

Eng. Luiz Cláudio Navarro e Eng. Henrique Ribeiro Filho
Divisão de Desenvolvimento
SCOPUS TECNOLOGIA S/A

30 SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES (30 SBRC)

SUMÁRIO

A SCOPUS TECNOLOGIA S/A desenvolveu a REDE LOCAL SCOPUS com o objetivo de oferecer aos usuários de seus microcomputadores, um sistema que evoluísse de acordo com as necessidades de processamento e armazenamento.

Este trabalho descreve as características principais dos protocolos desta rede local e sua implementação no sistema operacional MULTIPUS, que foi desenvolvido para a conexão dos microcomputadores de 8 bits da SCOPUS à rede local.

O trabalho está dividido em duas partes : a primeira de caráter introdutório descreve a estrutura de comunicação do sistema operacional MULTIPUS e a organização dos protocolos da REDE LOCAL SCOPUS; a segunda caracteriza os procedimentos, formatos de mensagens e a implementação dos protocolos dos níveis Físico, Enlace e Transporte.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de uma rede local para interligação de seus micro-computadores foi a solução adotada pela SCOPUS TECNOLOGIA para oferecer a seus usuários a oportunidade de migrarem, de forma gradual segundo suas necessidades, de sistemas monousuários para um sistema multiusuário onde os recursos já adquiridos pudessem ser compartilhados.

Os seguintes fatores foram pontos importantes no projeto da Rede Local SCOPUS e do sistema operacional MULTIPLUS :

- Compatibilidade a nível de serviços oferecidos com os protocolos de comunicação da proposta IEEE 802;
- Na concepção dos protocolos da Rede Local SCOPUS procurou-se seguir a proposta IEEE 802, desviando-se dela somente nos casos em que o custo de uma determinada característica fosse alto;
- Uso do modelo de referência ISO para a interconexão de sistemas abertos como padrão de referência para a definição e implementação de todas as camadas de protocolos;
- Compatibilidade total do sistema operacional MULTIPLUS com o sistema operacional SCOPUS, utilizado nos MicroScopus monousuário;
- Baixo custo de conexão, permitindo a expansibilidade do sistema sem altos ônus para o usuário;
- Aproveitamento da tecnologia adquirida pela SCOPUS no desenvolvimento e fabricação de Terminais de Vídeo conectáveis a linhas de comunicação de alta velocidade do tipo coaxial;
- Uso como estação básica da rede do microcomputador de 8 bits da SCOPUS, o MicroScopus, com 64 Kbytes de memória RAM e 48 Kbytes de memória EPROM onde reside o código completo do sistema operacional MULTIPLUS.

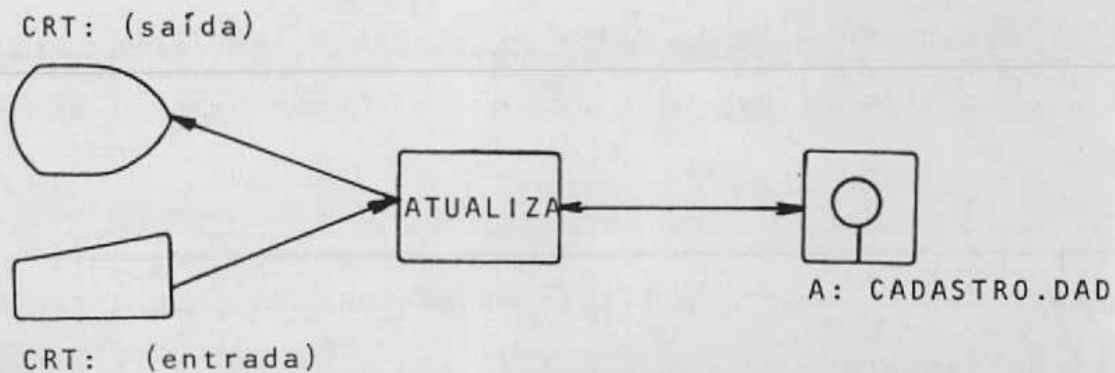
A Rede Local SCOPUS é uma rede local com arquitetura do tipo via comum ("bus") e protocolo de acesso do tipo CSMA. A distância máxima entre os extremos da rede é de 1,5 km e a taxa de transmissão de 3,0 Mbits/seg.

A seguir passa-se então à análise da Rede SCOPUS do ponto de vista dos protocolos implementados.

Um Exemplo

Antes de descrever a estrutura interna dos protocolos da Rede MULTIPLUS, será apresentado um exemplo de interação comum entre micros integrados a uma rede.

O programa ATUALIZA, que faz a atualização de dados cadastrais de clientes de uma firma, tem o seguinte fluxograma :



Sendo executado em um MicroScopus sem o sistema MULTIPLUS, isto é, com o Sistema Operacional SCOPUS (anterior ao MULTIPLUS), o programa requer que esteja colocado na unidade de disco A : (primeiro acionador físico de disco flexível) o disco flexível que contém o arquivo CADAstro.DAD, e como a denominação dos dispositivos neste caso é física, nenhuma outra alternativa é possível. Entretanto, se este programa for executado em uma estação de Rede MULTIPLUS, isto é, em um micro com sistema operacional MULTIPLUS, qualquer dos dispositivos físicos de armazenamento de massa disponíveis nesta rede, poderão ser utilizados para armazenar o arquivo CADAstro.DAD, pois no

MULTIPLUS as denominações de unidades (A: a P:, LST:, CRT:...) desvincularam-se dos dispositivos físicos que lhe eram associados, passando a denominarem-se unidades lógicas e podendo estar associadas a qualquer das unidades físicas disponíveis na rede.

Não sendo mais necessário que um MicroScopus ligado à rede possua seus próprios periféricos para funcionar, já que este pode utilizar-se dos periféricos disponíveis na rede, nasceu com o MULTIPLUS a estação que denominamos Satélite. A estação satélite nada mais é que uma estação MULTIPLUS que não possu periféricos de memória de massa diretamente acoplados, e que portanto utiliza os recursos de armazenamento disponíveis na rede.

Pode-se então supor, a título de exemplo, o programa ATUALIZA sendo executado na estação 1 (tipo satélite), utilizando como dispositivo de armazenamento uma unidade de disco Winchester presente na estação 3 de uma rede com a configuração da (Fig. 8).

Meio de Comunicação

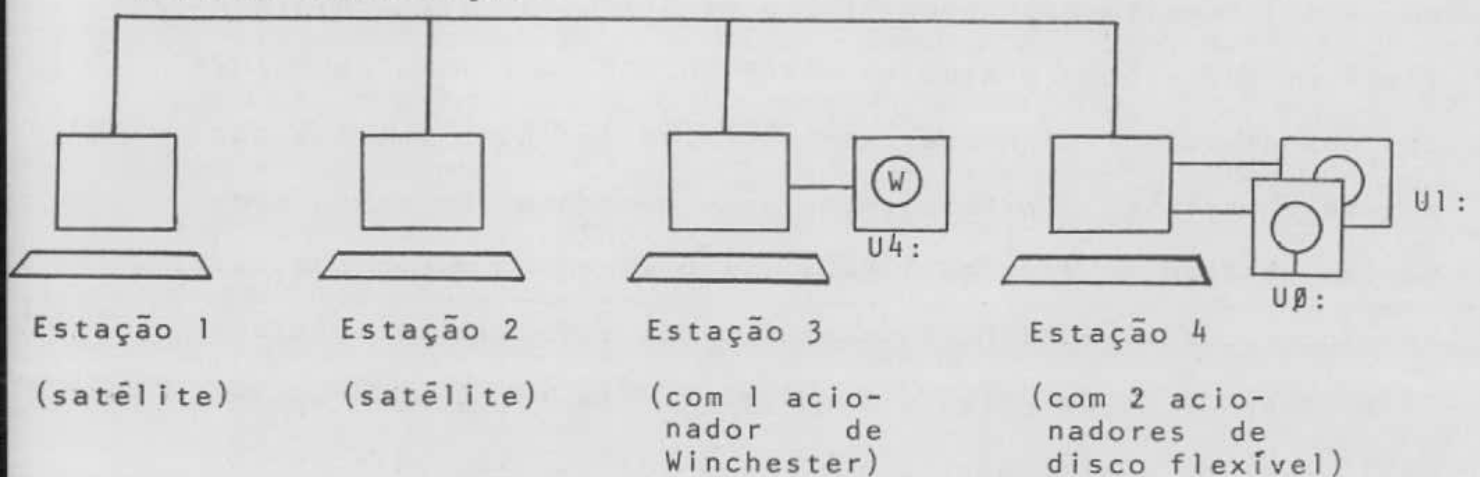


Figura 8 - Configuração da rede exemplo.

Para executar o programa ATUALIZA utilizando o arquivo CADASTRO.DAD no Winchester, basta que o usuário da estação 1, antes de comandar a execução do programa, digite o seguinte comando de associação :

► A : = U4 : 3 (associe a unidade lógica A : desta estação a unidade física U4 : da estação 3).

A partir deste comando todos os acessos requisitados ao sistema operacional na unidade A : serão automaticamente dirigidos pelo sistema à estação 3 que fará o acesso na unidade física U4 : (Winchester), retornando resultados da operação à estação 1.

Dessa forma é totalmente transparente aos programas dos usuários se eles estão usando periféricos locais ou remotos, permitindo que um periférico defeituoso possa ser substituído por outro pela simples modificação das associações.

A seguir ilustra-se como o sistema MULTIPLUS é capaz de oferecer aos seus usuários o serviço de acesso à arquivos presentes em outras estações da rede.

Gerenciamento de acessos remotos

Na Rede Local SCOPUS, não existe uma estação privilegiada que controla a comunicação ou o acesso aos recursos disponíveis, uma das características principais da Rede MULTIPLUS é o controle distribuído dos recursos. Cada estação da rede é

dotada do sistema operacional MULTIPLUS, residente em EPROM, que está ativo a partir do momento em que a estação é ligada. Cada estação gerencia os recursos que detém e os programas que estão em execução residentes em sua memória. O acesso a recursos presentes em outras estações é sempre resolvido através de uma "conversa" entre a estação que requisita o recurso ou serviço e a estação que o detém. Esta "conversa" é basicamente constituída de uma mensagem de requisição da operação de acesso ao arquivo (criação, abertura, leitura, gravação, fechamento, etc.) transmitida da estação requisitante para a estação onde o dispositivo de massa está presente e de uma mensagem resposta em sentido contrário contendo os resultados da operação realizada. A (Fig. 9) mostra os módulos internos ao sistema que participam nas operações de acesso ao arquivo CADASTRO.DAD na estação 3 pelo programa ATUALIZA em execução na estação 1 do exemplo anterior.

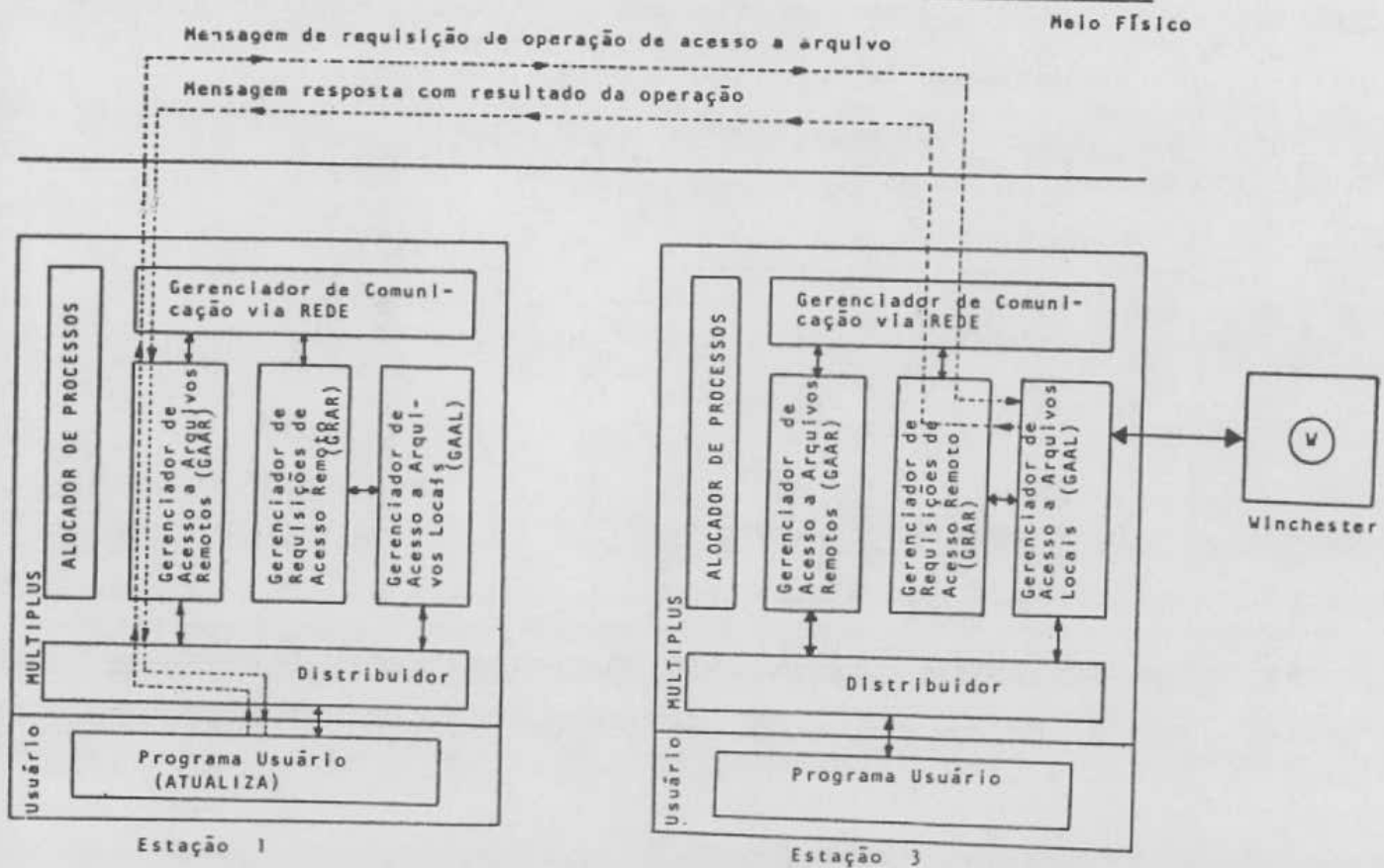


Figura 9 - Fluxo de Tratamento de um acesso a arquivo remoto.

O módulo distribuidor é a interface do sistema operacional com os programas residentes na estação. Quando uma chamada ao sistema é feita, este módulo resolve as referências lógicas e direciona a requisição da tarefa ao módulo que a trata. Em particular, no caso do exemplo, as requisições de acesso ao arquivo feitas pelo programa ATUALIZA são dirigidas ao módulo de gerenciamento de acessos a arquivos remotos (GAAR). Este módulo ao ser chamado monta uma mensagem de requisição de operação de acesso ao arquivo, contendo os parâmetros necessários para sua realização e a envia ao módulo de gerenciamento de requisições de acesso remoto (GRAR) da estação 3, onde o arquivo se encontra. Após a remessa desta mensagem o módulo GAAR da estação 1 fica a espera da mensagem resposta com os resultados do serviço realizado.

Ao receber a mensagem de requisição de serviço, o módulo GRAR da estação 3, aciona o gerenciador de acessos a arquivos locais (GAAL) que realiza a operação desejada retornando ao GRAR os resultados da operação. Com estes resultados o GRAR monta a mensagem de resposta e a envia ao GAAR da estação 1 que está a sua espera. Após a transmissão da resposta o GRAR da estação 3 torna a ficar em estado de espera de uma nova requisição a tratar.

Recebendo a resposta o módulo GAAR da estação 1, passa os resultados ao distribuidor que os entrega ao programa usuário, completando o ciclo de processamento de uma requisição de acesso a arquivo remoto.

Este procedimento de requisição de serviço e resposta é também realizado pelos gerenciadores de outros periféricos disponíveis na rede, tais como impressoras, unidades de fita magnética, linhas de console destinadas a informações ao operador, etc. Ao procedimento de troca de mensagens de requisição e resposta entre os gerenciadores de acesso remoto e os respectivos gerenciadores de requisições remotas chamamos de protocolo de interação dos gerenciadores de recursos remotos.

A (Fig. 10) mostra os algoritmos típicos dos gerenciadores de recursos via rede.

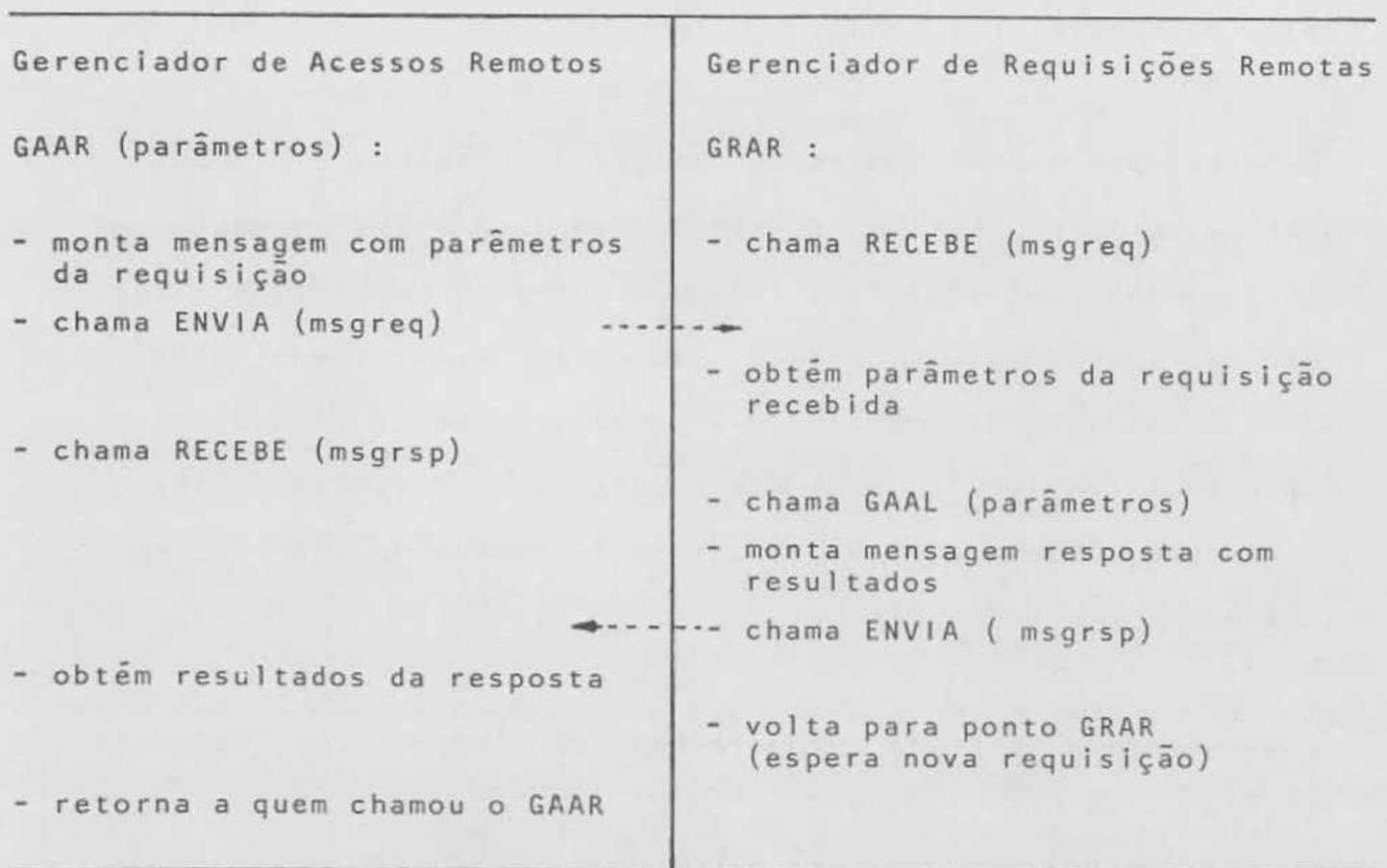


Figura 10 - Algoritmos dos Gerenciadores de Recursos Remotos.

Como se pode observar pela descrição até aqui feita, o con trole distribuído dos recursos requer do sistema operacional de cada estação uma infraestrutura de comunicação que permi ta a troca de mensagens entre os procedimentos ativos em qual quer das estações. Esta infraestrutura deve oferecer um ser viço de troca de informações seguro, isto é, que um programa possa enviar uma mensagem a outro e ter a certeza que seu des tino a recebeu, sem a preocupação de como esta transferência de informações se processa. No MULTIPLUS, o módulo que ofere ce esta infraestrutura é o Gerenciador de Comunicação que im plementa os protocolos de comunicação da rede.

Outra capacidade importante do sistema é a coexistência de vários procedimentos em execução em cada estação MULTIPLUS, isto é, a característica de MULTIPROGRAMAÇÃO do sistema.

Olhando a descrição da interação entre os gerenciadores de arquivos remotos, vemos que o atendimento de uma requisição de operação pelo gerenciador de requisições remotas é feito inde pendentemente da execução do programa usuário que está presen te na mesma estação. Além do fato do acionamento independente de tarefas, que acarreta a disputa do uso do processador da es tação entre os mesmos, dois procedimentos independentes em sua execução, aos quais denominamos processos, poderão solicitar o mesmo recurso, como por exemplo, operações de acesso à mesma uni dade física de disco. Para resolver estes conflitos o módulo Alocador de Processos dota o sistema da infraestrutura neces sária para o controle da concorrência entre os processos, ge renciando-os no uso do processador.

A sobrecarga ao programa usuário presente nas estações que detêm recursos, pelos acessos advindos de outras estações, é minimizado pelo mecanismo de multiprogramação do Alocador de Processos, pois os intervalos de inatividade de um processo quando em espera ou transmissão de mensagens e nas operações de entrada e saída realizadas pelos periféricos, são utilizados para a execução de outros processos ativos, permitindo em melhor aproveitamento do processador. Esta sobrecarga introduzida na estação é amplamente compensada pela capacidade de Multiprocessador do sistema global rede, MULTIPLUS, onde várias tarefas estão em execução paralelamente nos vários processadores (estações) da rede, utilizando a totalidade dos recursos globalmente disponíveis. Assim, a rede MULTIPLUS consegue aliar a maior performance de uso dos processadores através da multiprogramação, ao processamento paralelo (multiprocessamento), com o compartilhamento dos recursos disponíveis na instalação, permitindo o dimensionamento de um conjunto adequado às necessidades de processamento e armazenamento dos usuários, a um custo menor, além de garantir a flexibilidade necessária para expansão.

Gerenciador de Comunicações

O módulo Gerenciador de Comunicações é o responsável em cada estação MULTIPLUS pelo controle da comunicação desta com a rede.

O Gerenciador de Comunicação e seus protocolos foram proje-

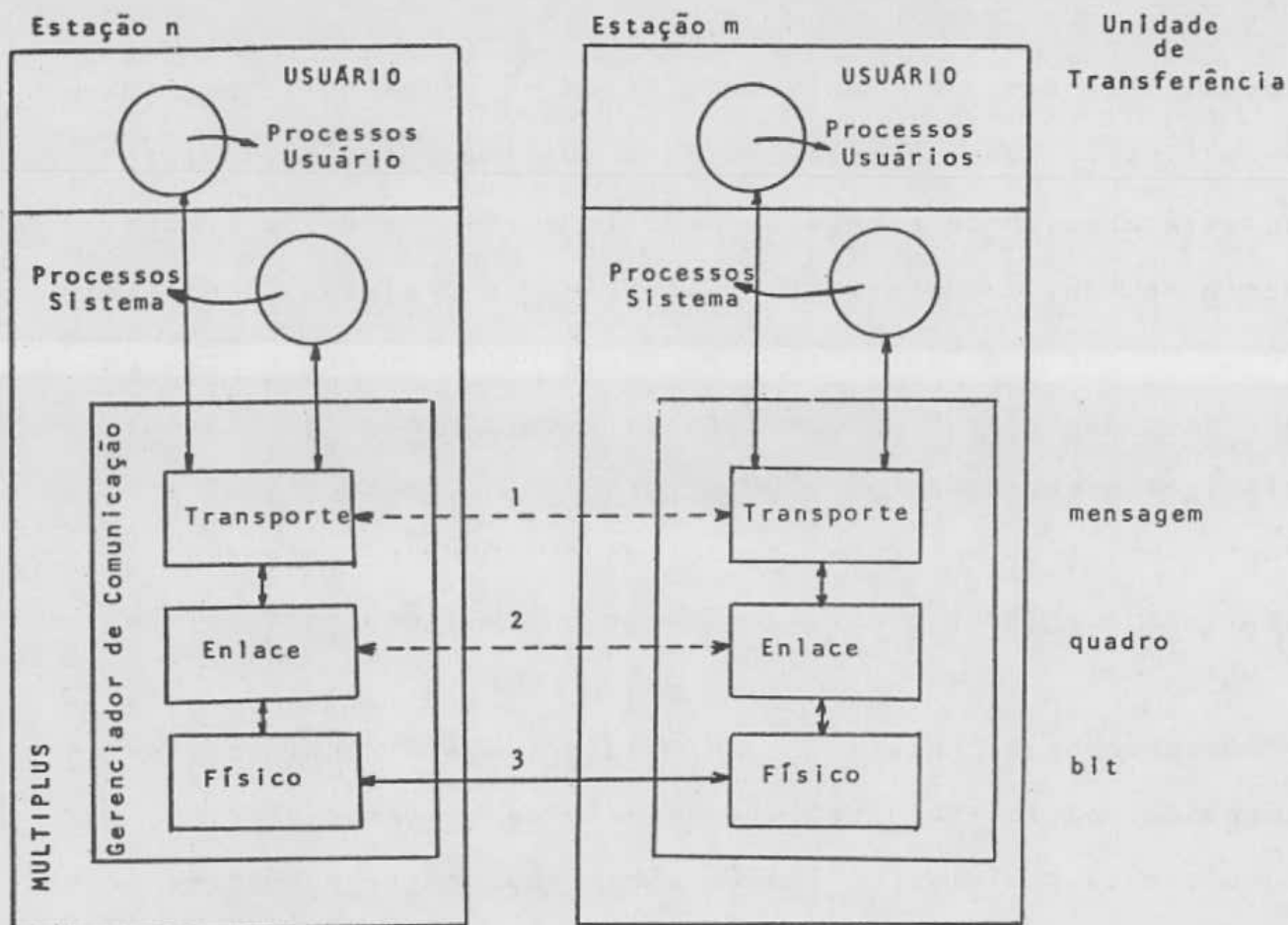
tados, levando-se em conta requisitos de eficiência, agilidade e simplicidade necessários para sua implantação em microcomputadores, onde espaço de memória e velocidade de processamento sem dúvida apresentam restrições ao projeto. Sendo assim foram evitadas as sofisticações que comprometessem o desempenho de cada estação, porém dotando os protocolos das características necessárias para uma troca de informações segura e rápida entre as estações, capacitando o módulo a atender os serviços que lhe são exigidos pelos outros módulos do sistema.

Atendendo aos requisitos de modularidade e seguindo a orientação do modelo ISO para interconexão de sistemas abertos, o módulo está dividido em 3 níveis com seus correspondentes protocolos. Os níveis são : Físico, Enlace e Transporte.

Os níveis são hierarquizados de tal forma, que cada um implementa suas funções a partir dos serviços oferecidos pelo nível imediatamente inferior, assim a medida que caminhamos do nível Físico (transmissão pura dos bits) para os níveis superiores, os serviços oferecidos são cada vez mais sofisticados.

A (Fig. 11) mostra a arquitetura de comunicação da rede MULTIPLUS.

- ↔ - interconexão física através do meio de comunicação
(cabo coaxial ou par trançado)
- ↔↔ - interconexão virtual



- 1 - Protocolo de Transporte
- 2 - Protocolo de Enlace
- 3 - Protocolo Físico

Figura 11 - Arquitetura de Comunicação da Rede MULTIPLUS.

O nível Físico é totalmente implementado em hardware, sendo sua responsabilidade a transmissão através do meio de comunicação das mensagens montadas pelos níveis superiores. Entre suas funções estão :

a) Na Transmissão :

- Obtenção do canal de comunicação, isto é, detecção de portadora e espera aleatória para iniciar transmissão (protocolo CSMA).
- Inserção de bits de redundância durante a transmissão

permitindo detecção de erros de transmissão.

- Serialização e geração dos sinais de transmissão, isto é, a transmissão propriamente dita da mensagem através do meio de comunicação.

b) Na recepção :

- Recolhimento do meio físico das mensagens que neste são transmitidas.
- Detecção de erros de transmissão através do controle dos bits de redundância e eliminação das mensagens com erro.
- reconhecimento do destino da mensagem, avisando o recebimento desta, apenas quando a mesma se destina à estação.

O nível de Enlace é a primeira camada de software de uma estação MULTIPLEX, sua função básica é oferecer ao nível superior (Transporte) um canal lógico de comunicação entre estações independente das características do meio físico e do hardware que implementa o nível físico, garantindo ainda a consistência física das mensagens recebidas, isto é, garantindo a certeza de que uma mensagem recebida está livre de erros introduzidos no meio de comunicação. Os quadros constituem a unidade de troca de informação entre os níveis de enlace, e são constituídos de informações de endereçamento (origem e destino), dos dados fornecidos pelos níveis superiores (mensagem do transpor-

te) e de campos de controle que permitem ao receptor a detecção de erros de transmissão.

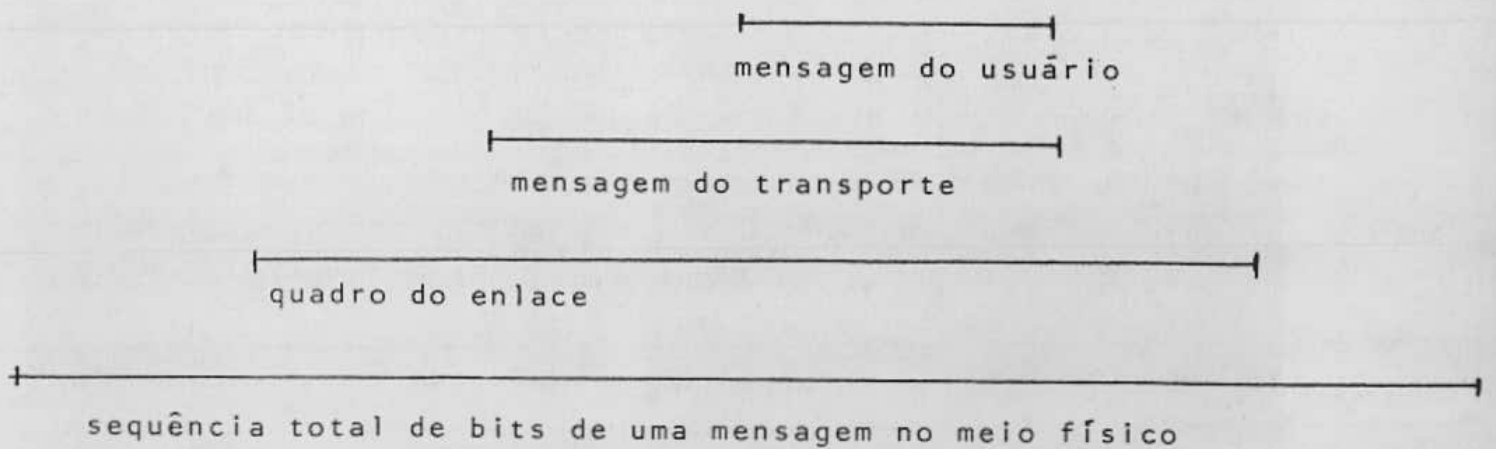
O nível de transporte é a camada de software do gerenciador de comunicações, através do qual os demais módulos do sistema solicitam os serviços de transmissão e recepção de mensagens.

O canal lógico estabelecido entre estações pelo nível de Enlace é estendido pelo nível de Transporte à comunicação entre processos, sendo este nível dotado de mecanismos de temporização e retransmissão que permitem a recuperação de situações de erro, garantindo a comunicação segura entre os processos, isto é, garantindo aos processos que solicitam transmissões de mensagens, a certeza de que estas são entregues íntegras aos seus destinatários. A unidade de transferência de dados do nível de Transporte é a mensagem, que é constituída de um cabeçalho com informações de controle e os dados a transferir entre o processo origem e o destino.

A medida que os dados caminham do nível de Transporte ao Físico, as mensagens originalmente produzida pelos processos, são encapsuladas com adendos de controle de cada nível, resultando finalmente a mensagem que é transmitida através do meio físico de comunicação que possui o formato (Fig. 12).

- 1 - Preambulo Físico
- 2 - Cabeçalho do Enlace
- 3 - Cabeçalho do Transporte
- 4 - Dados a transferir entre origem e destino
- 5 - Postambulo do Enlace
- 6 - Postambulo Físico

1	2	3	4	5	6
sequência de início	endereços (estações)	endereços (processos) e controles	dados	controle de erros	sequência de fim



Como já vimos o nível de transporte é o responsável pelo controle da comunicação fim a fim, isto é, entre os extremos de uma "conversa" que no caso MULTIPUS são os processos ativos nas diferentes estações da rede. Este nível oferece aos processos um serviço de troca de mensagens seguro e independente das características físicas da rede.

A comunicação entre dois processos através deste nível é realizada em duas etapas. Na primeira, denominada conexão, é estabelecida a comunicação entre os processos que irão trocar informações. Nesta fase as estações onde residem estes processos sincronizam-se, isto é, acertam mutuamente suas variáveis de controle, para permitir a detecção e recuperação de erros na fase seguinte. Esta etapa tem também a finalidade de permitir ao processo que origina a "conversa", ao qual chamamos de chamador, a obtenção dos parâmetros de identificação necessários para o envio da primeira mensagem de dados ao outro processo.

Na segunda etapa, denominada de transferência de dados, os processos trocam mensagens, transferindo informações de uma estação a outra, ou seja, a "conversa" propriamente dita.

A seguir passamos a examinar os aspectos de endereçamento, controle de fluxo, controle de erros, sequenciação de mensagens que caracterizam o protocolo de transporte e uma descrição sucinta das rotinas de interface, estrutura interna, tipos de mensagens e procedimentos de comunicação.

Endereçamento

Como as entidades interligadas pelos níveis de transporte são os processos residentes nos processadores integrados à rede, o endereço manipulado pelo nível de transporte é constituído pelo par de identificadores (estação, processo).

Sendo a manipulação de cadeias de caracteres (nomes) como identificadores, muito onerosa para os procedimentos de comunicação, a identificação de um processo por seu nome, que é constituído por uma cadeia de até 8 caracteres, só é utilizada durante a fase de conexão. Nesta fase a referência por nome a um processo é substituída pelo seu número de referência no sistema e por uma senha numérica, a qual denominamos assinatura do processo. Na fase de transferência de dados os processos são sempre identificados por seus números e assinaturas.

É importante salientar que o Nome de um processo é definido na sua programação, sendo número e assinatura características de sua ativação, as quais são determinadas, reconhecidas e manipuladas pelo Alocador de Processos, que constitui uma infra-estrutura sobre a qual o nível de transporte está implementado.

Cada estação na rede MULTIPLUS é identificada por um endereço constituído de um número de 15 bits (0 a 32767). Este endereço é configurado no nível físico de cada estação, sendo este o identificador de estação usado pelos níveis do gerenciador de comunicações.

O nível de transporte permite também, que os processos enviem mensagens destinadas a um processo especial residente em todas as estações de uma rede MULTIPLUS. Estas mensagens denominadas mensagens de difusão são endereçadas à estação 65535 (0FFFFH), que significa nos níveis inferiores: todas as estações. Neste caso o nível de transporte não prevê a conexão e não realiza o controle de erros sobre a mensagem transmitida, ficando esta tarefa ao encargo dos níveis superiores. As mensagens de difusão são sempre entregues pelo nível de transporte de cada estação ao processo de nome # DIFUSÃO.

Resumindo, as formas de endereçamento que aparecem no protocolo do nível de transporte são:

TIPO DE CO MUNICAÇÃO	FASE	ENDEREÇO	
		Estação	Processo
Normal	Conexão	Endereço da esta ção (Ø a 32767)	Nome do Pro- cesso (8 caracteres)
	Transferência de Dados	Endereço da esta ção (Ø a 32767)	Número do Pro- cesso (Ø a 15) Assinatura do Processo (1 a 65535)
Difusão	Transferência de Dados	65535 (ØFFFFH)	Implícito (Pro- cesso de nome ≠ DIFUSÃO)

Controle de Erros

Para garantir a comunicação segura entre os processos, o nível de transporte é dotado de um mecanismo que permite a recuperação das situações de erro, que acarretam a perda de mensagens transmitidas. Este mecanismo é bastante simples e consiste no seguinte:

- O nível de transporte possui relógios do tipo fim de contagem, que podem ser ligados e desligados, permitindo o controle do tempo nas transmissões.
- O nível de transporte de cada estação é dotado de um par de variáveis relacionadas com cada uma das estações com as quais a estação pode se comunicar. Este par de variáveis é chamado de numeradores de transmissão e recepção. O numerador de transmissão contém o número da próxima mensagem a ser transmitida pela estação e o numerador de recepção o número da próxima a ser recebida.
- Para cada mensagem de dados transmitida, é esperada uma mensagem de reconhecimento emitida pela estação destino, confirmando o seu recebimento. Esta mensagem de confirmação é utilizada também para informar ao emissor se o processo destino recebeu a mensagem, ou se esta foi rejeitada por conter

inconsistência ou por encontrar o destino em estado não apto a receber.

- Ao transmitir uma mensagem, a estação emissora dispara um relógio, desligando-o quando o reconhecimento é recebido. Caso o tempo de espera da resposta atinja o limite tolerável, conclui-se que houve perda da mensagem no meio de comunicação. Neste caso o nível de transporte ativa novamente a transmissão da mensagem, repetindo este procedimento até que o reconhecimento seja recebido ou conclua-se que a estação destino não está presente na rede.
- Os numeradores de transmissão e recepção são necessários para permitir à estação receptora saber se a mensagem que está recebendo é uma nova mensagem ainda não processada, ou se esta é uma retransmissão de uma mensagem que já foi processada e que teve o seu reconhecimento perdido.
- Os numeradores de transmissão e recepção de duas estações que trocam mensagens são acertados na fase de conexão entre as mesmas, e atualizados a cada ciclo completo de transmissão de uma mensagem de dados e recebimento de seu respectivo reconhecimento.

Na terminologia dos protocolos, o número de mensagens pendentes em espera de reconhecimento é chamada de janela. No caso do nível de transporte da rede Scopus a janela é de tamanho 1.

Organização da Implementação do Nível de Transporte

Como se pode observar na figura 1 o nível de transporte está internamente subdividido em:

- Submódulo de Temporização, que é composto das rotinas de controle de tempo, necessárias como infra-estrutura para os mecanismos de controle de erros do protocolo.
- Submódulo Processo de Recepção, que é constituído pelo processo responsável pela operação independente da parte receptora do nível de transporte. Este processo ativa o nível de enlace para recepção, recolhe os cabeçalhos das mensagens recebidas, analisando-os e ativando as rotinas do núcleo receptor para tratá-las.

- Submódulo Núcleo Receptor é o submódulo que contém as rotinas que fazem o tratamento específico da recepção de cada tipo de mensagem, executando os procedimentos previstos pelo protocolo na recepção.
- Submódulo Núcleo Transmissor que é o responsável pela execução dos procedimentos definidos no protocolo de transporte referentes à transmissão de mensagens.
- Submódulo Interface do Nível de Transporte composto das rotinas de interface, através das quais o módulo oferece os seus serviços aos demais módulos do sistema.

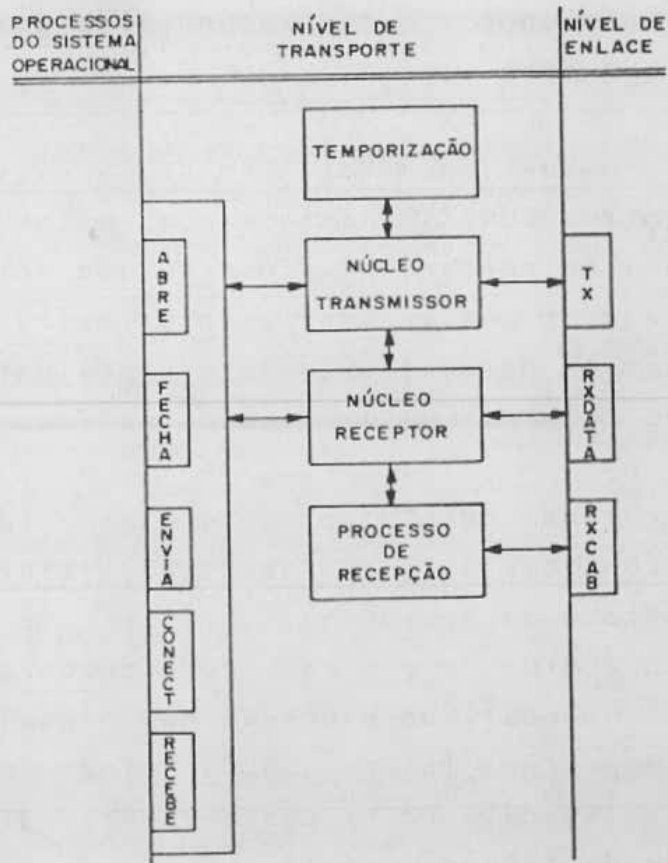


Figura 1 - Organização do Nível de Transporte

Rotinas de Interface

O nível de transporte oferece os seus serviços aos processos, através das seguintes rotinas.

Rotina Abre

Esta rotina tem por função fazer a apresentação do processo que a chama para a rede, isto é, avisar ao nível de transporte que o processo está disposto a ser reconhecido pelos demais processos integrados à rede.

Rotina CONECT (estdst, nomedst, nrodst, assdst, resul)

A função da rotina CONECT é estabelecer a comunicação entre dois processos. Ao chamá-la o processo que inicia a comunicação, isto é, aquele que vai enviar a primeira mensagem de uma conversa, obtém os parâmetros, número e assinatura do outro processo, que são os identificadores usados na fase de transferência de dados.

A chamada da rotina CONECT faz com que as estações tenham suas variáveis de controle de erros acertadas, sincronizando-as para a fase de troca de mensagens.

Ao chamar esta rotina, o processo deve fornecer a estação (estdst) e o nome (nomedst) do processo com o qual deseja se comunicar. Como resposta a rotina CONECT informa o número (nrodst) e a assinatura (assdst) do processo remoto, dizendo se a conexão foi realizada ou não (resul).

Rotina ENVIA (estdst, nrodst, assdst, dados, resul)

Esta é a interface para transmissão de uma mensagem a outro processo integrado à rede.

Ao chamar a rotina ENVIA o processo fornece a identificação do destino (estdst, nrodst e assdst) e os dados que lhe devem ser transferidos. Após a transmissão, a rotina informa o resultado da operação (resul) indicando se o processo destino efetivamente recebeu a mensagem ou houve algum problema que impediu a sua entrega.

É importante salientar que ao receber a confirmação da entrega da mensagem ao destino no retorno da rotina ENVIA, pode-se ter a certeza que este já está processando-a, pois a mensagem só é entregue ao processo destino se ele estiver em estado de recepção.

Rotina RECEBE (estorg, nroorg, assorg, dados, resul)

Ao chamar a rotina RECEBE, o processo é colocado no estado em recepção sendo sua execução suspensa. Nesta condição o processo está apto a receber uma mensagem da rede que lhe seja destinada, sendo nesta ocasião reativado, isto é, novamente colocado em execução para processá-la.

Além dos dados da mensagem recebida, o processo recebe também os parâmetros do processo que a transmitiu, permitindo a montagem e transmissão de mensagens resposta sem a necessidade da conexão.

Rotina FECHA

É através desta rotina que o processo encerra suas atividades de comunicação, retirando-se da rede.

Mensagens do Protocolo de Transporte

A mensagem do nível de transporte é constituída de duas partes: o cabeçalho, que carrega as informações de controle da mensagem, tais como identificação de processos origem e destino, tamanhos, etc.; e a parte de dados propriamente dita que carrega os dados que devem ser transferidos da origem para o destino. As mensagens de controle possuem apenas a parte de cabeçalho pois não carregam dado.

Como o nível de enlace já incorpora ao quadro os endereços de estação origem e destino, o cabeçalho do nível de transporte não contém estas informações.

No protocolo de transporte da rede Scopus 5 tipos de mensagens são definidas:

- Mensagem Tipo Pedido de Conexão (PC)
- Mensagem Tipo Confirmação de Conexão (CC)
- Mensagem Tipo Dados (DD)
- Mensagem Tipo Reconhecimento de dados (ACK)
- Mensagem Tipo Rejeição (NACK)

Na fase de conexão de uma comunicação a estação, onde reside o processo que requisitou a conexão, emite uma mensagem PC que é respondida pela estação consultada através da transmissão de uma mensagem CC ou NACK, caso a conexão seja aceita ou não, respectivamente.

Na fase de transferência de dados a estação que transmite uma mensagem de dados, espera como resposta uma mensagem ACK. emitida pela outra estação confirmando a entrega da mensagem ao processo destino ou uma mensagem NACK indicando que não foi possível a transferência dos dados ao processo identificado na mensagem DD.

As figuras 2 a 6 mostram os formatos dos 5 tipos de mensagens definidas no protocolo de transporte, incluído para maior clareza os campos incorporados pelo nível de enlace.

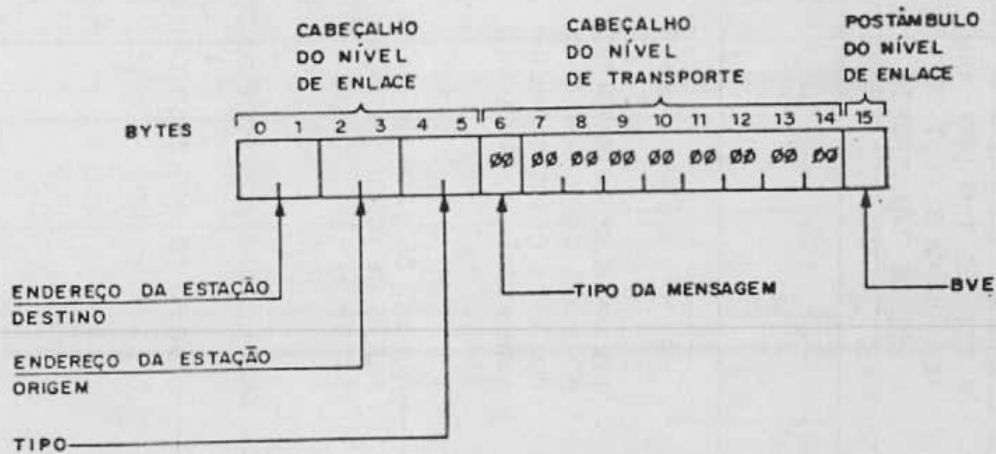


Figura 2 - Formato da Mensagem ACK

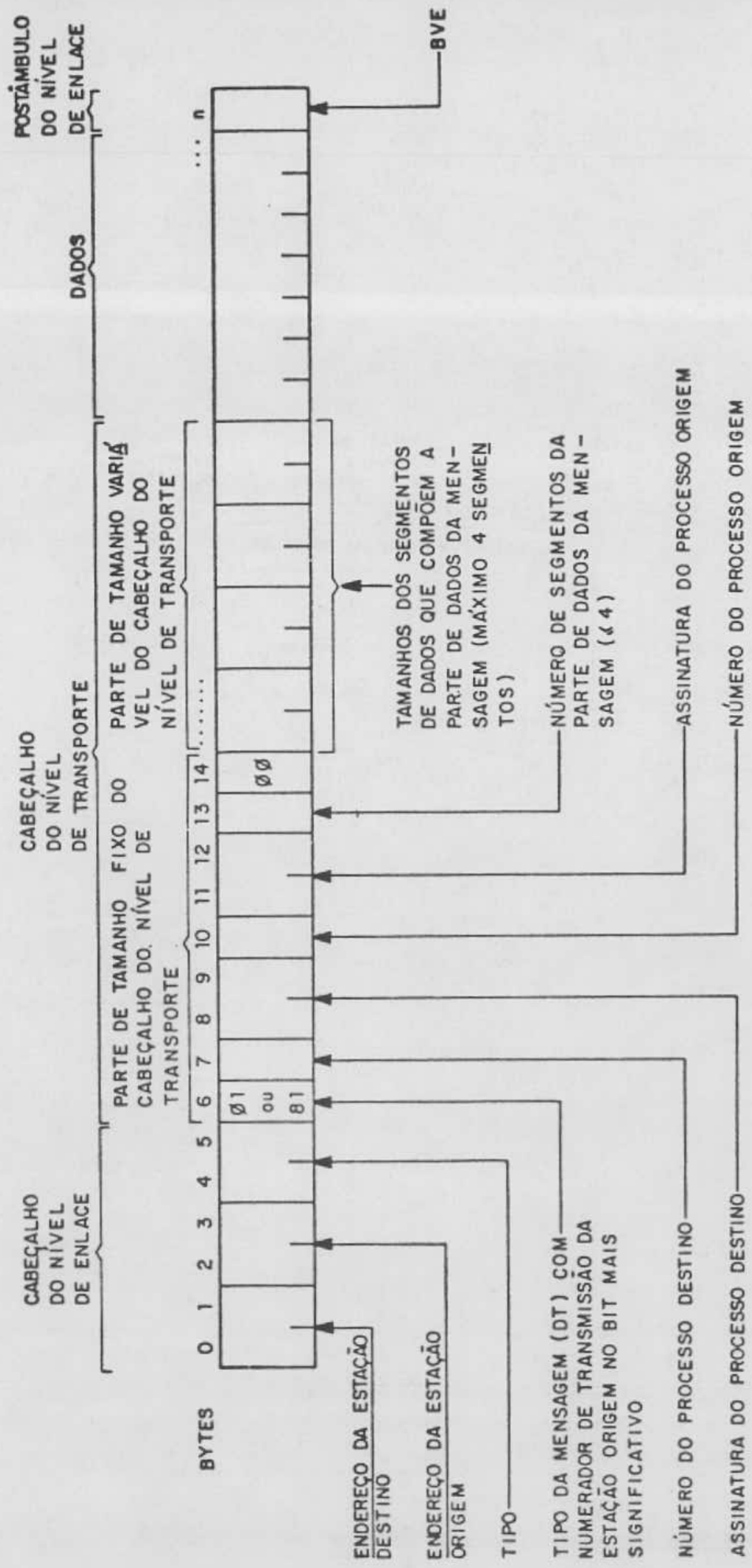


Figura 3 - Formato da Mensagem DT

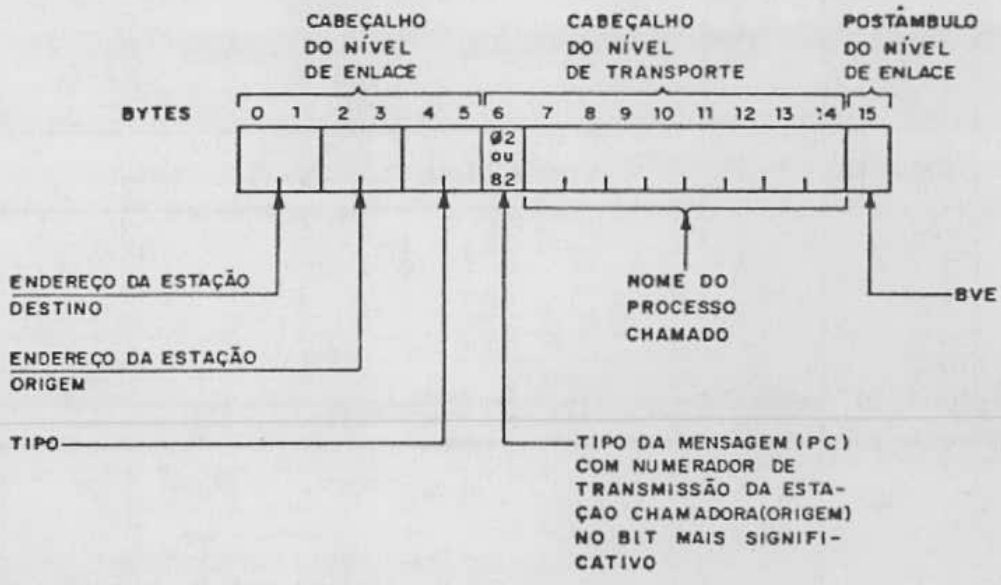


Figura 4 - Formatos da Mensagem PC

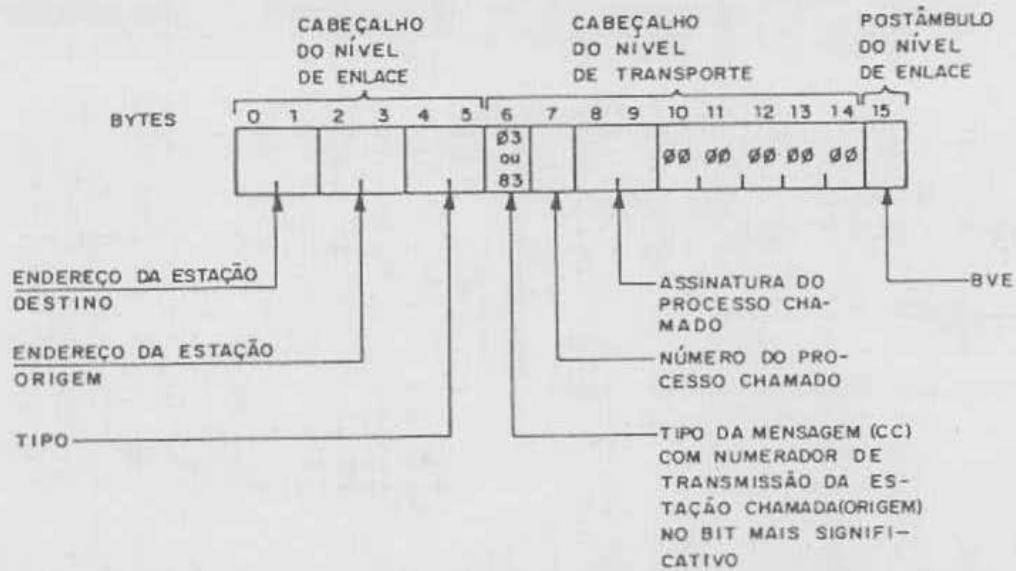


Figura 5 - Formato da Mensagem CC

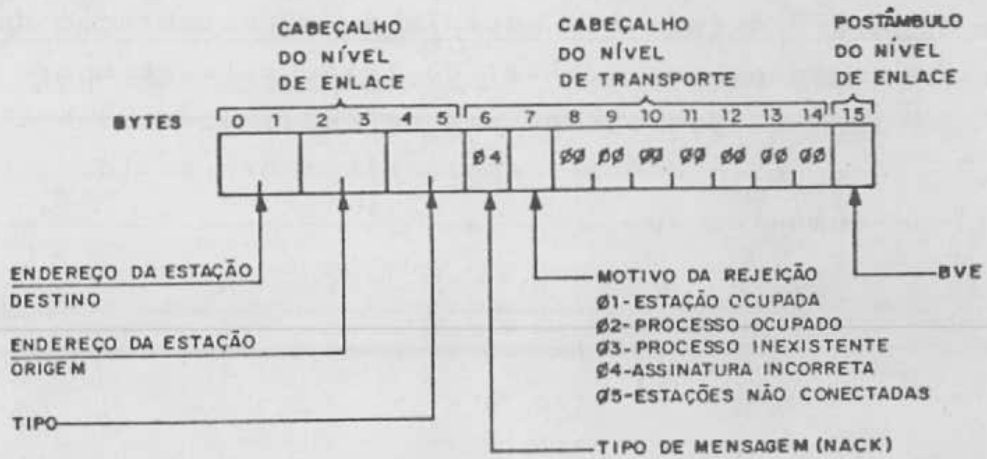
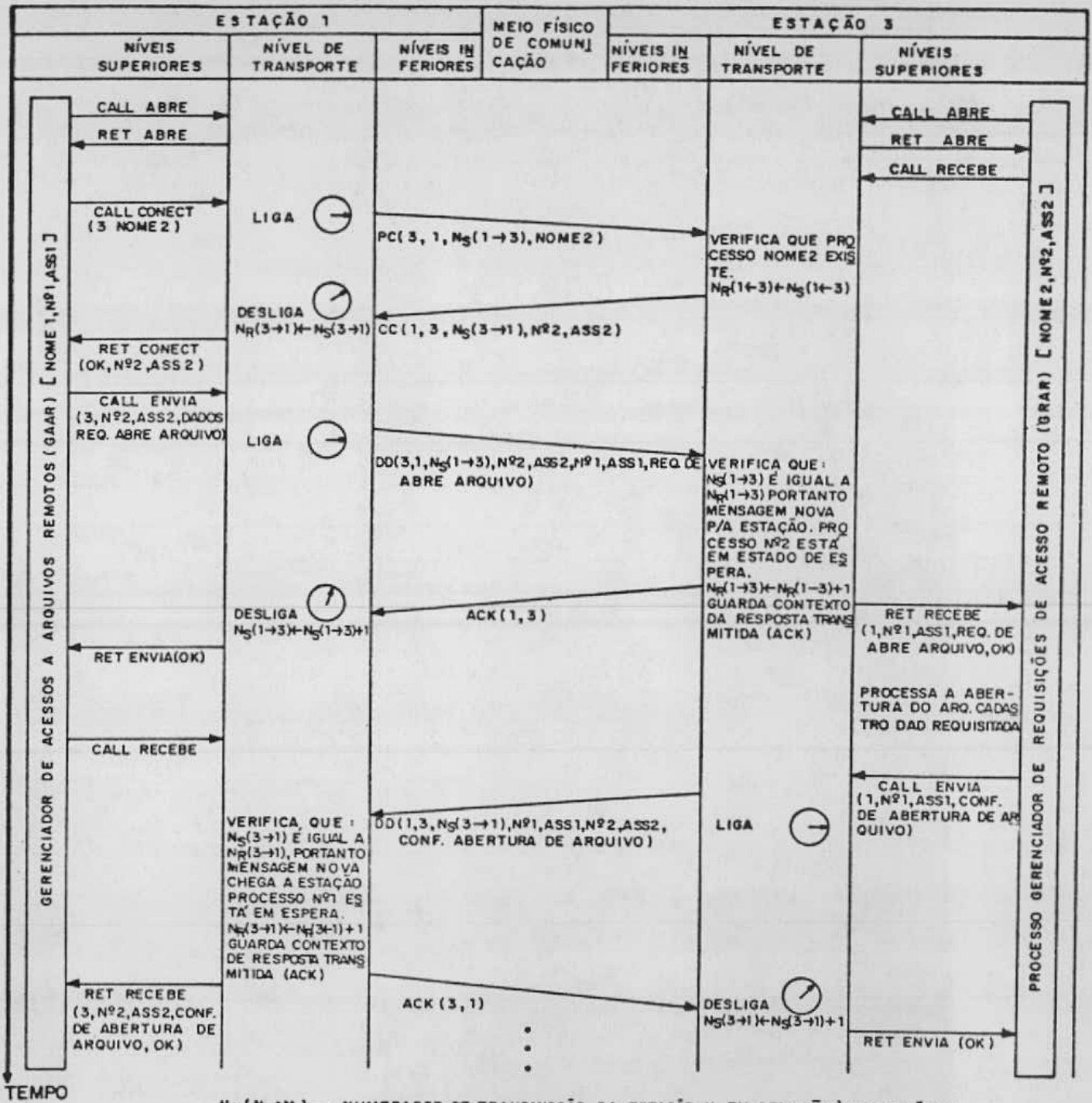


Figura 6 - Formato da Mensagem NACK

Procedimentos de Comunicação

Para maior facilidade de visualização das mensagens trocadas entre dois níveis de transporte que se comunicam, voltamos ao exemplo do programa ATUALIZA, sendo executado na estação 1 e fazendo acessos a um arquivo residente na estação 3; descrevendo graficamente a interação entre as duas estações.

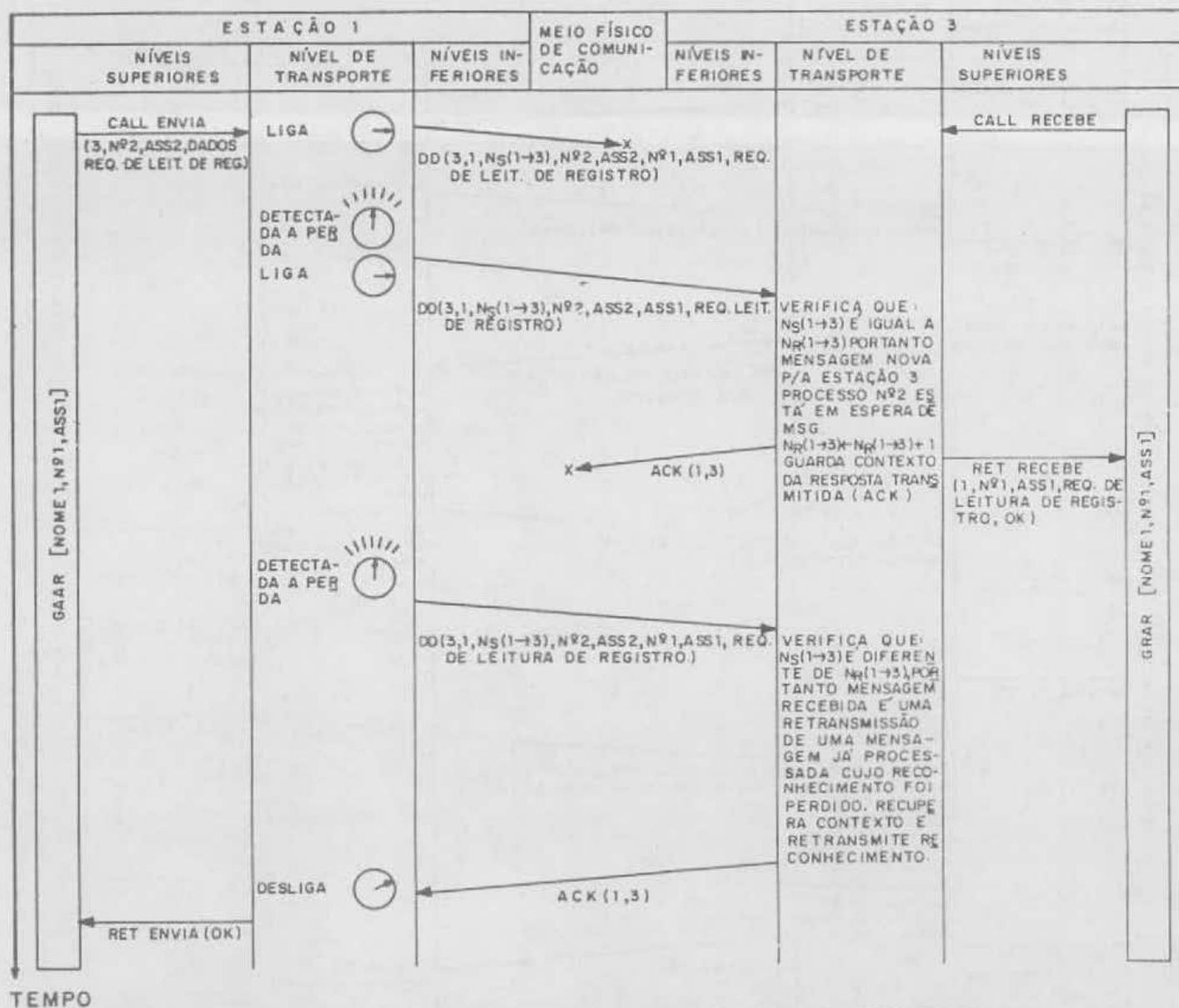
A figura 7 descreve a interação mais comum entre as estações, onde as mensagens transmitidas são recebidas pelo seu destino. Já a figura 8 descreve o mecanismo de recuperação de erros em ação, mostrando como o nível de transporte recupera a perda de uma mensagem de dados e de uma mensagem de reconhecimento, situações que podem ocorrer esporadicamente devido a colisões no canal de comunicação.



N_S(N→M) — NUMERADOR DE TRANSMISSÃO DA ESTAÇÃO N EM RELAÇÃO À ESTAÇÃO M.

N_R(N→M) — NUMERADOR DE RECEPÇÃO DA ESTAÇÃO M EM RELAÇÃO À ESTAÇÃO N.

Figura 7 - Troca de Mensagens em uma Comunicação



$N_S(N \rightarrow M)$ — NUMERADOR DE TRANSMISSÃO DA ESTAÇÃO N EM RELAÇÃO À ESTAÇÃO M

$N_R(N \rightarrow M)$ — NUMERADOR DE RECEPÇÃO DA ESTAÇÃO M EM RELAÇÃO À ESTAÇÃO N.

Figura 8 - Recuperação de Situações de Erro pelo Protocolo de Transporte

O NÍVEL DE ENLACE

O nível de enlace é o primeiro nível de software de uma estação integrada à rede Scopus. Sendo assim, uma de suas funções principais é oferecer ao nível superior (transporte) uma interface lógica para transmissão e recepção de mensagens, independente das características (registradores, procedimentos de programação) do hardware que implementa o nível físico.

Mais detalhadamente as funções do nível de enlace são:

- Na transmissão:

Formatar o quadro a ser transmitido, inserindo-o no buffer de transmissão da interface de rede (nível físico). Colocando no quadro, além das informações que constituem a mensagem do nível superior, os campos de endereçamento (estação origem e destino) e os campos de controle para detecção de erros de transmissão.

Programar e ativar a interface de rede para a transmissão do quadro inserido em seu buffer, atendendo a interrupções e monitorando o estado da interface, de forma a realizar todo o ciclo de ações necessárias para a transmissão da mensagem.

- Na recepção:

Programar e ativar o nível físico para a "escuta" do canal de comunicação, recolhendo deste as mensagens que sejam endereçadas à estação.

Retirar do buffer de recepção da interface de rede, sob o comando do nível de transporte, o quadro recebido, desmontando-o e armazenando-o nas áreas de memória destinadas ao seu recebimento.

Formato dos Quadros

O quadro que constitui a forma final da mensagem transmitida através do meio de comunicação, é montado pelo nível de enlace diretamente no buffer de transmissão da interface de rede da estação transmissora, e tem o formato descrito na figura 9.

Figura 9

O tamanho máximo da parte de dados é 1500 bytes.

O bit mais significativo do campo endereço da estação destino indica se a mensagem é destinada a uma ou a várias estações. Em particular quando o endereço destino é 0FFFFH (65535) o quadro é recolhido por todas as estações da rede (mensagens de difusão).

O Campo BVE (byte de verificação de erro) é calculado de forma que a operação XOR (ou exclusivo) aplicada a todos os bytes do quadro, resulta em valor 0. Isto é suficiente para a detecção de erros de transmissão, já que cada byte do quadro é transmitido e verificado pelo nível físico com um bit de redundância adicional.

Organização do Nível de Enlace

O nível de enlace é constituído de dois submódulos: as Rotinas de Acionamento de Interface de Rede e a Interface do Nível de Enlace, como é mostrado na figura 10.

As Rotinas de Acionamento da Interface de Rede, realizam tarefas elementares associadas à programação, atendimento, inserção e retirada de dados da interface de rede.

Figura 10

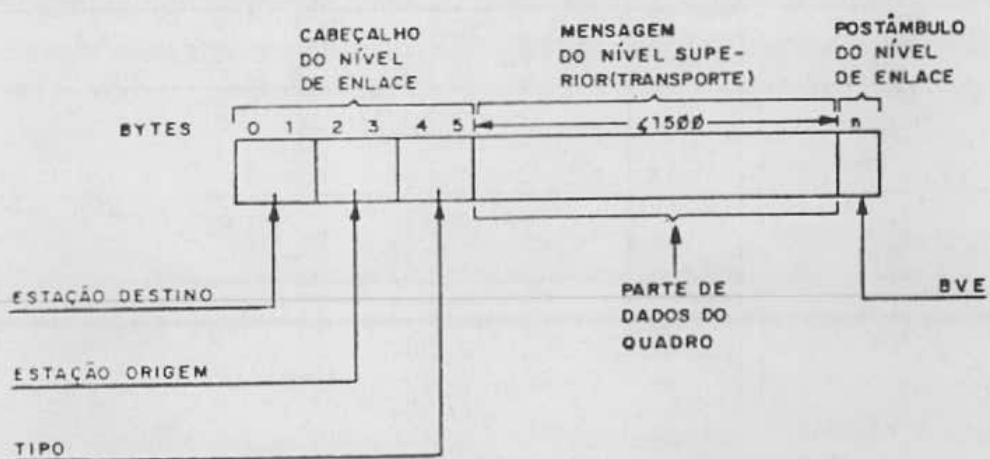


Figura 9 - Formato do quadro do Nível de Enlace

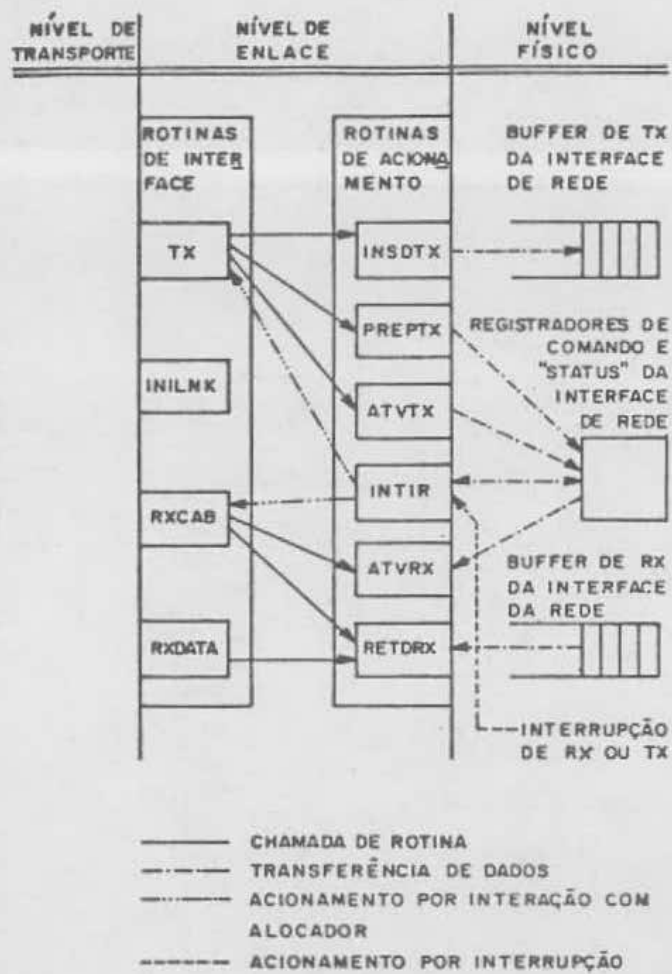


Figura 10 - Organização do Nível de Enlace

O submódulo Interface do Nível de Enlace constitui o corpo principal deste nível, implementando os algoritmos de montagem, transmissão, recepção e desmontagem, chamando as rotinas de acionamento na sequência adequada para transmissão e recepção de um quadro. É através das rotinas deste submódulo que o nível de enlace oferece os seus serviços ao nível de transporte, sendo constituído das seguintes rotinas:

- Rotina TX (estdst, estorg, tipo, dados)
Transmite um quadro.
- Rotina RXCAB (estdst, estorg, tipo)
Espera a recepção de um quadro, recolhendo o seu cabeçalho.
- Rotina RXDATA (dados, nrobytes)
Fornece os próximos bytes da parte de dados de um quadro.

A transmissão de um quadro pelo nível de enlace é feita com uma única chamada da rotina TX, onde é passado como parâmetro o conjunto de áreas que contêm os dados que compõe a mensagem, sendo função deste nível concatená-los na montagem do quadro.

Já a recepção de um quadro é feita em duas etapas através de uma chamada da rotina RXCAB, que bloqueia o processo até que o nível físico receba uma mensagem, seguida de uma sequência de chamadas da rotina RXDATA, para recolher os dados que compõem o quadro nas áreas que lhe são destinadas.

A interface do nível de enlace foi definida desta forma para facilitar a concatenação de dados na formação das mensagens, permitindo a fácil incorporação de cabeçalhos em cada camada de protocolo, sem a necessidade de movimentação de dados na memória, além de permitir a recepção dos dados diretamente nas próprias áreas do usuário.

NÍVEL FÍSICO

O referido nível (figura 11) é composto pelo meio de transmissão que interliga as estações podendo ser uma combinação de cabo coaxial e par trançado, e a interface que recebe/transmite mensagens sob solicitação do processador. As características desse nível são:

- a) velocidade de 3Mbits/segundo;
- b) distância máxima entre duas estações: 1,5 km;
- c) detecção de endereço específico, grupo ou difusão utilizando 16 bits;
- d) detecção de erros de transmissão, descartando ou não a mensagem errada;
- e) memória local para receber/transmitir mensagens de forma eficiente;
- f) interrompe o processador quando acabou de transmitir uma mensagem ou receber uma mensagem correta ou qualquer (programável para diagnóstico),

O funcionamento desse nível é o seguinte. O nível de enlace insere o quadro a ser transmitido na memória da interface de rede e o circuito transmissor é habilitado. O hardware espera, então, que a via esteja livre e coloca nesta a mensagem. Assim que a mensagem for transmitida, a interface sinaliza o processador através de uma interrupção. Por outro lado, a estação destino recebe a mensagem na sua memória verificando a paridade de cada byte e mais a soma (XOR) de todos os bytes e se não houver erro, sinaliza o processador que chegou uma mensagem vãlida, ativando o nível de enlace que se encarrega de retirar da memória da interface a mensagem recebida.

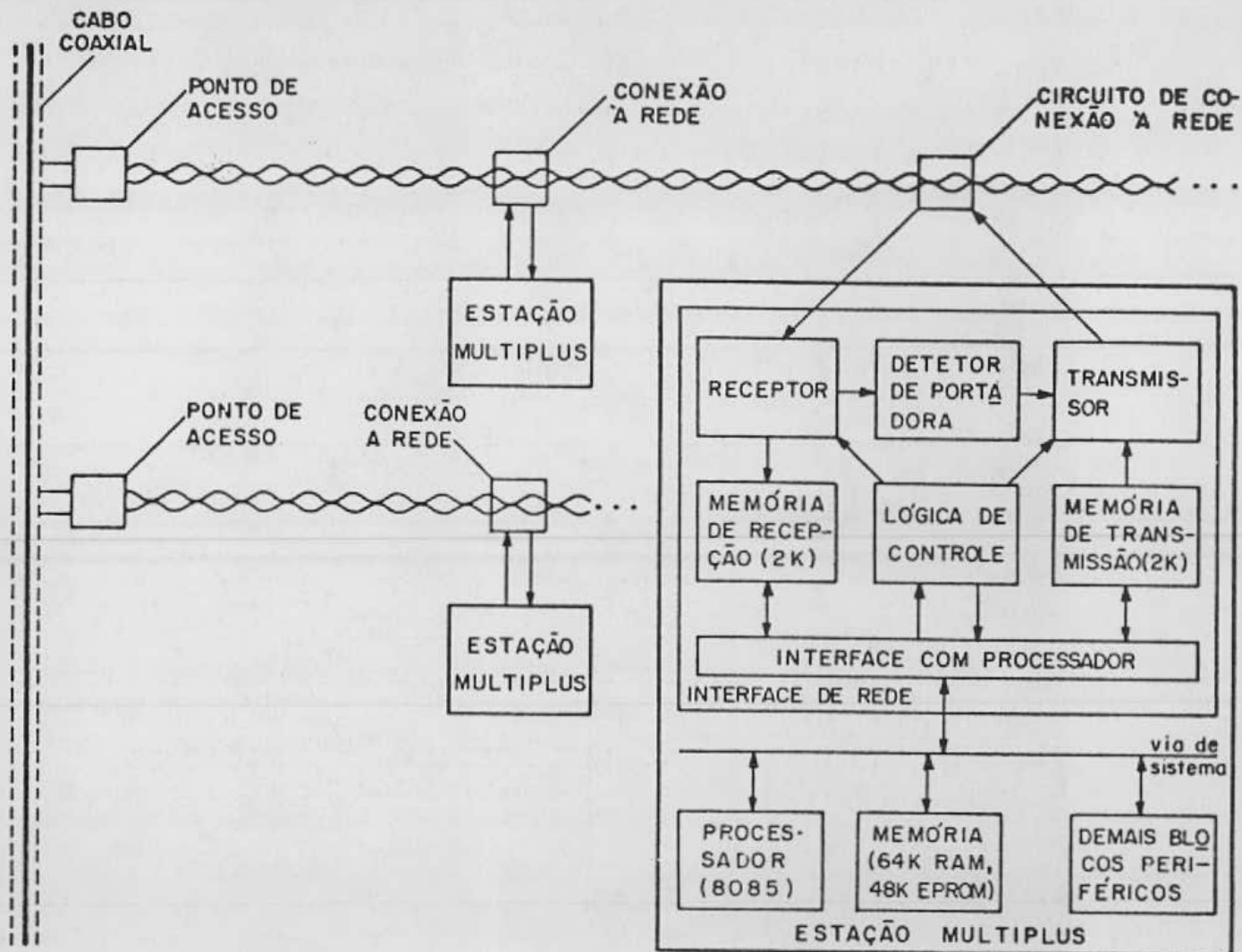


Figura 11 - Arranjo Físico de uma Rede Multiplus

BIBLIOGRAFIA

- 1) TANENBAUM, Andrew S. - "Computer Networks", Prentice-Hall, 1981.
- 2) MENASCÉ, Daniel Alberto e Daniel Schwabe - "Redes de Computadores - Aspectos Técnicos e Operacionais", PUC/RJ - 3a. Escola de Computação, 1982.
- 3) RUGGIERO, Wilson Vicente e Marcel Tachlitsky - "Redes Locais de Computadores para Sistemas de Tempo Real", Boletim Scopus nº 63, Set/1983.
- 4) NONATO, Luiz Viana - "Redes de Interconexão para MEGA-Micro computadores", Boletim Scopus nº 64, Out/1983.
- 5) "Open System Interconnection - Basic Referente Model", Computer Communication Review, ACM volume 11 nº 2, Abr/1981.
- 6) "The Ethernet - A Local Area Network"- Data Link Layer and Physical Layer Specifications, DIGITAL, INTEL, XEROX, versão 1.0, Set/1980.
- 7) SHOCH, John F.; Yogen K. Dalal, David D. Redell and Ronald C. Crane - "Evolution of the Ethernet Local Computer Network", Computer Ago/1982, volume 15, nº 8.