estação desejada um pedido de ligação. Se o processo não estiver ativo, ele é ativado e seu endereço devolvido em END. Um código de retorno indica se o processo foi ativado ou não, se a estação desejada está desligada ou se passou TIOUT segundos e não houve resposta da outra estação.

Parâmetros:

- NO - endereço da estação onde está o processo desejado.
- NO ME - dá o nome do processo desejado.
- TIOUT - tempo em segundos pelo qual se deseja esperar pela resposta.
- END - parâmetro que retorna o endereço do processo desejado.
- COD - códigos de retorno, informando se a ligação foi completada com sucesso ou se não foi possível completar a ligação por algum motivo (estação desejada não estava ativa, processo desejado não estava presente, etc.)

3 - ESCR (END, TAM, VETOR)

Envia uma mensagem para um processo remoto.

Parâmetros:

- END - endereço do processo para o qual queremos enviar uma mensagem.
- TAM - tamanho da mensagem em caracteres.
- VETOR - vetor que contém a mensagem.

4 - LE (END, TIOUT, TAM, VETOR, COD)

Lê uma mensagem de determinado processo ou de qualquer processo.

Parâmetros:

- END - endereço do processo do qual queremos ler. Se END = zero, significa que queremos ler de qualquer processo e nesse caso END retorna o endereço do processo que enviou a mensagem.
- TIOUT - tempo máximo em segundo pelo qual desejamos esperar a mensagem.
- TAM - tamanho da mensagem lida.
- VETOR - vetor que contém a mensagem lida.
- COD - código de retorno:
 - 0 - leitura completada
 - 1 - passou-se TIOUT segundos e não chegou nenhuma mensagem para esse processo.

5 - FIM - Informa ao processo de transporte que esse processo deseja sair da rede.

8 - SERVIÇOS OFERECIDOS PELA REDE

Além do protocolo de transporte que permite a processos dos usuários uma maneira fácil de estabelecer comunicação com processos em máquinas remotas, uma série de outros serviços estão sendo implementados ou planejados para os usuários da rede. Esses serviços são:

- Protocolos de Alto Nível para Transferência de Arquivos.

Esse serviço tem a finalidade de oferecer aos usuários primitivas que facilitem a transferência de arquivos entre as diversas máquinas da rede.

Com isso, um usuário de micro que tem pouca capacidade de armazenamento poderá por exemplo, manter seus arquivos nos discos das máquinas maiores e copiá-las facilmente para seu próprio micro, total ou parcialmente quando for processá-los.

- Protocolos de Alto Nível para Submissão Remota de Programas.

Esse serviço permitirá ao usuário solicitar que um programa editado em uma máquina, seja incluído na fila de processamento de uma outra máquina. Com isso, um programa longo, pode ser completamente editado em um micro e posteriormente submetido para execução em uma máquina de maior porte.

- Concentradores de Terminais.

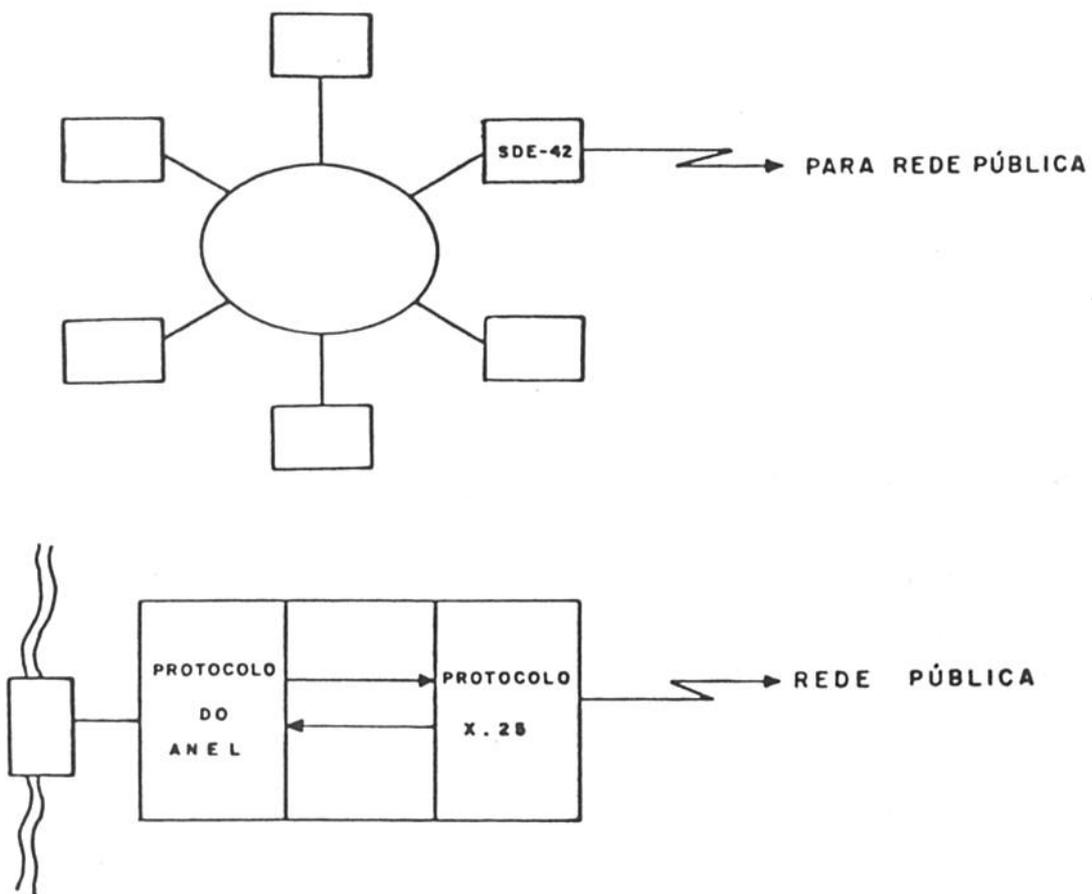
Esses concentradores farão a conexão de terminais assíncronos à rede, permitindo que um usuário em um desses terminais se conecte a qualquer um dos computadores ligados a rede como se estivesse diretamente conectado a ele.

O concentrador é baseado em um microprocessador Z-80 e pode controlar até 8 terminais. Eles poderão estar conectados diretamente a uma das estações do anel ou através de uma linha de velocidade mais baixa a uma estação especial, de modo a se poder instalar terminais em edifícios onde não circule o anel.

- Comporta para Rede Pública de Comutação de Pacotes.

A partir de 1983 estará disponível no Brasil uma rede pública de comutação de pacotes, que permitirá a troca de informações entre todos os computadores ligados a ela. A comporta (gateway) em desenvolvimento, será o caminho de saída para todos os computadores ligados ao anel e fará os seguintes serviços: conversão de protocolos do anel para o protocolo X-25 de acesso à rede pública, verificação de autorização para ligações externas, contabilidade

do uso da rede pública por parte de cada usuário.



A implementação da comporta, utiliza um microcomputador brasileiro EMBRACOMP SDE-42 com 48K bytes de memória e 2 unidades de diskette.

CONCLUSÃO

Foi apresentada uma descrição da rede local em anel desenvolvida pelo NCE/UFRJ no âmbito do projeto REDLAC, bem como dos serviços de alto nível necessários a sua efetiva utilização como suporte ao processamento de dados distribuído e ao compartilhamento de recursos computacionais.

- BIBLIOGRAFIA

- 1) "Moving away from main frames: The Large Computer Maker's Strategies for Survival", Business Week, February, 1982;
- 2) "Computação na UFRJ, Pesquisa Tecnológica, Avaliação e Perspectivas", Núcleo de Computação Eletrônica, 1981;
- 3) Clark D.D., Pogran K.T. and Reed D.P. "An Introduction to Local Area Networks", proc. of the IEEE, vol. 66, nº 11, November, 1978;
- 4) Araujo J.F. "Tecnologia de Redes Locais", Relatório Técnico NCE nº 0182, Fevereiro, 1982;
- 5) Hopper A, "Data Ring at Computer Laboratory, University of Cambridge", Computer Science Technology: Local Area Network, US National Bureau of Standards Special Publication, 1979, pp. 500-531;
- 6) Wilkes, M, V. and Wheeler, D.J., "The Cambridge Digital Communication Ring", Local Area Communications Network Symposium, Boston, May 1979, pp. 47-61;
- 7) Takano D.F. et. alu "Arquitetura e Implantação da Rede Local NCE UFRJ", Revista Brasileira de Computação - V.1 - nº 2, 1981, pp. 95 a 109;
- 8) Rodrigues G., "Descrição e Protocolo de Comunicação da Rede Local NCE/UFRJ", 8º SEMISH, Florianópolis, Brasil, 1981;
- 9) Binns S, Dallas I. and Spratt E. "Further Developments on The Cambridge Ring Network at the University of Kent", Proceedings of IFIP TC 6 International In-Depth Symposium on Local Computer Networks - Florence, Italy, April 1982, pp. 183-204.