

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE MESTRADO EM INFORMÁTICA

FERRAMENTA PARA SUPORTE A  
GERÊNCIA DE REDES LOCAIS

JORGE HENRIQUE ROGOSKI

*Dis.  
1021.735.5(94)  
R. 1021.735.5(94)*

CAMPINA GRANDE - PB  
NOVEMBRO - 1990

JORGE HENRIQUE ROGOSKI

FERRAMENTA PARA SUPORTE À  
GERÊNCIA DE REDES LOCAIS

Dissertação apresentada ao Curso de MESTRADO  
EM INFORMÁTICA da Universidade Federal da  
Paraíba, em cumprimento às exigências para  
obtenção do Grau de Mestre.

Area de concentração: Ciência da Computação

*Diss. 132 (015)*  
*004*  
*R. 13554*  
Orientador: JOBERTO SÉRGIO BARBOSA MARTINS

CAMPINA GRANDE - PB  
NOVEMBRO - 1990



R735f Rogoski, Jorge Henrique.  
Ferramenta para suporte a gerência de redes locais /  
Jorge Henrique Rogoski. - Campina Grande, 1990.  
109 f.

Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade  
Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia,  
1990.  
"Orientação: Prof. Dr. Joberto Sérgio Barbosa Martins".  
Referências.

1. Redes Locais de Computadores. 2. Servidores -  
Gerência de Redes. 3. Ferramenta - Redes de Computadores.  
4. Computação - Dissertação. I. Martins, Joberto Sérgio  
Barbosa. II. Universidade Federal da Paraíba - Campina  
Grande(PB). III. Título

CDU 004.475.5(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
COPIN - Coordenação de Pós-Graduação em Informática  
AV. AFRÍGIO VELOSO, S/N - BODOCÓNGO  
58.100 - Campina Grande - PB.


PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

JORGE HENRIQUE ROGOSKI


TÍTULO: FERRAMENTA PARA SUPORTE A GERENCIA DE REDES LOCAIS

COMISSAO EXAMINADORA

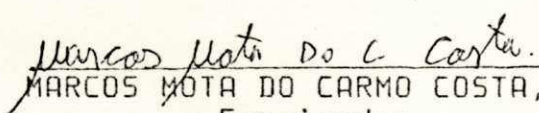
CONCEITO

  
ROBERTO SERGIO B. MARTINS - Dr.  
- Presidente -

APROVADO

  
WILLIAM FERREIRA GIOZZA, Dr.  
- Examinador -

APROVADO

  
MARCOS MOTA DO CARMO COSTA, Ph.D  
- Examinador -

APROVADO

Campina Grande, 23 de novembro de 1990

Aos meus filhos e à minha esposa, que  
tanto estimularam e suavizaram esta realização.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que, relutantes no início, transformaram-se nos grandes financiadores, em todos os aspectos, desta empreitada.

Aos amigos da Embrapa, que prestaram todo apoio durante o desenvolvimento deste trabalho, contribuindo de forma decisiva para viabilizá-lo.

A Amplus Informática S.A., representada pelo engenheiro Carlos, que forneceu informações valiosas para a implementação de parte do logicial.

## RESUMO

É descrito, neste trabalho, o projeto e a implementação de uma ferramenta para auxiliar nas atividades de gerência de redes locais de computadores. O projeto baseou-se nas redes locais do tipo Ethernet, por serem estas as mais utilizadas, atualmente, no contexto nacional. A primeira parte do texto compreende uma breve introdução ao tema Redes de Computadores, seguido de uma discussão sobre aspectos de gerência de redes, aplicáveis tanto às redes de longa distância, quanto às redes locais de computadores. Nesta etapa, abordamos as ferramentas para suporte à gerência de redes disponíveis hoje em dia, destacando os chamados Monitores de Desempenho. Na sequência do trabalho, o enfoque dirige-se ao projeto e à implementação da ferramenta de gerência por nós desenvolvida, relevando a sua especificação funcional, arquitetura e estruturação, e componentes funcionais.

## SUMÁRIO

### RESUMO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REDES DE COMPUTADORES.....	15
2.1 Histórico.....	15
2.2 A Retaguarda de Redes de Computadores.....	17
2.3 Arquitetura de Redes.....	19
2.4 A Arquitetura de Rede da ISO.....	21
2.5 Redes Locais de Computadores.....	26
2.5.1 Definição e Características.....	28
2.5.2 Tecnologias.....	29
2.5.3 Padronização.....	31
2.5.4 A Rede Ethernet.....	34
2.5.5 Soluções Integradas.....	38
3. FERRAMENTAS PARA GERÊNCIA DE REDES.....	41
3.1 Gerência de Redes: Conceitos.....	41
3.2 Ferramentas para Apoio à Gerência de Redes.....	45
3.3 A Arquitetura de Gerenciamento OSI.....	47
3.4 Monitores de Desempenho: Considerações Preliminares..	53
3.5 Monitores de Desempenho: Estruturação e Questões de Projeto.....	55
3.5.1 Escolha das Variáveis a serem Observadas.....	56
3.5.2 Localização das Medições.....	58
3.5.3 Metodologia da Medição.....	59



4.UMA FERRAMENTA PARA SUPORTE A GERENCIA DE REDES.....	61
4.1 Especificação Funcional.....	61
4.1.1 Monitorando a Sub-rede.....	62
4.1.2 O Destino dos Dados.....	65
4.1.3 Controlando a Carga de Tráfego.....	66
4.1.4 Uma Janela no Canal.....	68
4.1.5 Manipulando Parâmetros.....	72
4.2 Implementação da Ferramenta de Gerência.....	73
4.2.1 O Ambiente de Implementação.....	74
4.2.1.1 A Interface de Rede.....	75
4.2.1.2 O Coprocessador de Rede.....	76
4.2.2 Arquitetura e Estruturação do Pacote.....	82
4.2.3 Componentes Funcionais.....	83
4.2.3.1 Interface do Usuário.....	84
4.2.3.2 O Coletor de Dados.....	84
4.2.3.3 As Rotinas de Análise de Dados.....	86
4.2.3.4 O Gerador de Tráfego Artificial.....	89
4.2.3.5 O Módulo de Acompanhamento de Tráfego.....	91
4.2.3.6 O Controlador da Configuração do Coprocessador.....	91
4.2.3.7 A Interface com o Adaptador de Rede.....	93
4.2.4 Testes de Sistemas de Caráter Distribuído.....	95
5.CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
APÊNDICE.....	104

## FIGURAS

2.1	Arquitetura em camadas do RM-OSI/ISO.....	23
2.2	Estruturação dos padrões IEEE 802.....	33
2.3	Formato do quadro Ethernet.....	37
3.1	O Modelo Organizacional do Ambiente de Gerência.....	49
3.2	Estrutura de Gerenciamento OSI.....	51
4.1	Esquemas de coleta de dados: (a) coleta de dados em condições normais de operação; (b) coleta de dados sob condições de tráfego controladas; (c) coleta de dados com geração de tráfego aleatório pela estação de monitoração; (d) coleta de dados com geração de tráfego aleatório pela estação de monitoração e condições de tráfego controladas.....	69
4.2	Formato do Bloco de Dados para transmissão.....	80
4.3	Formato de quadros recebidos, na memória.....	81
4.4	Estrutura da Ferramenta de Gerência de Redes.....	82

## 1. INTRODUÇÃO

Todo equipamento de que dispomos, seja no ambiente de trabalho ou não, é checado quanto ao seu funcionamento (e outros itens) - consciente ou inconscientemente - diariamente. Vários aspectos são avaliados, a maioria deles, decorrente do grau de satisfação advindo do seu uso. Em se tratando de Redes Locais de Computadores, o discurso pode ser mantido. Alguém, com perfil adequado, deve ser responsável por acompanhar e controlar o seu funcionamento, após a instalação.

Apresentaremos um exemplo palpável, objetivando clarificar nossas idéias acerca de para que e, especialmente, como gerenciar redes locais. Considerem uma rede local recém instalada, talvez com 10 ou 20 estações, de portes variados. Assumamos que a taxa de transferência de dados se situe ao redor de 5 Mbps (megabites por segundo), e que os principais sistemas que farão uso da mesma encontram-se, ainda, em desenvolvimento. No início, provavelmente menos de 2% da capacidade do meio de transmissão serão utilizados, e o usuário do editor de textos, instalado no servidor de arquivos, sentir-se-á como se estivesse usando o disco rígido da sua própria estação.

Como o tempo é inexorável, breve os sistemas estarão em produção, e os usuários, devidamente treinados, deleitando-se com a prodigalidade da nova facilidade (já não tão nova, neste momento). Em seis a doze meses, aproximadamente 20% da banda passante disponível, possivelmente, estarão sendo consumidos. O desbravador, que se beneficiava com a prontidão do editor de textos, simplesmente atingiu o ápice, pois conta com um sistema de

editoração eletrônica, usa a planilha, a agenda e o correio eletrônicos, e recupera informações na base de dados da matriz. Lembremo-nos, todavia, de que ele não está mais sozinho.

Concorrem pelos recursos da rede local, avidamente, mais de três dezenas de usuários. Os tempos de execução das aplicações aumentam paripasso com os tempos de resposta aos usuários. Nada assustador, por enquanto. Não obstante, com o crescimento vegetativo do consumo de recursos, consequência da absorção da nova cultura, a paz não tardará em sucumbir. Em pouco tempo, a insatisfação alastrar-se-á por todos os escalões de usuários.

O descontentamento gerará reclamações, muitas vezes acompanhadas de sugestões:

- .porque não se compra mais um servidor?
- .talvez sejam as placas, que tal trocá-las por novas?
- .acho que o sistema "coisaital" deveria ser executado somente à noite;
- .já se pensou em comprar outra rede local, para aliviar a sobrecarga nesta, dividindo-se os usuários entre as duas?
- .essas tais placas aceleradoras não se aplicam ao nosso caso?
- .se vocês expandirem a RAM do servidor, aumentando o tamanho dos "buffers", o problema será sanado;
- .cabo coaxial já é obsoleto, coloquem fibra óptica em seu lugar;
- .etc...

Este elenco de propostas enseja um novo problema: qual a melhor solução? A resposta a esta última questão, não por

coincidência, localiza-se exatamente na identificação precisa do nosso problema original: porque ocorreu tal degradação no comportamento da rede local?

As questões formuladas no parágrafo anterior, implicam um tipo de atividade imprescindível para o bom funcionamento de qualquer sistema computacional, qual seja, a gerência. Esta é responsável pela manutenção do ambiente operacional de uma rede local (ou outrem), exercendo, entre outras, atividades como monitoração e acompanhamento do desempenho e de características de tráfego, e planejamento do crescimento e de alterações.

Prosseguindo, se a nossa rede local estiver sendo alvo da atenção de um bom técnico, não precisaremos mais nos preocupar com a causa nem com a (almejada) solução do(s) problema(s) que a afligem. O mesmo, saberá quem comunica-se com quem, qual o volume de tráfego usual, a taxa de crescimento da demanda pelos recursos, e assim por diante. Por conseguinte, essas informações fornecerão subsídios para a identificação dos gargalos e de eventuais falhas, possibilitando a escolha da melhor solução.

Perfeito, mas como o gerente consegue obter todas esses dados sobre a rede local? Responderemos a esta pergunta dentre em pouco. Antes, permitam-me expandir o exemplo iniciado acima, destacando outra faceta escabrosa, inerente a qualquer ambiente operacional de redes.

Trata-se das falhas, induzidas por inexperiência, engano, ou descuido. Elas podem ocorrer em implementações, tanto de logicial ("software") básico quanto de aplicação, em placas e outros tipos de recursos físicos ("hardware"), na determinação dos parâmetros operacionais dos diversos componentes e camadas, na elaboração de arquivos de comandos e de configuração (".bat",

"config." e similares), e etc.

A consequência perniciosa dos erros decorre de duas características fundamentais e presentes em todo projeto de redes locais: a capacidade de recuperação automática, e as altas taxas de transmissão. A primeira, embora idealizada objetivando superar certas anomalias efêmeras e absolutamente previsíveis em um contexto de redes, eventualmente, traz-nos problemas. A segunda, permitindo, com sua rapidez, a insistência e obsessão da primeira em completar uma operação, por vezes envolvendo a transmissão de uma mesma mensagem múltiplas vezes, torna-a imperceptível (ao menos no início).

Exemplificando, imaginem que um de nossos colegas, quando foi configurar as vias de acesso aos diretórios do servidor de arquivos, deixou o diretório contendo os utilitários no final (isso significa que todos os arquivos lá armazenados, só serão localizados após todos os diretórios precedentes terem sido pesquisados). A consequência, será a geração de tráfego extra sempre que um usuário (em estação diferente da estação do servidor) tentar executar qualquer utilitário. Temos como corolário que a sobrecarga de tráfego inútil no meio de transmissão será razoável, visto que, em geral, utilitários são bastante usados.

Enquanto a carga no canal permanecer leve, o excesso de mensagens não se fará presente. A comunicação (transmissão de uma mensagem, seguida de sua respectiva resposta) de, digamos, dez mensagens se realiza em um piscar de olhos, não representando diferença significativa para um usuário comum. Entretanto, uma vez que a utilização do canal atinja níveis razoáveis, aquelas mesmas dez comunicações traduzir-se-ão em vários segundos a mais. Intoleráveis, simplesmente. E lembremos que os prejuízos se

estenderão a todos os usuários e sistemas, pois todos estão concorrendo pelos mesmos recursos.

Mas, como o gerente poderia descobrir e corrigir erros dessa natureza? Pois bem, partiremos agora para as questões alusivas aos métodos normalmente empregados para desvendar os problemas a que toda rede local está sujeita.

Em verdade, talvez estejamos exagerando citando possíveis métodos (no plural). Um técnico muito experimentado, mesmo desprovido de dados precisos sobre o ambiente operacional de uma rede local com comportamento anormal, provavelmente seria capaz de tomar decisões acertadas acerca dos problemas existentes. Porém, de forma razoavelmente empírica e, conseqüentemente, correndo riscos de insucesso.

Felizmente, não fomos abandonados de mãos abanando em meio àquela floresta de cabos, placas, conectores, protocolos, parâmetros, discos, sistemas operacionais de rede, aplicativos distribuídos, configurações confusas, equipamentos diversos para infinitas finalidades, etc. Existem ferramentas específicas para nos fornecer todas as informações necessárias.

Essas ferramentas baseiam-se em medições de um bom número de variáveis caracterizadoras da rede local. São coletadas informações sobre desempenho, padrões de tráfego e comportamento. Igualmente, elas permitem a realização de testes e avaliações da rede local em condições normais e controladas, proveitosos para diversos fins, como diagnóstico e isolamento de falhas, obtenção de subsídios para planejamento futuro, compreensão do comportamento, realização de ajustes ("tunning"), entre outros.

Seria realmente impensável considerar o exercício

efetivo de gerência de redes, sem o auxílio de uma ferramenta projetada para essa finalidade. Uma observação muito oportuna, escutada alhures, considera que qualquer problema pode ser solucionado, desde que se possa vê-lo. Acredito que esta frase resume boa parte do que foi dito até este momento. Complementarmente, devemos nos render diante da importância de se ter informações minuciosas sobre uma rede local, que permitam mantê-la operando com eficiência total hoje e no futuro.

Nos capítulos seguintes, destacaremos aspectos sobre redes de computadores (cap. 2), concentrando-nos principalmente em padrões já adotados ou em vias de adoção, com especial atenção para redes locais do tipo CSMA/CD. Em seguida, abordaremos o tema gerência de redes com maior profundidade (cap. 3), visitando os estudos que estão sendo realizados em busca de padronização, e esmiuçando detalhes interessantes dos chamados monitores de desempenho. Passaremos, então, a descrever a especificação funcional e a implementação de uma ferramenta de apoio à gerência de redes (cap. 4), executada nos últimos meses. Por fim, relataremos dados sobre o logicial resultante, bem como sobre experimentações efetuadas, e teceremos algumas considerações finais.



## 2. REDES DE COMPUTADORES

Há várias definições para redes de computadores, e talvez, dentre as que conheço, a melhor seja a de Tanenbaum [1], conceituando uma como sendo "um conjunto de computadores autônomos interconectados" (trad. livre). É importante absorver o sentido preciso de autonomia. Neste contexto, autonomia significa inexistência de relação de dependência operacional entre os computadores na rede, ou seja, a falha ou ausência de um deles, não impedirá o funcionamento dos demais. Naturalmente, certos serviços oferecidos quando todos os equipamentos executam em sua plenitude, podem, eventualmente, ser prejudicados.

### 2.1 Histórico

A origem das redes de computadores deu-se com a necessidade de distribuir, geograficamente, poder de processamento [1 e 2]. Organizações privadas, órgãos governamentais, e outros tipos de entidades, cujas atividades atingem áreas geograficamente dispersas, começaram a sentir dificuldades com o emprego do enfoque centralizado para as atividades de processamento de dados. Em outras palavras, o que se buscava era o compartilhamento de recursos, entendidos como informações, programas ("software") e equipamentos ("hardware").

Inicialmente, surgiram as redes de teleprocessamento (TP), nas quais a capacidade de processamento permanece centralizada, em um centro de processamento de dados (CPD),

geralmente localizado na matriz da empresa. Nas redes de TP, terminais, tanto de entrada quanto de saída, são colocados próximos dos usuários, que conseguem consultar, inserir e extrair dados das bases centralizadas, com relativa facilidade.

Entretanto, o crescimento na quantidade de dados utilizados e gerados pelas empresas e suas filiais, os problemas de desempenho decorrentes do excesso de terminais dependurados em uma única unidade central de processamento (UCP), e o barateamento dos equipamentos com capacidade de operação independente (micros e minicomputadores), transformaram as redes de TP em solução parcial ao problema da regionalização do atendimento, nas organizações.

A esses, acrescente-se os baixos custos do processamento eletrônico de dados, quando comparados aos custos das telecomunicações. É mais econômico processar os dados localmente e transmitir apenas os resultados, do que transmitir um grande volume de dados para processamento centralizado. Não devemos nos esquecer, igualmente, da saudável redundância inerente às redes de computadores. Podemos traduzí-la por confiabilidade, devido à existência de fontes alternativas de recursos: se, eventualmente, um dos computadores da rede falhar, outros podem substituí-lo.

Paulatinamente, os terminais "burros" foram sendo substituídos, parte por computadores pequenos, parte por computadores médios ou grandes, propiciando a criação de CPDs descentralizados. Os problemas de desempenho deram lugar às dificuldades relacionadas à interconexão da matriz com os centros regionais, para recuperação das informações globais da empresa. A interligação dos vários CPDs da organização viria a concretizar as chamadas redes de computadores.

## 2.2 A Retaguarda de Redes de Computadores

Mas... "nem tudo são flores"! Redes de computadores pressupõem a existência de programas e equipamentos específicos para executar a funcionalidade necessária à sua operação. São requeridos, por exemplo, dispositivos de transmissão de dados, que realizem a codificação e a decodificação das mensagens transmitidas e recebidas, de acordo com as exigências impostas pelo meio de transmissão em uso.

Funções como controle de fluxo, detecção e recuperação de erros, encaminhamento de mensagens para o endereço correto, escolha do melhor caminho entre dois nós da rede, fragmentação de mensagens (em mensagens menores) e remontagem (restauração da mensagem original), sincronização de atividades interdependentes, entre outras, devem ser executadas de forma transparente para os usuários que estão utilizando os serviços da rede.

Os principais fabricantes de computadores oferecem soluções completas, isto é, dispositivos e programas, para a construção de redes de computadores. Neste sentido, a IBM desenvolveu a arquitetura SNA, a Unisys a BNA, a Xerox a XNA, a DEC a DNA, e assim por diante. Contudo, essas arquiteturas não conversam entre si, sendo, por este motivo, chamadas proprietárias, ou fechadas. Soluções proprietárias são muito restritivas, a partir do momento em que sujeitam os seus usuários a um único fabricante.

Para se formar uma rede com computadores de fabricantes diversos, tendo por base suas arquiteturas proprietárias, são necessários novos programas, escritos especificamente para compatibilizar as diferentes arquiteturas. O desenvolvimento desses

programas é uma tarefa delicada e custosa, por envolver detalhes de implementação que, normalmente, os fabricantes não divulgam de bom grado. Ademais, devemos considerar o grau de complexidade inerente a tais programas, além da necessidade de revisões constantes, impostas pelos frequentes lançamentos de novas versões das arquiteturas.

Uma alternativa importante às arquiteturas fechadas, foi a padronização, pela "International Standards Organization" (ISO), do seu Modelo de Referência para Interconexão de Sistemas Abertos ("Reference Model for Open Systems Interconnection" - RM-OSI) [2, 3 e 4]. O RM-OSI foi desenvolvido com o intuito de permitir a criação de redes de computadores heterogêneos, livrando os usuários da "obrigatoriedade" de se aterem a determinado fornecedor, e representando uma solução comum a um problema global (com efeito, estes são os objetivos de qualquer padrão). Muitos fabricantes estão incorporando o RM-OSI às suas arquiteturas, endossando, desta forma, o esforço de padronização.

É de bom alvitre esclarecermos o significado da expressão Sistemas Abertos, no contexto do RM-OSI. A ISO define Sistema como um ou mais computadores, seus programas, periféricos, processos, terminais, meios de transferência de informação, etc, combinados de forma autônoma, e com capacidade de processar e/ou transferir informações. A mesma ISO, considera Sistema Aberto qualquer Sistema que adote os padrões do modelo OSI. Ou seja, todo sistema empregando as regras para comunicação de dados padronizadas no RM-OSI, pode trocar informações com outros sistemas que sigam as mesmas convenções, e, por conseguinte, são chamados sistemas abertos (uns aos outros).

Antes de prosseguirmos com a discussão acerca do modelo OSI da ISO, cabe um breve parêntese, abordando as comentadas arquiteturas de rede. Não pretendemos destacar nenhuma em particular. Interessa-nos, por hora, conhecer como elas são organizadas.

### 2.3 Arquitetura de Redes

Desde o final da década de 70, é utilizada, consensualmente, a estruturação de protocolos de comunicação em camadas (ou níveis) no projeto de redes de computadores. Cada arquitetura de rede, respeitado o bom senso, pode ser definida com um número aleatório de camadas de protocolos, dependendo dos critérios observados no decorrer do seu projeto. A idéia consiste em dividir em camadas estanques, as funções necessárias à interligação de sistemas. A racionalidade em torno deste enfoque, é reduzir ao máximo a complexidade de projetos de redes (é mais complexo projetar e implementar um programa de 50.000 linhas, do que envolver-se com cinco de 10.000 linhas).

O objetivo de cada camada de protocolos é fornecer serviços à camada imediatamente superior, poupando a última de detalhes sobre como o serviço foi realizado. Entre duas camadas adjacentes, deve existir uma interface definindo os serviços fornecidos pela camada inferior, e as primitivas de acesso aos mesmos. A interface deve ser especificada com extremo cuidado, de forma clara e limpa, minimizando o volume de informações fluindo entre as camadas. Para isso, as funções atribuídas às camadas devem ser altamente concisas. Deste modo, uma camada pode ser

substituída por novas versões, sem traumas, desde que a nova implementação preserve a mesma interface. Com isso, as atividades de manutenção tornam-se muito facilitadas.

Considere, agora, dois sistemas interligados, executando implementações da mesma arquitetura de rede. As camadas (da arquitetura) correspondentes, nos dois sistemas, conversam entre si, para levar a cabo algum serviço solicitado pela camada superior. Essa conversação obedece a uma série de regras e convenções, chamadas de protocolo. Para cada camada, existe um protocolo específico. Por esta razão, usa-se a expressão protocolo da camada n, para evidenciar o protocolo em discussão.

Cada camada conversa somente com camadas correspondentes em outros sistemas. Porém, a conversação não se dá diretamente, exceto na camada mais inferior. Esta, é a responsável pela transferência efetiva de bites. Nas demais, a comunicação é virtual, ou seja, a camada pensa estar dialogando diretamente com seu par, quando, na realidade, o caminho da mensagem é outro. A mensagem, através de uma requisição de serviço, é passada à camada inferior, que, por seu turno, irá repassá-la à sua camada inferior usando do mesmo artifício, e assim sucessivamente. Quando a primeira camada (de baixo) for atingida, a mensagem será enviada de fato. Ao ser recebida pela primeira camada, no outro sistema, a mensagem subirá de camada em camada até chegar na camada correspondente à da originadora da mensagem. Em tempo, as camadas correspondentes, situadas em sistemas diferentes, são conhecidas como processos pares.

Ao conjunto de camadas e protocolos damos o nome de arquitetura de rede. Detalhes de implementação, incluindo as interfaces, não fazem parte da arquitetura. A sua especificação

deve conter informações suficientes, no sentido de possibilitar o desenvolvimento dos programas correspondentes às camadas. É irrelevante o "modus operandi" das implementações. Importa, apenas, que elas obedeçam, rigorosamente, os respectivos protocolos. Para isso, a especificação da arquitetura deve ser impecável.

Voltemos, novamente, nossa atenção para o RM-OSI/ISO.

## 2.4 A Arquitetura de Rede da ISO

O modelo OSI foi dividido em sete camadas. A quantidade de camadas, naturalmente, não foi escolhida cabalisticamente. A ISO baseou-se em treze princípios para chegar a esse número [4]. Os mais destacados são os seguintes, segundo Tanenbaum [1] e Moura [4], do qual tomamos emprestado o texto, por não dispormos dos documentos originais:

- .criar uma camada onde exista um nível diferente de abstração;
- .demarcar duas camadas adjacentes num ponto onde a descrição de serviços possa ser pequena e que minimize as interações entre as camadas;
- .não criar um número muito grande de camadas a fim de não dificultar o trabalho de descrição e integração dessas camadas;
- .criar camadas separadas para tratar de funções que sejam claramente diferentes no processo executado ou com a tecnologia usada;

.funções similares devem ser agrupadas numa mesma camada;

.criar camadas com funções facilmente localizadas, a fim de que a camada possa ser totalmente reprojeta e seus protocolos alterados substancialmente, para se aproveitar de novos avanços tecnológicos, sem alterar os serviços e interfaces com as camadas adjacentes;

.possibilitar mudanças de funções ou protocolos dentro de uma camada, sem afetar outras camadas.

As camadas, a partir da mais inferior, chamam-se Camada Física, Camada de Enlace de Dados, Camada de Rede, Camada de Transporte, Camada de Sessão, Camada de Apresentação, e Camada de Aplicação (fig. 2.1). Abordaremos, brevemente, aspectos gerais das mesmas.

A Camada Física define os procedimentos e as características mecânicas, elétricas e funcionais para ativar, manter e desativar conexões físicas para transmissão de bites entre entidades da camada de enlace de dados. Sua unidade de dados consiste em um bite, se a transmissão for serial, e em  $n$  bites, caso a transmissão seja paralela. As funções por ela desempenhada são ativação e desativação de conexão física entre duas entidades da camada superior, transmissão de bites (síncrona/assincronamente), e controle de erros.

A Camada de Enlace de Dados tem como responsabilidade, tornar aparentemente livre de erros, um meio de transmissão qualquer, detectando e, quando possível, corrigindo falhas ocorridas na camada física. Sua unidade de dados é chamada de quadro.



O tamanho de um quadro, medido em octetos, depende da taxa de erros na conexão física, e da capacidade de detecção de erros da implementação. Um quadro é delimitado por caracteres ou padrões de bites especiais, colocados no início e no fim do mesmo. As funções desta camada são ativação e desativação de conexões de enlace de dados entre entidades da camada de rede, manutenção do sequenciamento das unidades de dados transferidas através da conexão de enlace de dados, controle do fluxo de unidades de dados na interface com a camada superior, e controle de erros.

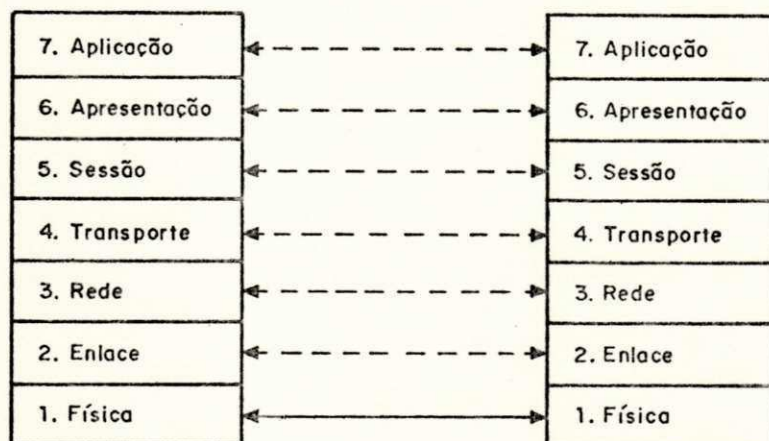


Fig. 2.1 - Arquitetura em camadas do RM-OSI/ISO.

A Camada de Rede providencia os meios para estabelecer, manter e encerrar conexões de rede entre sistemas contendo entidades de aplicação comunicantes. Possibilita, igualmente, a troca de dados entre um par de entidades da camada de transporte, através de uma conexão de rede, provendo, portanto conexões ponto a ponto. Entidades da camada superior identificam-se mutuamente através de endereços de rede, fornecidos por esta camada. A unidade de dados da camada de rede é denominada pacote, em alusão às redes de comutação de pacotes. As funções executadas pela

camada de rede são comutação e estabelecimento de rota, encaminhamento de pacotes (escolha da melhor rota entre dois endereços de rede, através de sistemas intermediários), multiplexação de várias conexões de rede em uma conexão de enlace de dados, segmentação e agrupamento de mensagens, detecção e recuperação de erros, sequenciamento de mensagens, e controle de fluxo na interface com a camada superior.

A Camada de Transporte é a primeira a ter significação fim-a-fim, ou seja, os protocolos da mesma governam a comunicação entre duas entidades de transporte terminais, a emissora e a receptora. A presença desta camada é justificada pela importância de se manter as entidades usuárias isoladas de detalhes sobre a transferência de dados confiável e econômica fim-a-fim, através do estabelecimento, manutenção e desativação de conexões de transporte. Os usuários da camada de transporte, são identificados exclusivamente por endereços de transporte. O termo mensagem designa as unidades de dados a partir desta camada. As principais funções executadas pela mesma são mapeamento do endereço de transporte no endereço de rede, multiplexação de conexões de transporte em conexões de rede, controle de sequência, controle de fluxo fim-a-fim, controle de erros, monitoração da qualidade de serviço, fragmentação e remontagem de mensagens, além de funções de supervisão.

A Camada de Sessão provê os meios para o estabelecimento de uma conexão de sessão entre duas entidades da camada de apresentação, através da qual, o diálogo entre as duas entidades usuárias é organizado e sincronizado, e a troca de informações é gerenciada. Estas são as atividades nobres executadas pela camada de sessão, cujos serviços são os primeiros a incluir dedicação

especial às aplicações. Esta camada possui duas categorias de serviços, quais sejam, Serviços de Administração de Sessão, relacionados com a união e desunião de duas entidades usuárias, e Serviços de Diálogo de Sessão, voltados para o controle de trocas de dados, e delimitação e sincronização de operações sobre dados.

O propósito da Camada de Apresentação é fornecer à camada de aplicação serviços de estruturação e formatação de dados que preservem o conteúdo das informações, e que resolvam diferenças sintáticas entre sistemas comunicantes. Os serviços oferecidos à camada superior são a transformação de dados (p.ex. conversão de códigos), a formatação de dados, e a seleção de sintaxe (comum ou de transferência). Esta camada é fundamental para minimizar os custos derivados de interfaces diferentes, e de eventuais necessidades de alterações ou adaptações de aplicações.

Na Camada de Aplicação localiza-se a origem de tudo. Todas as camadas subjacentes existem para servir a esta, que, por seu turno, presta serviços aos usuários finais, propriamente ditos. A camada de aplicação constitui-se no ponto de acesso ao ambiente OSI, através do qual flui toda troca de informações entre usuários comunicantes. A última camada do modelo OSI é composta, a rigor, por duas sub-camadas, a saber, a camada de serviços comuns (CASE - "Common Application Service Elements") e a camada de serviços específicos (SASE - "Specific Application Service Elements"). A primeira fornece os serviços utilizados por vários aplicativos, ao passo que a segunda, atende a tipos gerais de aplicação, como terminal virtual, transferência de arquivos, correio eletrônico, entre outros. É oportuno considerarmos uma terceira sub-camada na camada de aplicação. Trata-se da funcionalidade específica do usuário, obviamente fora do escopo da padronização, porém, responsabilizando-se pela distribuição do

processamento da informação, no âmbito da aplicação do usuário. Conseqüentemente, esta sub-camada executa de maneira intimamente atrelada à camada de aplicação.

Após esta rápida introdução aos conceitos gerais de redes de computadores, incluindo o RM-OSI/ISO, voltemos nossos olhos para as Redes Locais de Computadores, domínio no qual o trabalho descrito neste texto foi desenvolvido.

## 2.5 Redes Locais de Computadores

As Redes Locais de Computadores [3 e 5] vieram à tona, praticamente na mesma onda que fez emergir, de forma avassaladora, a microcomputação. Foram os avanços na tecnologia da microeletrônica, responsáveis pela grande redução nos custos dos equipamentos, que propiciaram a disseminação acelerada dos computadores de pequeno porte. A história não poderia ter se desenrolado de maneira diversa.

A queda dos preços tornou viável a instalação de computadores departamentais, para fazer face aos problemas relativamente específicos de cada setor. Conseqüentemente, as configurações geralmente eram diferentes, e programas e dispositivos sofisticados e caros existiam apenas onde a sua presença fosse plenamente justificável. Entretanto, outros usuários manifestavam interesse em utilizar esses recursos escassos. Da mesma forma, dados gerados por um departamento, e fundamentais para outro(s), tinham acesso dificultado, por uma série de razões.

Neste cenário, não é difícil divisar a premência da

necessidade por redes locais de computadores, existente à época. Em vez de deslocar-se do segundo para o oitavo andar para imprimir um relatório através da impressora do departamento de marketing, bastaria ao assistente entrar com um comando a partir do seu próprio teclado. Igualmente, o técnico do departamento de recursos humanos poderia realizar suas análises estatísticas com o avançado programa adquirido pelo departamento de métodos quantitativos, como se o mesmo fosse seu. Por fim, listagens e arquivos duplicados seriam substituídos pela consulta direta aos arquivos criados em outros departamentos.

O compartilhamento de equipamentos, programas e dados, provavelmente se constitui na mola mestra do surgimento das redes de computadores. Não obstante, outras razões têm endossado o uso de redes locais. O seu alto grau de modularidade, permitindo a obtenção da relação custo/desempenho ideal, através da expansão gradual do sistema, conforme o crescimento da demanda pelos recursos. Maior confiabilidade, devido à redundância, comentada anteriormente, fácil reconfigurabilidade do sistema, e possibilidade de confinamento de falhas. Maior controle por parte do usuário final, que pode, neste contexto, participar ativamente das etapas compreendendo seu serviço, antes circunscritas a um GPD envolvido por uma redoma intransponível. E assim por diante.

A despeito de redes locais preservarem semelhanças conceituais com redes de longa distância, e, em menor grau, com sistemas multiprocessadores, elas demandam uma tecnologia própria, capaz de oferecer soluções adequadas a problemas específicos, inexistentes nas outras duas áreas. Apresentaremos a seguir as características, estruturas e componentes básicos das redes locais de computadores.

### 2.5.1 Definição e Características

O grau de acoplamento de um sistema, é utilizado para caracterizar sistemas de processamento distribuído. Assim, enquanto nos sistemas fracamente acoplados, os processadores/computadores encontram-se dispersos em uma possivelmente extensa área geográfica, nos sistemas fortemente acoplados, os processadores guardam pequena distância entre si, sendo, geralmente, componentes de um mesmo equipamento. Redes locais situam-se a meio termo entre os sistemas fracamente acoplados (redes de longa distância), e os sistemas fortemente acoplados (sistemas multiprocessadores). Podemos concluir, então, que as redes locais de computadores estão inseridas no universo dos sistemas medianamente acoplados.

A área de abrangência geográfica de uma rede local é limitada a alguns poucos quilômetros. Dado seu caráter privado, elas têm alcance suficiente para interligar computadores e outros recursos em uma indústria, empresa, ou campus universitário, por exemplo. O seu custo (baixo) e o seu desempenho (alto) típicos, também são considerados limitadores da sua extensão.

Para ser viável, economicamente, o custo de uma rede local deve ser reduzido, quando comparado ao custo dos recursos a serem interconectados. Isto significa que o seu conjunto de componentes deve ser barato, e uma das maneiras de se obter esse barateamento, é diminuindo o comprimento do meio de transmissão. Da mesma forma, os suportes de transmissão usuais não comportam altas taxas de transferência em grandes extensões, impondo, igualmente, limites no alcance de uma rede local. (Justiça seja feita às fibras ópticas, capazes de acomodar altíssimas taxas, em distâncias razoavelmente grandes, apesar do seu custo ainda

macular a sua estupenda capacidade...)

Além de custos reduzidos e de grande capacidade de transmissão de dados, as redes locais podem ser caracterizadas segundo outros aspectos. Baixas taxas de erros, proporcionadas por projetos dirigidos especificamente para transmissão de dados (ao menos inicialmente), em comparação às redes de longa distância, que se "beneficiam" da infraestrutura para transmissão de voz já existente.

Pequenos retardos de transmissão, principalmente devido às curtas distâncias aliadas às grandes velocidades de transferência, também distinguem as redes locais. E, por fim, alto índice de conectividade entre as estações, proporcionada pelas reduzidas dimensões e pelas formas de interconexão física dos recursos.

### 2.5.2 Tecnologias

Nesta seção, apresentaremos, brevemente, questões pertinentes ao desenvolvimento de redes locais de computadores, tais como, topologias, meios de transmissão, e mecanismos de controle de acesso ao meio [3 e 5].

Topologia de redes de computadores, diz respeito à maneira de interconexão física dos equipamentos a elas conectados. As principais topologias empregadas na construção de redes locais são barramento, estrela e anel. Na topologia em barramento, todos os nós da rede são ligados ao mesmo meio de transmissão (ligação multiponto). Cada nó possui uma identificação única na rede, permitindo o endereçamento de mensagens a estações especí-

ficas. Há uma série de técnicas, centralizadas e distribuídas, para arbitrar o compartilhamento do canal de transmissão pelas estações. Os mecanismos distribuídos são os que mais nos interessam, destacando-se a técnica CSMA ("Carrier Sense Multiple Access") e suas derivadas, e a técnica de passagem de ficha.

Na topologia em anel, cada nó é conectado a seus dois vizinhos (ligação ponto a ponto), para que um "círculo" seja obtido. As mensagens podem fluir nos dois sentidos, não obstante anéis unidirecionais sejam mais comuns. Dados transmitidos devem passar por todos os nós entre o originador e o destinatário (e, eventualmente, continuar seu caminho pelo anel, voltando ao originador), exigindo que cada nó seja também um repetidor. As mensagens transmitidas podem ser retiradas do anel tanto pelo nó transmissor quanto pelo receptor. Os métodos de controle de acesso ao meio mais conhecidos são a passagem de ficha, quadro vazio, e inserção de registrador.

Em uma rede local com topologia em estrela, todos os nós estão conectados a um nó de comunicação central (conexões ponto a ponto), através do qual todo o tráfego deve passar. Geralmente, redes em estrela empregam o método de comutação de mensagens, no qual o nó central recebe uma mensagem completa, armazena-a, e reenvia-a ao nó destinatário (conhecido como "armazena e reenvia"). A técnica de comutação de circuitos também pode ser utilizada, notadamente através dos equipamentos de PABX ("Private Automated Branch Exchange").

O meio de transmissão constitui-se no suporte físico através do qual os sinais (elétricos ou eletromagnéticos) representando os dados trafegam. Os diversos meios de transmissão diferem na capacidade de transmissão (banda passante), caracte-



rísticas de atenuação (diminuição progressiva da potência do sinal com o aumento da distância), imunidade a ruídos, tipos de ligação possíveis (ponto a ponto/multiponto), aplicações viáveis, e custo associado aos componentes necessários e à instalação. Exemplos de suportes físicos são par trançado, cabo coaxial, fibra óptica, e espaço livre (ondas eletromagnéticas).

### 2.5.3 Padronização

O IEEE (Instituto dos Engenheiros Elétricos e Eletrônicos, dos EUA), através da sua Sociedade de Computação, principiou, no início da década de 80, o projeto 802 com vistas à obtenção de uma arquitetura padrão orientada ao desenvolvimento de redes locais. O projeto procurou ater-se o máximo possível ao modelo de referência OSI/ISO, objetivando tornar a arquitetura um padrão internacional.

O projeto IEEE 802 definiu uma família de padrões para redes locais de computadores (fig. 2.2), adaptando as camadas física e de enlace de dados do RM-OSI/ISO. Devido às particularidades das redes locais, as duas camadas mencionadas acima, tiveram seus serviços e funções distribuídos em três camadas (a rigor, uma camada e duas subcamadas), quais sejam, a Camada Física (PHY), que é a primeira de baixo para cima, a Subcamada de Controle de Acesso ao Meio (MAC), e a Subcamada de Controle de Enlace Lógico (LLC), localizada acima da subcamada MAC e imediatamente abaixo da camada de rede do modelo OSI.

A subcamada de controle de acesso ao meio (MAC) define os serviços que disciplinarão o compartilhamento de um meio de transmissão comum entre as estações da rede local (sistemas

usuários). A unidade de dados da camada MAC é chamada de quadros MAC. A subcamada de controle de enlace lógico (LLC) encarrega-se de fornecer às camadas superiores os serviços necessários para a transferência confiável de dados pela rede. A camada MAC procura isolar a camada LLC de detalhes da camada PHY.

O padrão IEEE 802.2 (adotado pela ISO sob o código 8802/2), descreve a camada de controle de enlace lógico. Esta camada corresponde à camada de enlace de dados do RM-OSI/ISO, e é comum às várias camadas MAC existentes no âmbito do padrão IEEE 802. Esta camada oferece dois tipos de serviço à camada de rede. O primeiro deles é um serviço orientado a datagrama (i.e., sem conexão, sem reconhecimento, e sem controle de sequenciamento), de baixa complexidade, e muito bem adaptado às redes locais, devido às reduzidas taxas de erros. Os protocolos das camadas superiores devem preocupar-se com recuperação de erros, sequenciamento, etc.

O segundo tipo de serviço é orientado a conexão, e muito se assemelha aos padrões internacionais para a camada de enlace de dados. Nos mesmos moldes, implementa funções para estabelecimento e encerramento de conexão entre entidades da camada de rede, garantia de entrega das unidades de dados, controle de sequenciamento, recuperação de erros, etc. Além desses dois tipos de serviço, o IEEE 802.2 distingue duas classes para a camada LLC. Na classe I, devem ser implementados apenas serviços orientados a datagrama, ao passo que a classe II inclui os dois tipos de serviço.

O IEEE 802 definiu uma série de padrões para as camadas MAC e PHY, e continua trabalhando em outros. Note que essas duas camadas são muito interdependentes, pois os mecanismos de contro-

le de acesso ao meio dependem da tecnologia adotada na camada subjacente. Por esta razão, ambas são especificadas no mesmo padrão, em cada caso.

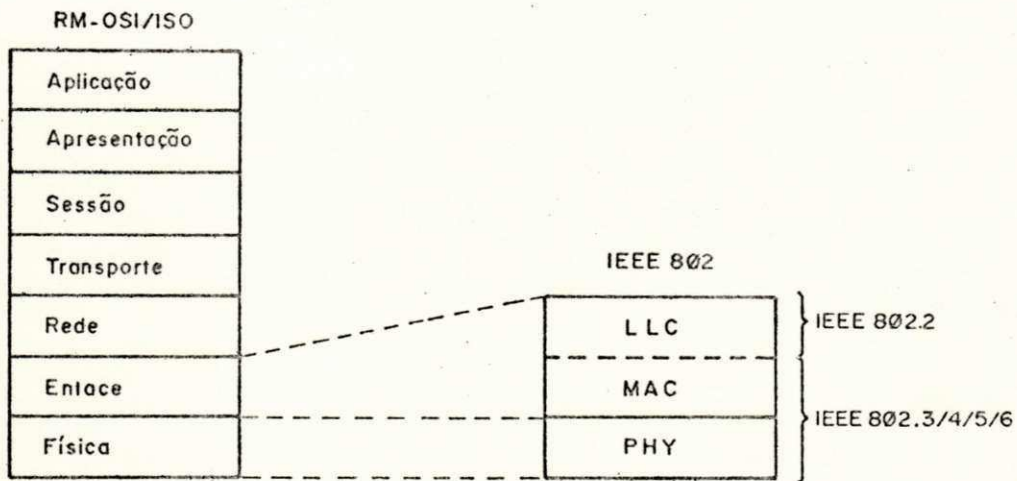


Fig. 2.2 - Estruturação dos padrões IEEE 802.

O padrão IEEE 802.3 (ISO 8802/3), derivado da rede local Ethernet [6, 7 e 3], contém as especificações para redes em barramento com controle de acesso CSMA/CD ("Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection"). Na próxima seção, estudaremos com maiores detalhes as redes tipo Ethernet.

O IEEE 802.4 (ISO 8802/4) define os padrões para redes locais com topologia em barramento e método de acesso controlado por ficha. Redes locais em anel com controle de acesso ao meio através de ficha são especificadas no padrão IEEE 802.5 (ISO 8802/5). O padrão IEEE 802.6 especifica uma sub-rede para áreas metropolitanas.

#### 2.5.4 A Rede Ethernet

A primeira implementação de uma rede Ethernet foi realizada no Xerox Palo Alto Research Center [6], com o objetivo de prover um sistema de comunicação barato para interconectar computadores pessoais e outras facilidades de processamento de dados, em uma área compreendendo um conjunto de edifícios. O projeto tornou-se um sucesso, e em pouco tempo as redes tipo Ethernet passaram a ser largamente utilizadas. Muitos fabricantes desenvolveram redes locais compatíveis com a rede Ethernet.

No final dos anos 70, a Xerox, a Digital Equipment Corporation e a Intel reuniram-se para revisar o projeto da Ethernet experimental [7]. Como resultado do trabalho conjunto dessas empresas, foi produzida uma nova versão do projeto da rede Ethernet, conhecido como Especificação da Ethernet. Desta feita, o intuito era tornar compatíveis as diversas implementações da Ethernet. Com efeito, a rede Ethernet transformou-se em um padrão "de facto", e foi empregada pelo IEEE na especificação do padrão IEEE 802.3.

A rede Ethernet, grosso modo, é um sistema de comunicação de acesso múltiplo, funcionando na modalidade de comutação de pacotes, cujo objetivo é transmitir dados digitalizados. O canal de comunicação é passivo, e os quadros a serem transmitidos são difundidos pelo mesmo. Os quadros carregam um endereço que identifica a estação destinatária do mesmo. As estações, ao reconhecerem seu endereço em um quadro trafegando pelo canal, recuperam-no para processamento futuro. O método de controle de acesso ao meio de transmissão é distribuído pelas estações, e emprega um esquema estatístico para decidir contenções.

O protocolo de acesso utilizado na rede Ethernet é chamado CSMA/CD, que traduziremos livremente, por Acesso Múltiplo com Detecção de Portadora e de Colisão. Uma estação desejando transmitir dados procurará "adquirir" o canal, checando se o mesmo está ocupado (detecção de portadora), e deferindo sua transmissão até que o mesmo fique livre (sem portadora). Assim que o canal ficar livre, a estação começará a transmitir seu quadro, e continuará "ouvindo" o canal para detectar a ocorrência de colisão, que acontecerá se outra(s) estação(ões) tentar(em) transmitir ao mesmo tempo.

Caso não seja detectada colisão durante o "intervalo de colisão" (período durante o qual é possível a ocorrência de colisão), a estação terá adquirido o canal e continuará a sua transmissão. Porém, se for detectada a ocorrência de colisão, a estação interromperá imediatamente a sua transmissão. Para assegurar a detecção da colisão por todas as estações envolvidas, a mesma desencadeará o procedimento de reforço de colisão ("collision consensus enforcement procedure"), que "sujará" o canal durante um breve lapso de tempo. Por fim, a estação escalonará o seu pacote para posterior retransmissão.

Para minimizar a possibilidade de repetidas colisões, o algoritmo de retirada exponencial truncada ("truncated binary exponential back-off algorithm") é usado para calcular o retardo antes da tentativa de retransmissão. O intervalo de retransmissão é função do número de colisões: será pequeno no início, e dobrará a cada retirada, até um certo limite superior. Após 15 colisões consecutivas, o transmissor desistirá e informará o erro à estação.

Os principais componentes de uma rede Ethernet são estações usuárias, controladores, um sistema de transmissão, e as interfaces entre cada controlador e o sistema de transmissão.

As estações usuárias do sistema de comunicação, geralmente computadores, interagem com o controlador através de uma interface específica. Cada estação deve ter um controlador, responsável pela execução das funções e algoritmos necessários à gerência do acesso ao canal, incluindo codificação e decodificação dos dados, serialização de bites, reconhecimento de endereços, detecção de erros, e controle de acesso ao canal (CSMA/CD). O controlador é dividido, logicamente, em duas seções: o transmissor e o receptor.

O sistema de transmissão é composto por todos os dispositivos usados para estabelecer o suporte físico de comunicação entre os controladores. Isso inclui um meio de transmissão que permita difusão (e outros componentes necessários, como conectores, terminadores, "taps", etc), transceptores, e, opcionalmente, repetidores (utilizados para estender o alcance da rede, regenerando o sinal entre segmentos; emprega dois transceptores). O último componente previsto, é a interface entre o controlador e o sistema de transmissão, que deve providenciar vias para o fluxo de dados, entre o controlador e o sistema de transmissão, nos dois sentidos.

O formato do quadro Ethernet (fig. 2.3) prevê os seguintes campos, nesta sequência: preâmbulo, com 64 bites (para obtenção de sincronismo pelo receptor), endereço de destino (48 bites), endereço da fonte (48 bites), campo de tipo (16 bites), campo de dados (de 46 a 1526 octetos), e o CRC ("cyclic redundancy check"; 32 bites). A rede Ethernet adota um esquema de

endereçamento plano (em contraposição a endereçamento hierárquico), ou seja, o endereço de uma estação é único universalmente (ou, ao menos, poderia ser), independente da rede na qual ela se encontra.



Fig. 2.3 - Formato do quadro Ethernet.

Além do endereço específico de cada estação, estão previstos endereços de grupo (usados para difusão parcial), associados a 2 ou mais estações. Um quadro transmitido com um endereço de grupo será recebido por todos os membros daquele grupo que estiverem ativos no momento em que o mesmo for difundido pelo canal. Além disso, é permitida a difusão de quadros para todas as estações ativas na rede (difusão total). Outro detalhe digno de menção é a possibilidade de se configurar um controlador para receber quadros independente do endereço de destino do mesmo. Receptores assim configurados operam em modo dito "promís-cuo".

Na Ethernet, os quadros são transmitidos com alta probabilidade de atingirem os seus destinos, porém não há garantias de que todos os quadros transmitidos serão entregues aos destinatários. Da mesma forma, há detecção de erros, mas não correção. Confiabilidade e sequenciamento, entre outras funções, devem ser executados pelos protocolos das camadas superiores.

Na última seção deste capítulo daremos uma visão geral das soluções integradas disponíveis para a implementação de redes

do tipo Ethernet. Essas soluções são extremamente importantes por facilitarem e baratearem sobremaneira os projetos, permitindo ampliar significativamente a disseminação dessas redes.

### 2.5.5 Soluções Integradas

A microeletrônica desempenha papel fundamental na área de redes de computadores, através do fornecimento de coprocessadores projetados para executar toda uma gama de funções necessárias à construção de redes. Os coprocessadores de rede, no seu universo de atuação, propiciam a disseminação de padrões ("de facto" ou "de jure"), na sua plenitude, por incorporarem implementações de especificações já adotadas na indústria ou por organismos internacionais de padronização. Outro grande benefício é o conseqüente barateamento dos componentes, devido à grande utilização das soluções integradas, uma vez disponíveis, e à constante queda dos custos na indústria de semicondutores.

Talvez tendo sido o primeiro coprocessador Ethernet fabricado no mundo, o Intel 82586 [8] já não se encontra mais como opção única no mercado. Da própria Intel, temos disponíveis outras pastilhas, como o 82596CA, o 82596DX, o 82588, o 82590, o 82592, além de "chipsets" de outros fabricantes. Esses coprocessadores implementam a camada MAC, conforme o padrão IEEE 802.3, e, para complementá-los nas demais funções da camada subjacente, existem outros componentes, como o Intel 82C501AD, que executa codificação e decodificação (Manchester [3]), providencia a interface elétrica com o sistema de transmissão, e gera o "clock" de transmissão para o controlador.

O 82586 implementa o protocolo de acesso CSMA/CD,



liberando o microprocessador hospedeiro (UCP - Unidade Central de Processamento) de todas as funções relacionadas, tais como geração e eliminação do preâmbulo, reconhecimento de endereço de quadros em trânsito pelo canal, geração e checagem do CRC, inclusão do endereço da fonte em quadros transmitidos, etc.

A comunicação entre o coprocessador 82586 e a UCP é realizada através de compartilhamento de memória, e as transferências de dados são realizadas pelo próprio coprocessador, que possui funções de DMA ("Direct Memory Access") incorporadas. O 82586 é composto por duas unidades independentes, a Unidade de Comando, e a Unidade de Recepção. Elas podem operar simultaneamente (modo "full-duplex" [3]), recebendo e transmitindo quadros.

A Unidade de Comando é o transmissor do coprocessador. Na transmissão de um quadro, esta unidade gera o preâmbulo seguido do delimitador de início de quadro, carrega o endereço de destino da memória compartilhada e o envia, envia o endereço específico da estação (armazenado no próprio coprocessador), carrega os campos de tipo e de dados e os transmite, e, finalmente, calcula e envia o CRC, seguido do delimitador de fim de quadro. Na ocorrência de colisão, o processo de retirada, reforço de colisão, temporização para retransmissão, e a retransmissão propriamente dita são executadas independentemente da UCP.

A Unidade de Recepção exige apenas o fornecimento dos "buffers", pela UCP. Isto feito, o 82586 reconhecerá seu endereço específico, um ou mais endereços de grupo, ou o endereço de difusão. Caso o endereço de destino do quadro no canal contenha um desses, o quadro será copiado e checado quanto a erros, após o que, o coprocessador voltará a aguardar a passagem de novos quadros. A UCP só será interrompida após a chegada de um quadro,

se assim instruir a unidade de recepção.

Adicionalmente, o 82586 inclui uma série de funções de gerenciamento, tais como o acúmulo de estatísticas de erros em recepções de quadros, notificação de erros em transmissões, comandos para diagnóstico e cópia dos seus registradores internos, etc. Uma grande quantidade de parâmetros pode ser utilizada para alterar o seu modo de operação, como, por exemplo, tamanho do preâmbulo, espaçamento entre quadros, fonte de detecção de colisão, inserção de CRC, tamanho dos campos de endereço, codificação desejada, etc.

No capítulo 4 descreveremos o coprocessador 82588 em maiores detalhes, uma vez que ele faz parte do nosso ambiente de desenvolvimento.

### 3. FERRAMENTAS PARA GERÊNCIA DE REDES

Esboçamos, no capítulo 1, a importância da atividade de gerência de redes, salientando aspectos voltados para as redes locais de computadores. Neste capítulo tentaremos conceituar com maior rigor a função de gerência de redes, procurando situar as principais áreas de aplicação, e teceremos considerações acerca da sua necessidade. Em seguida, apresentaremos os tipos de ferramentas de suporte à gerência de redes, incluindo o esforço de padronização. Especial relevância será dedicada aos Monitores de Desempenho, ao final do capítulo.

#### 3.1 Gerência de Redes: Conceitos

A manutenção da qualidade dos serviços oferecidos por uma rede, seja de computadores ou de teleprocessamento, depende diretamente da qualidade da gerência exercida sobre a mesma. Os usuários de redes possuem aguçada percepção das consequências advindas de uma gerência ineficiente: tempos de resposta maiores, longos períodos de inatividade, e frequência de falhas.

Além de eficiente, a gerência de redes deve ser realizada de forma imperceptível para os usuários, prevendo a possibilidade da ocorrência de falhas, identificando o surgimento de "gargalos" desde o princípio, e adotando medidas que amenizem, ou evitem por completo, os prejuízos, inclusive financeiros, decorrentes de erros ou mal funcionamento.

Não existe, a rigor, uma definição absoluta para gerên-

cia de redes. E, na verdade, poucas tentativas foram apresentadas na busca de um conceito apropriado. Em [9], Freedman associou à atividade de gerência, seis áreas distintas: determinação de problemas, análise de desempenho, gerência de problemas, gerência de mudanças, gerência de configuração, e gerência de operações.

Determinação de Problemas seria a área responsável pela localização da causa de uma falha na rede, limitando-se a identificar o componente defeituoso. A área de Análise de Desempenho deveria medir os tempos de resposta, coletar estatísticas de tráfego para ajustes, e avaliar a disponibilidade da rede. Gerência de Problemas estaria envolvida com a documentação, o isolamento e a resolução de problemas notificados por usuários.

Gerência de Mudanças consistiria em documentar, conduzir, obter aprovação, e verificar a realização de alterações em componentes da rede. Gerência de Configuração ocupar-se-ia com a criação de um banco de dados contendo um inventário da conectividade da rede, e das características físicas e lógicas dos elementos da rede, no passado, no presente e no futuro. Por fim, Gerência de Operações suportaria a manipulação remota de vários elementos da rede, para, por exemplo, controlar um processador, ou outro tipo de recurso, remotamente.

Mais recentemente, a ISO, identificou cinco funções, no escopo da arquitetura de gerenciamento OSI, que podem ser aproveitadas para definir gerência de redes [10 e 11]. São elas gerência de falhas, gerência de configuração e de nomes, gerência de desempenho, gerência de contabilização, e gerência de segurança.

Gerenciamento de Falhas é responsável pela detecção,

isolamento, e correção de condições anormais de operação nos elementos da rede. Nesta função também deve ser realizada a documentação das falhas ocorridas. A área de Gerenciamento de Configuração e de Nomes deve controlar a configuração da rede, podendo modificá-la para aliviar congestionamentos, isolar falhas, ou acomodar necessidades dos usuários. Devem existir procedimentos para a coleta e a disseminação de informações sobre o estado dos recursos, e para a alteração de atributos das entidades e da rede.

Gerenciamento de Desempenho compreende a monitoração e a avaliação do desempenho dos vários elementos da rede. Devem existir facilidades para coleta e disseminação de dados relacionados ao nível de desempenho atual dos recursos, e para manutenção e exame de atas ("logs") de desempenho. A partir de informações fornecidas por esta atividade, o gerente pode decidir pela realização de testes de diagnóstico, e/ou por alterações na configuração, para garantir níveis satisfatórios de desempenho.

A atividade de Gerenciamento de Contabilização está envolvida com a determinação e a alocação de custos, e com cobranças pelo uso de recursos de comunicação. São funções previstas, também, informar os usuários sobre os respectivos custos, estabelecer limites de contabilização, combinar custos quando múltiplos recursos forem utilizados para obter os serviços desejados.

Gerenciamento de Segurança, a última das áreas, preocupa-se com o controle dos serviços que fornecem proteção de acesso aos recursos de comunicação, devendo suportar facilidades de autorização, controle de acesso, criptografia, autenticação, e manutenção e manipulação de atas de segurança.

Todas as funções definidas pela ISO para a atividade de gerência são aplicáveis às redes locais. Eventualmente, considerando-se o caráter privado das mesmas, poder-se-ia dispensar a observância estrita da totalidade das funções, não realizando, por exemplo, gerenciamento de contabilização, ou de segurança. Contudo, julgamos fundamental, por razões óbvias, a manutenção de informações e estatísticas, mesmo das áreas não contempladas, e ainda que não haja, por exemplo, alocação de custos ou dados confidenciais no sistema. No mínimo, o gerente reunirá maior quantidade de elementos para subsidiá-lo nas outras áreas.

Consideramos oportuno incluir no elenco das funções previstas pela ISO, a atividade de Gerência de Planejamento. Esta área justifica-se a partir da observação de duas importantes características inerentes às redes locais. A primeira delas é a avalanche de tecnologias que se tornam comercialmente disponíveis a cada ano. O gerente deve manter-se permanentemente informado acerca das novas soluções ofertadas pelo mercado, dos padrões emergentes, tanto da indústria quanto jurídicos, e das principais tendências ditadas por empresas usuárias. Esta é a única maneira de se tomar decisões acertadas, avaliando alternativas e evitando o isolamento, nos momentos em que expansões ou modificações se fizerem necessárias.

A segunda, trata-se da evolução constante do ambiente operacional de redes locais instaladas, relacionada a novas demandas e necessidades dos usuários. De posse dos dados fornecidos pelas outras áreas da gerência, deve-se identificar as direções nas quais a rede local tende a crescer, diminuir, ou estabilizar-se. Com isto, o gerente pode se preparar para efetivar as alterações vindouras, ou precaver-se, corrigindo equívocos

de percurso.

### 3.2 Ferramentas para Apoio à Gerência de Redes

Há uma diversidade de produtos orientados à gerência de redes, dos mais despojados, como simples medidores de tensão, aos mais sofisticados, contando com capacidade de processamento própria e interface para vários tipos de rede, notadamente no exterior. Esses produtos podem ser agrupados nas seguintes categorias [11]: ferramentas da camada física, analisadores, e gerenciadores de aplicação.

Ferramentas da Camada Física auxiliam na verificação da integridade dos componentes da camada física da rede. Consistem em reflectômetros (a maioria dos coprocessadores possuem a capacidade de realizar testes de reflectometria), osciloscópios, testadores de taxas de erro por bite ou por bloco (BERT - "bit error rate testing" e BLERT - "block error rate testing" [12]), analisadores de sinal, e outros equipamentos similares.

Analisadores incluem Monitores de Desempenho e Analisadores de Protocolos. Esses dispositivos são dotados de maior inteligência que as ferramentas da camada física, e podem medir o desempenho e gerar tráfego simulado em redes locais. Monitores de Desempenho atuam na camada de enlace de dados, e são capazes de examinar padrões de tráfego e características de desempenho, e, conseqüentemente, auxiliar na identificação da saturação da rede. Posto que o objetivo deste trabalho é descrever a implementação de uma ferramenta que pode ser classificada como um monitor de desempenho, a última seção deste capítulo é inteiramente dedicada

a descrevê-los.

Analisadores de Protocolos [13 e 14] possuem maior funcionalidade, e são mais complexos. Isso lhes confere capacidade de reconhecer as diferenças entre os protocolos das camadas superiores. Tanto desenvolvedores de redes quanto gerentes podem beneficiar-se de analisadores. Esses sistemas auxiliam no isolamento de problemas, em diagnósticos de falhas, ajudam a detectar acessos não autorizados, enfim, são de valor inestimável em um ambiente de redes.

Gerenciadores de Aplicação são dirigidos à gerência de sistemas operacionais de rede em servidores. Eles monitoram certos aspectos, como configuração, controle de acesso, e utilização do servidor. A maioria dos sistemas operacionais de rede inclui um sistema de gerenciamento próprio, que pode ser incrementado através de outros produtos disponíveis comercialmente.

Inexiste, ainda, a ferramenta para gerência de redes perfeita. Todas as soluções existentes são limitadas quanto a abrangência de suas funções e/ou o escopo de atuação. A ISO tem se dedicado a desenvolver um padrão para gerenciamento integrado, englobando toda a pilha de protocolos do modelo OSI, e fornecendo uma vasta gama de facilidades para implementar as funções necessárias. Apresentaremos brevemente, a seguir, a arquitetura de gerenciamento de redes da ISO.



### 3.3 A Arquitetura de Gerenciamento OSI

O ambiente de gerenciamento OSI/ISO está baseado em três modelos [4, 10 e 11]: o Modelo Organizacional, o Modelo de Informações, e o Modelo Funcional. O Modelo Organizacional tem por objetivo descrever a distribuição administrativa do ambiente, pelos domínios de gerência e pelos sistemas de gerência dentro dos domínios.

O desenvolvimento deste modelo empresta os conceitos do paradigma de objetos abstratos. Assim, o objeto abstrato domínio de gerenciamento é útil para isolar aspectos do ambiente de gerenciamento, das aplicações usuárias. Deste modo, a estrutura ou funcionalidade interna de um domínio de gerenciamento pode ser alterada, sem que os usuários devam ser informados. As aplicações, por seu turno, interagem com o domínio de gerenciamento sem precisarem conhecer detalhes sobre a localização dos dados ou a implementação dos serviços.

É possível a comunicação através de domínios de gerenciamento, e a ligação ("binding") de um usuário (de gerenciamento) com um domínio de gerenciamento. Por exemplo, um gerente de operações, em uma estação de trabalho, pode solicitar informações sobre a configuração de um nó, localizado em uma rede qualquer.

Um domínio de gerenciamento pode ser decomposto em um ou mais sistemas de gerenciamento, e em zero ou mais sistemas gerenciados e sub-domínios de gerenciamento. Um sistema gerenciado, por sua vez, pode ser decomposto em um ou mais objetos gerenciados. Um objeto gerenciado é um recurso monitorado e controlado por um ou mais sistemas de gerenciamento. Eles estão localizados dentro de sistemas gerenciados, e podem ser embutidos em outros

objetos gerenciados.

Um sub-domínio de gerenciamento é um domínio de gerenciamento totalmente inserido em um domínio de gerenciamento pai. Um sistema de gerenciamento é um processo de aplicação dentro de um domínio de gerenciamento, que executa monitoração e funções de controle sobre objetos gerenciados (através dos respectivos sistemas gerenciados), e/ou sobre sub-domínios de gerenciamento. Na fig. 3.1 pode-se ver uma abstração do modelo organizacional.

O Modelo de Informações fornece as linhas mestras para definir objetos gerenciados e seus respectivos interrelacionamentos, classes, atributos, ações, e nomes. Este modelo conceitual é importante dada a necessidade de uma extensa base de dados, com as devidas ferramentas de manipulação de dados, exigida pelas atividades de gerência. As informações armazenadas resumem configurações da rede e de sistemas, atas de problemas, históricos de desempenho, parâmetros de segurança, e dados de contabilização.

O MIB ("Management Information Base"), como é chamado o repositório de dados, contém informações sobre objetos (gerenciados). As informações estão organizadas em entradas, sendo que cada entrada consiste em uma lista de atributos e seus valores, associados a um objeto particular. Objetos com características similares podem ser agrupados em classes de objetos. Todo objeto é uma ocorrência de uma classe. Uma classe de objetos pode ser subclasse de outra, sendo a última, a sua superclasse. A subclasse herda todas as propriedades da superclasse de que deriva, refinando a definição da superclasse.

Classes de objetos gerenciados são definidas através da

enumeração dos atributos mantidos nas entradas para ocorrências da classe, das ações que podem ser efetuadas nas ocorrências da classe, dos eventos que podem ser reportados por ocorrências da classe, da subclasse da qual a classe do objeto é derivada, e das classes superiores nas quais o objeto pode ser incluído.

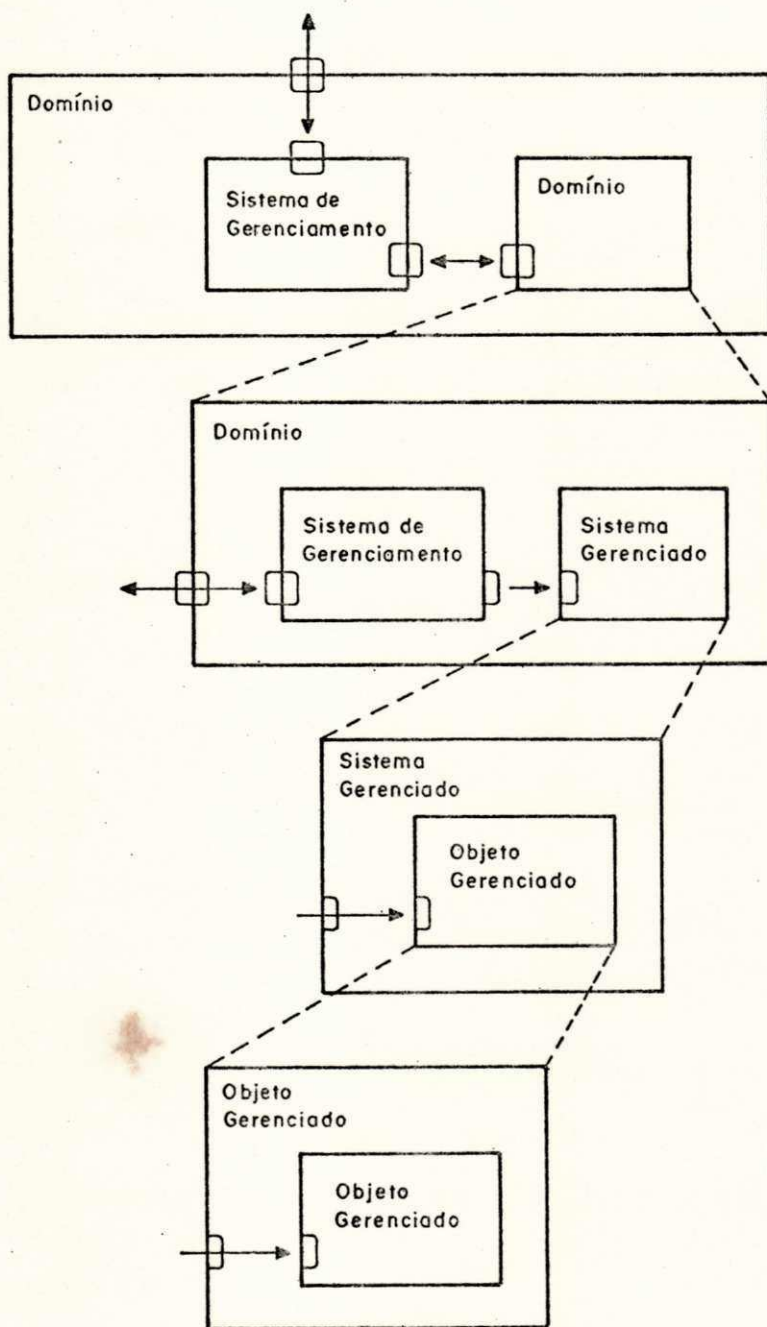


Fig. 3.1 - O Modelo Organizacional do Ambiente de Gerência.

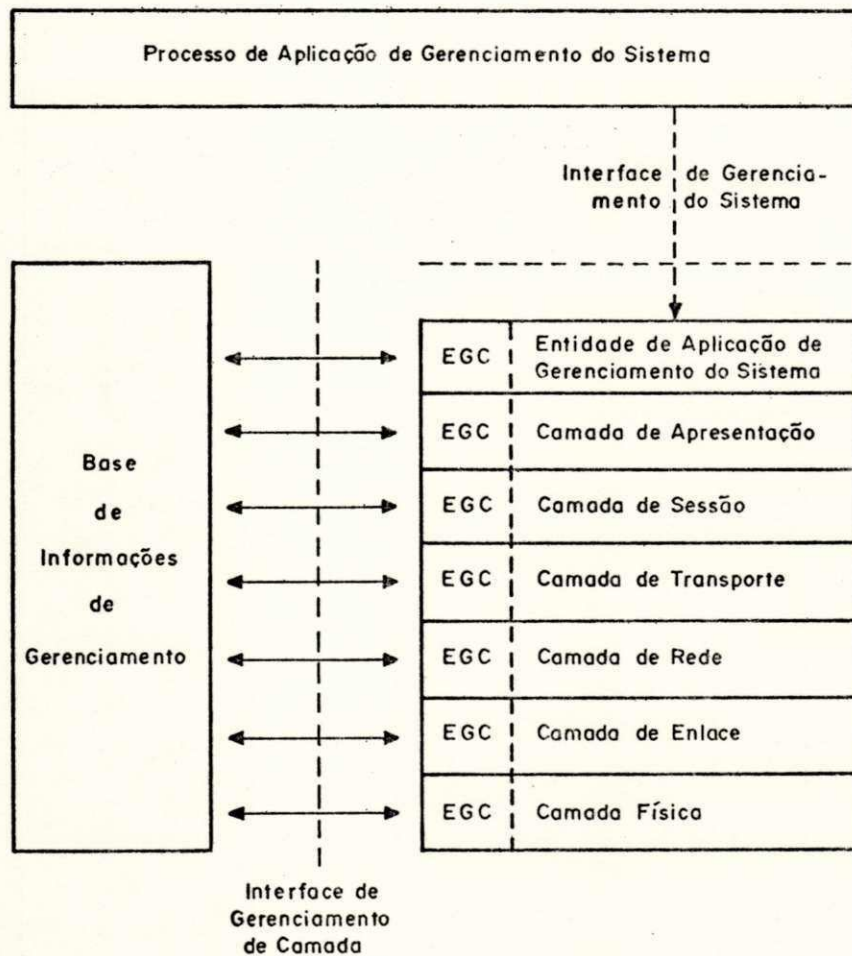
O Modelo Funcional descreve as áreas funcionais de gerência, e os seus interrelacionamentos. São definidas cinco facilidades para suportar as necessidades dos usuários na gerência das suas redes, que confundem-se precisamente com as funções descritas na seção "Gerência de Redes: Conceitos", no princípio deste capítulo. É bom acrescentar que em muitas situações os processos executando aquelas funções interagirão, para efetivar o serviço de gerenciamento requisitado pelo usuário. Por exemplo, na localização e isolamento de um recurso defeituoso, tanto a funcionalidade de gerenciamento de falhas, quanto a de gerenciamento de configuração serão necessárias.

A arquitetura de gerenciamento OSI (fig. 3.2) prevê três categorias de atividades: gerenciamento de sistemas, gerenciamento de camadas, e operação de protocolos. Funções de Gerenciamento de Sistemas são responsáveis pela operação ininterrupta da totalidade do sistema, sem se preocupar com camadas específicas. Elas devem gerenciar o ambiente local, e juntamente com sistemas pares cooperantes, gerenciar capacidades de comunicações e entidades em conversação. A gerência de capacidades de comunicações consiste na administração dos recursos físicos de comunicação (equipamentos e o próprio meio de transmissão) e dos protocolos associados.

O processo de aplicação de gerenciamento do sistema é o processo local, inserido em um sistema, responsável pela execução das funções de gerência. Ele tem acesso a uma visão global dos parâmetros e capacidades do sistema, e, com isso, pode gerenciar todos os aspectos do sistema, tanto individualmente, quanto coordenadamente.

A entidade de aplicação de gerenciamento do sistema é a

entidade da camada de aplicação responsável pelas conversações entre entidades de gerenciamento de sistemas. Ela usa os protocolos da camada de aplicação para se comunicar com entidades pares.



EGC - Entidade de Gerenciamento de Camada

Fig. 3.2 - Estrutura de Gerenciamento OSI.

Exemplos das funções de gerenciamento de sistemas são: alterar a configuração do sistema ou da rede, mudar, coordenadamente, os parâmetros de várias camadas, e transmitir informações de contabilização.

As Funções de Gerenciamento de Camada (ou da camada N), devem assegurar a integridade dos protocolos de uma camada, e

permitir a modificação dos parâmetros de uma camada. Geralmente, essas funções atuam sobre todas as entidades de uma camada, não sendo exatamente apropriadas para operar sobre apenas uma entidade de certa camada.

Um processo de gerenciamento de camada pode existir como um processo separado ou como parte de um processo de aplicação de gerenciamento de sistema integrado. Entidades de gerenciamento de camada, comunicam-se por meio do protocolo de gerenciamento de sistemas, ou através dos protocolos de gerenciamento da camada (N). Alguns exemplos de gerenciamento de camada são recuperação e modificação dos parâmetros de uma camada, e ativação dos serviços da camada.

Funções de Operação de Protocolo (da camada N) auxiliam na negociação dos parâmetros a serem usados durante uma conversação, ou fornecem os meios para gerenciá-la. As ações tomadas através das funções de operação de protocolo são locais à ocorrência da comunicação, e permanecem ativas apenas enquanto a mesma durar. Este tipo de atividade de gerência é intimamente atrelada à operação dos protocolos de comunicação, e envolve ações efetivadas concomitantemente ao funcionamento do protocolo.

Parâmetros transferidos durante certa conversação, que modificam o ambiente da mesma, ou relatos de erros e de características de desempenho ocorridas durante a comunicação, são exemplos típicos de informações pertinentes à operação de um protocolo.

Os serviços de gerenciamento OSI são fornecidos pelo componente conhecido como CMIS ("Common Management Information Service")[11]. O CMIS contém os serviços para coletar e enviar

informações de gerenciamento para entidades da rede que necessitem das mesmas. Existem serviços para manipulação de dados contidas na MIB, para reporte de eventos, e para controle direto sobre sistemas gerenciados (p.ex. solicitando que o sistema gerenciado execute determinada ação).

Finalmente, o protocolo de gerenciamento de sistemas, chamado CMIP ("Common Management Information Protocol") [11] suporta o CMIS, e fornece serviços de requisição/resposta ("request/response") que permitem a troca de informações de gerenciamento entre aplicações OSI. Juntos, o CMIS e o CMIP provêm os meios para troca de informações entre aplicações, tais como o gerenciador de configuração e a aplicação de contabilização.

A arquitetura de gerência da ISO está sendo ansiosamente aguardada por fabricantes e desenvolvedores de logicial. Um grupo de empresas reuniu-se, sob a denominação de "OSI/Network Management Forum", e tenta acelerar a definição, a implementação e os testes de interoperabilidade dos produtos desenvolvidos segundo o padrão.

### 3.4 Monitores de Desempenho: Considerações Preliminares

O controle e a monitoração de redes locais é de fundamental importância durante toda a sua vida útil [15], aliás, como já foi observado anteriormente. As principais razões para o exercício constante de gerência em redes locais são os seguintes:

- .detecção e isolamento de falhas, sejam elas nos equipamentos ou no logicial, para posterior diagnósti-

co e correção;

.planejamento do crescimento e introdução de novas tecnologias;

.medição do desempenho, que pode indicar necessidades de reajustamento dos seus parâmetros;

.caracterização do tráfego quanto à localidade, distribuição no tempo, tamanho típico dos pacotes, e carga no canal; e

.reconfiguração da topologia e/ou realocização de estações, para atender às crescentes demandas dos usuários.

Experiências realizadas nos laboratórios da Xerox, nos EUA, e no NBS ("National Bureau of Standards", dos EUA) [4, 16 e 17], com o auxílio de monitores de desempenho, ressaltaram a importância deste tipo de ferramenta, tanto em um ambiente de desenvolvimento, quanto como dispositivo de apoio à gerência de redes operacionais. Em ambos os casos foram feitas medições sob tráfego normal, objetivando caracterizar a operação das respectivas redes em sua rotina comum, e medições sob tráfego pesado, na busca de dados sobre o desempenho das mesmas.

As principais variáveis observadas foram a taxa de erros, o tamanho dos quadros, a utilização do meio de transmissão, o fluxo de tráfego entre as estações (duas a duas), os tempos interchegadas de pacotes, e a frequência de colisões. As medições de desempenho avaliaram a estabilidade, a utilização efetiva, e a equidade no compartilhamento do canal. Adicionalmente, conforme os relatos, o Centro de Testes da rede local NBSNET



permitiu identificar e solucionar erros graves, nos componentes da mesma, cujas consequências, porém, eram imperceptíveis naquele estágio do projeto [18].

### 3.5 Monitores de Desempenho: Estruturação e Questões de Projeto

Os principais componentes de um monitor de desempenho são um sistema de aquisição de dados, um gerador de tráfego artificial, e um analisador de dados [4, 18, 19 e 20]. O sistema de aquisição de dados coleta medições sobre quadros trafegando no canal, e as prepara para análise estatística. O gerador de tráfego permite injetar cargas de tráfego variadas na rede, propiciando experimentações controladas e repetíveis na mesma. Os programas para análise estatística resumem os dados obtidos pelo sistema de aquisição, documentando parâmetros funcionais da rede e dos seus componentes, bem como o seu desempenho.

Algumas questões a serem resolvidas ao se projetar um monitor de desempenho (e qualquer outra ferramenta de medição de redes, em geral) são [4 e 19]:

1. "o que medir?", que depende dos propósitos da medição e do público interessado nas medições;
2. "onde medir?", que é função da resposta à questão anterior, e envolve considerações acerca dos locais de coleta de dados e dos níveis de perturbação decorrentes; e,
3. "como medir?", que determinará os dispositivos a serem empregados, como programas ou equipamentos

específicos, ausência ou presença de geração de tráfego, etc.

Abordaremos essas questões nas seções seguintes. Não obstante, resta ainda resolver em que momento serão realizadas as análises dos dados coletados. Existem basicamente duas alternativas, quais sejam, executá-las simultaneamente à coleta ("on line"), ou após o término de um ou mais períodos de medição ("off line"). Naturalmente, podemos efetuar parte das análises concomitantemente às medições, e parte em regime exclusivo, ou seja, após o final da coleta.

A dificuldade de realização de análise de dados durante a coleta, reside nas altas taxas de transmissão inerentes às redes locais. Se os quadros chegam com uma frequência muito alta, pode ser impossível recuperar as informações desejadas e ao mesmo tempo analisá-las. Assim, a não ser que se disponha de equipamento cujo desempenho seja compatível com as grandes velocidades do meio de transmissão, permitindo a execução concorrente de ambas as atividades sem prejuízos para a aquisição de dados (cuja qualidade é fundamental), o mais aconselhável é optar pela confiabilidade na recuperação das informações.

### 3.5.1 Escolha das Variáveis a serem Observadas

Não existissem as limitações impostas pelos recursos de armazenamento, talvez a decisão mais prática e garantida nesta questão fosse medir "tudo", quer dizer, todos os aspectos mensuráveis, no âmbito de um monitor de desempenho. O grande atrativo desta alternativa reside na absoluta impossibilidade de omissão de informações relevantes, que poderiam levar a significativas

modificações no projeto original. De todo modo, dedicando-se a devida atenção às considerações expostas a seguir, consegue-se chegar a uma solução satisfatória e exequível.

Duas premissas orientarão a definição das variáveis de interesse. A primeira delas é a utilização pretendida para as informações obtidas. Se o objetivo for avaliar o desempenho da rede, vários aspectos se fazem presente, dividindo-se entre os gerais, que abrangeriam toda a sub-rede (p.e., vazão total e líquida, utilização, etc), e os específicos, relacionados a cada interface (retardo de aquisição do canal, incidência de colisões, etc). Ainda, o propósito das medições poderia ser a avaliação funcional da rede, em um ambiente de uso normal, com vistas a compreender o seu comportamento, ou validar modelos analíticos. Exemplos de variáveis neste caso seriam distribuição de tamanho dos quadros, matriz de pares fonte-destino, etc.

O segundo critério a ser empregado na escolha do que medir, é o público interessado nas medições. Identifica-se basicamente três grupos de interesse neste tipo de ferramenta: fabricantes (projetistas, representantes técnicos, e implementadores), avaliadores (pesquisadores, consultores, corpos de padronização, etc), e usuários (gerentes, operadores, equipe de manutenção, usuário final, e outros).

Inserido no segundo critério, está a visão que cada indivíduo tem da rede. Alguns desejam saber apenas as taxas típicas de uso da rede, como o número de estações ativas por hora ou por dia, e o gráfico de utilização da mesma em períodos como uma semana, um mês ou um dia. Pesquisadores e projetistas, por seu turno, prefeririam dados sobre o efeito do tamanho dos pacotes na vazão, nos retardos e na eficiência da rede, ou, talvez,

sobre a equidade no compartilhamento do canal, sob diferentes protocolos.

### 3.5.2 Localização das Medições

É o local onde os dados serão coletados, combinado com as características do alvo da monitoração, que determinará ou não a introdução de perturbação. Define-se perturbação como sendo a interferência que os dispositivos de medição podem causar no sistema sendo monitorado. Normalmente, uma fração das capacidades do sistema são alocadas para medir o desempenho do mesmo e dos recursos associados. É muito importante manter a perturbação em níveis mínimos, senão evitá-la por completo. De qualquer forma, caso haja perturbação, é necessário conhecer a sua magnitude, para removê-la dos resultados da monitoração.

A localização da medição pode ser centralizada, descentralizada ou híbrida. Em redes de difusão, como é o nosso caso, a medição centralizada não acarreta perturbação. Contudo, certos tipos de informação não são obtíveis com o uso desta abordagem. Por exemplo, o sistema de aquisição detectará a ocorrência de uma colisão, mas não saberá quais foram as estações envolvidas. Da mesma forma, é impossível descobrir quanto tempo uma estação deferiu o tráfego no canal antes de poder transmitir um quadro.

Com medição descentralizada consegue-se monitorar todas as características da rede. Neste enfoque, o sistema de aquisição saberia o endereço de todas as estações envolvidas em uma colisão, por exemplo. Cada controlador poderia recuperar as cargas de tráfego impostas à rede, no momento da sua ocorrência, e não após um período de tempo variável, como acontece ao se

empregar a abordagem centralizada.

Apesar de garantir maior exatidão dos dados coletados, esquemas de medição descentralizada impõem sobrecarga de comunicação no canal, para transmitir informações, previamente armazenadas, até um coletor central, responsável por acumular os dados e analisá-los. É possível utilizar linhas dedicadas para realizar essas transferências, porém isso acarretaria ônus adicional. Ainda, como todas as interfaces devem ser adaptadas para realizar coleta de dados, a implementação e a manutenção do sistema de monitoração tende a ser cara e complicada.

Na abordagem híbrida os dois enfoques anteriores são combinados. Opta-se pelo esquema descentralizado apenas onde imprescindível, realizando-se coleta centralizada em todos os demais casos. Naturalmente, se for o desejo dos projetistas, pode-se incluir redundância, ampliando o uso do método descentralizado. Uma desvantagem da medição híbrida é a maior complexidade decorrente da necessidade de sincronização das análises de dados, por serem os mesmos coletados centralizada e descentralizadamente.

### 3.5.3 Metodologia da Medição

Não há uma regra geral que oriente a construção de instrumentos para monitoração de redes. E a compreensão do fato é simples, pois a diversidade de soluções disponíveis e integráveis às redes locais, a quantidade e a variedade dos equipamentos utilizando as facilidades de conexão, além das peculiaridades de cada tipo de rede e da natureza das medições, impedem que sejam delineadas características definitivas para o instrumental a ser

empregado.

Nas redes cujo meio de transmissão é único, existindo a possibilidade de se receber todos os pacotes que trafegarem pelo mesmo, uma opção óbvia é configurar a interface de rede de uma estação para operar em modo promíscuo. Deste modo, consegue-se obter dados sobre a totalidade do tráfego da rede. Entretanto, é conveniente recordar que, dependendo das informações almejadas, esta solução pode não ser adequada, ou suficiente.

Outra consideração concernente, diz respeito ao grau de controle exercido sobre as condições do sistema durante os testes. Neste sentido, facilidades para geração de tráfego artificial são importantes, por possibilitar testes da rede local com volume de tráfego conhecido, simulando cargas futuras ou submetendo o canal a tráfego pesado. Em uma rede recém instalada, a utilização do meio geralmente é ínfima, dificilmente extrapolando a capacidade do canal, e, na verdade, normalmente atingindo uma pequena porcentagem da capacidade do mesmo.

Com um gerador de tráfego, é possível emular taxas de uso elevadas, propiciando a realização de testes e depuração antes que os sistemas entrem em produção e os usuários absorvam a nova cultura. Por outro lado, a geração de tráfego artificial permite produzir padrões de tráfego repetíveis, facilitando comparações entre experimentações levadas a cabo com diferentes sistemas ou configurações de parâmetros.

## 4. UMA FERRAMENTA PARA SUPORTE À GERÊNCIA DE REDES

Neste capítulo apresentaremos o projeto e a implementação de uma ferramenta concebida com o objetivo de auxiliar nas atividades de gerência de redes locais de computadores. O projeto é baseado nas redes locais CSMA/CD, dada a sua disponibilidade como solução comercial à conectividade em ambientes locais [21 e 22].

Iniciaremos descrevendo a especificação funcional da ferramenta, com ênfase especial nas facilidades implantadas. A etapa seguinte abordará aspectos da implementação, como ambiente escolhido, estruturação, arquitetura, componentes funcionais, e os relatórios que podem ser emitidos.

### 4.1 Especificação Funcional

A ferramenta que desenvolvemos fornece um conjunto de facilidades, cuja finalidade primordial é tornar visível para o seu operador o comportamento e a operação de uma rede local. Para tanto, o usuário necessita ter acesso a dados e parâmetros de difícil manipulação na sua forma bruta. Neste sentido, podemos considerá-la um instrumento de interface (p.e. uma lente dotada de filtros e funções especiais) entre uma rede local e os seus usuários, que, além de colher informações no seu estado natural e, após lapidá-las e polí-las, apresentá-las em um formato inteligível, permite igualmente controlar e testar várias características do objeto contraposto.

A implementação, no seu estágio atual, oferece meios para avaliar e documentar o funcionamento de redes GSM/CD, realizar testes controlados da sub-rede, acompanhar, dinamicamente, o tráfego submetido ao canal, e controlar os parâmetros operacionais do adaptador de rede. No texto que se segue, vamos analisar em separado e meticulosamente as facilidades disponíveis.

#### 4.1.1 Monitorando a Sub-rede

A função de monitoração da rede local, provavelmente a mais importante dentre as disponíveis, consiste em recuperar informações sobre tráfego na totalidade da sub-rede, e sobre outros aspectos em caráter isolado, tendo por base uma estação qualquer conectada à rede.

O usuário, para desencadear um período de medição, seleciona um objeto de monitoração, e fornece a duração da coleta em minutos ou segundos. Os objetos de monitoração são os seguintes: tráfego, utilização, tamanho dos quadros, tempos entre chegadas de quadros, rede, hospedeiro, grupo, colisões, retardo na emissão, e comportamento sob sobrecarga. A opção tráfego envolve a recuperação de dados sobre os quadros trocados entre pares fonte-destino. Para cada par fonte-destino será acumulado o total de quadros e de octetos enviados/recebidos.

Se utilização for escolhida, serão coletadas informações sobre o volume de quadros e octetos enviados pelo canal. A opção tamanho dos quadros é auto-explicativa. Tempos entre chegadas de quadros, quando selecionada, registrará os intervalos, em milisegundos, entre quadros transmitidos consec-



tivamente. A opção rede agrega as quatro anteriores, causando a coleta de dados globais sobre o funcionamento da rede.

Hospedeiro permite delimitar a abrangência da monitoração a um número restrito de estações. O usuário fornece os endereços individuais que devem ser observados, e escolhe um dos objetos de monitoração já descritos (tráfego, utilização, tempos entre chegadas e rede). A cada sessão com a ferramenta, os endereços dos hospedeiros deverão ser fornecidos pelo usuário, pois eles não são armazenados em memória permanente.

A opção grupo consiste em uma generalização da opção hospedeiro, permitindo escolher dentre os mesmos objetos de medição. São duas as diferenças entre elas. Primeiro, estamos falando de "grupos", ou seja, conjuntos de hospedeiros reunidos segundo um critério qualquer, como localização geográfica, tipo de equipamento, função (servidor, terminal, etc), e assim por diante. Segundo, grupos criados são salvos em memória permanente, podendo ser expandidos, diminuídos ou suprimidos a qualquer momento.

Note que dados coletados através desta opção são totalizados por grupo. Por exemplo, caso a opção tráfego seja escolhida, serão armazenadas informações sobre a quantidade de quadros e octetos enviados e recebidos entre os grupos A e B, e não entre o hospedeiro X do grupo A e o hospedeiro Y do grupo B. Outro detalhe interessante é a possibilidade de uma estação figurar em mais de um grupo, dependendo do desejo do usuário. Exemplificando, um servidor de arquivos situado no departamento de comercialização, poderia fazer parte tanto do grupo de servidores, quanto do grupo do respectivo departamento.

A opção colisões permite recuperar dados sobre a quantidade de colisões ocorridas em transmissões de quadros a partir de determinada estação, à escolha do usuário. Por fim, retardo na emissão ocasionará a coleta dos atrasos registrados em transmissões realizadas por uma estação. O caráter local (i.e., colisões/retardos incorridos por uma única estação) destas duas opções será esclarecido adiante, quando tratarmos dos componentes da ferramenta.

Comportamento sob sobrecarga envolve a reunião das capacidades desta facilidade, com as de controle da carga de tráfego (seção 4.1.3). O objetivo é realizar medições sobre o comportamento da sub-rede, quando submetida a tráfego elevado, ou a padrões incomuns de tráfego. Recomendamos a leitura da seção supracitada, a fim de compreender melhor as razões que nos levaram a incluir esta opção.

Existe ainda a possibilidade de programação de períodos de monitoração. Com esta facilidade o usuário reúne condições para realizar estudos mais abrangentes, no domínio do tempo, sobre os diversos aspectos da sua rede local. Seria inviável instruir a ferramenta para recuperar informações sobre determinada característica da sub-rede, durante períodos muito prolongados, pois a quantidade de memória disponível para acumular os dados (exaustivos) provavelmente seria insuficiente. Caso se deseje conhecer os níveis de utilização da rede no decorrer de um dia inteiro, por exemplo, a estatística nos ensina que o método mais recomendável é o da amostragem. A técnica consiste em coletar amostras significativas dos dados desejados, durante curtos períodos de tempo, e depois analisá-los conjuntamente.

É precisamente neste contexto que se insere a facilidade

de de programação de períodos de monitoração. O usuário especifica a hora de início da medição, a duração de cada período, os intervalos entre períodos consecutivos, e o número de períodos almejado. A seguir, escolhe um objeto de monitoração, que pode ser tráfego, utilização, tamanho dos quadros, tempos entre chegadas, ou rede. De posse desses parâmetros, a ferramenta encarrega-se de administrar a obtenção das amostras. A análise dos dados, após o término da programação, é efetivada separadamente em cada amostra, bem como sobre o resultado do agrupamento das mesmas.

Esta facilidade possui capacidade de recuperação e reinício. Caso haja queda de energia, ou interrupção por outro motivo qualquer, durante a programação, o usuário pode retomá-la a partir do próximo período de monitoração cuja hora de início ainda não tenha sido excedida. Isso pode ser utilizado, por exemplo, ao se planejar uma programação com duração total de uma semana. Ao final do dia a estação pode ser desligada, evitando-se os períodos de coleta noturnos, e, pela manhã, com a reativação da ferramenta, a programação seria continuada.

#### 4.1.2 O Destino dos Dados

Pouca serventia terá a facilidade de monitoração, se os dados coletados não forem apresentados ao usuário. Mas não basta exibí-los na tela, por exemplo, uma vez que teríamos um amontoado de bites de difícil compreensão. Assim, dando prosseguimento à atividade de aquisição de dados, há outra função responsável pelo tratamento dos mesmos.

A análise dos dados pode ser efetivada imediatamente

após o final da coleta, ou posteriormente, conforme a vontade do usuário. O tratamento das informações inclui resumi-las apropriadamente e formatá-las em histogramas, tabelas ou matrizes de comunicação. A ferramenta utiliza três a quatro tipos de arquivo, sempre associados. Arquivos de cabeçalho contém registros para identificar dados coletados. Estes, por sua vez, ficam armazenados em arquivos de dados. E, arquivos de relatório, que guardam resultados de análises.

Além das rotinas estatísticas, propriamente ditas, existem funções para manipulação de arquivos criados pela ferramenta. Elas permitem ao usuário concatenar arquivos de dados, exibir ou imprimir arquivos de relatório, e eliminar arquivos. A eliminação de um arquivo, sempre terá como consequência a eliminação de todos os arquivos associados.

A concatenação de arquivos acarreta a criação de um terceiro, contendo os dados dos originais. A possibilidade de concatenação é útil para examinar globalmente informações coletadas em vários períodos de monitoração. Como exemplo, o usuário pode monitorar a utilização da rede diariamente, durante um mês, e, ao final, concatenar os arquivos de dados para análise futura, podendo examinar a utilização geral no período.

#### 4.1.3 Controlando a Carga de Tráfego

Como já mencionado anteriormente, é desejável, senão mandatório, que este tipo de ferramenta ofereça meios de se controlar as condições de tráfego na sub-rede durante a realização de testes e monitoração. As razões são várias, como por exemplo, ajudar no planejamento do crescimento da rede,

emulando prováveis condições futuras de utilização, avaliar o comportamento do sistema diante de cargas de tráfego elevadas, auxiliar no diagnóstico de falhas, e outras. O espectro de utilização é vasto, e depende das necessidades específicas ou momentâneas do usuário.

Para usar as facilidades de geração de tráfego artificial, deve-se alocar duas ou mais estações da rede local especificamente para este fim, além de um endereço de grupo exclusivo às estações envolvidas. Para cada estação que será geradora de tráfego, o usuário deverá fornecer, além do seu endereço individual, a distribuição de tamanho dos pacotes desejada, podendo optar entre constante, uniforme ou de Poisson. Será solicitado, a seguir, o tamanho dos quadros, que para a distribuição constante é um valor fixo, para a distribuição uniforme é variável entre um mínimo e um máximo providos pelo usuário, e para a distribuição de Poisson também é variável, porém em torno de um valor esperado [20 e 23].

O usuário também controla os tempos entre chegadas dos quadros a serem injetados no canal, que podem ter distribuição constante (tempos entre chegadas fixo), uniforme (tempos entre chegadas variando entre um mínimo e um máximo), ou exponencial (tempos entre chegadas variando em torno de um valor esperado). A duração da geração pode ser diferente para cada estação participante, e o usuário decidirá sobre isso.

Cada estação geradora de tráfego, ao encerrar suas atividades, resumirá o tráfego emitido com as seguintes informações: total de quadros e octetos que se tentou enviar, total de quadros e octetos efetivamente transmitidos, somatório do número de colisões e dos retardos incorridos por cada quadro,

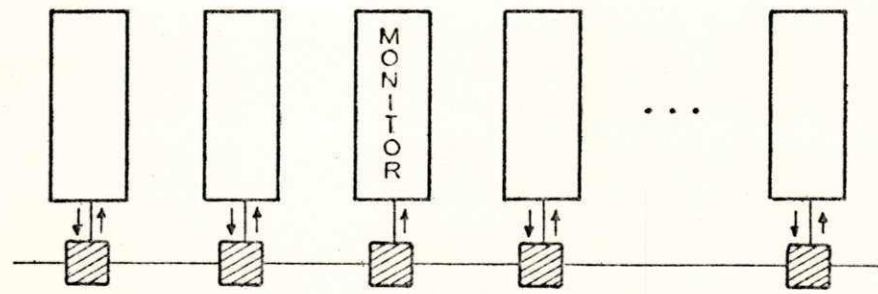
e estatísticas descritivas das colisões e dos retardos (maior e menor ocorrência, média, mediana, moda e desvio padrão).

A possibilidade de gerar tráfego artificialmente, acrescenta quatro estratégias de monitoração ao método que poderia ser chamado de tradicional, qual seja, monitorar a rede apenas com o seu tráfego corriqueiro (fig. 1-a). Na primeira delas, teríamos certo número de estações injetando tráfego controladamente, e a estação de monitoração (qualquer hospedeiro da rede, alocado especificamente para esta tarefa) apenas coletando informações (fig. 1-b). Esta estratégia permite administrar com exatidão a carga de tráfego no canal, pois todo ele é originário de estações geradoras, podendo ser empregada, por exemplo, para aferir o comportamento da rede sob sobrecarga.

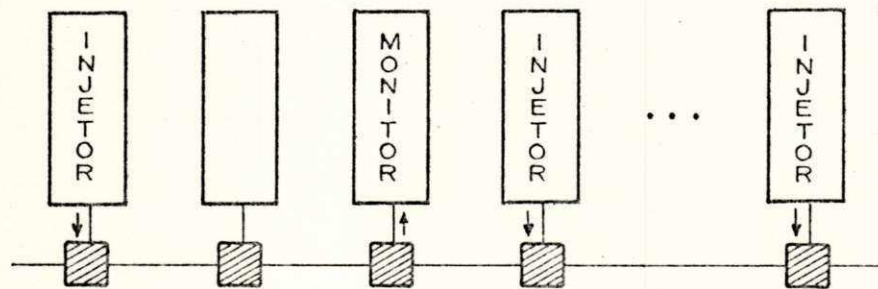
No segundo método teríamos, além das estações geradoras, outros hospedeiros trabalhando normalmente. Uma boa aplicação para este esquema seria injetar tráfego extra no canal para emular cargas futuras. Nas outras duas estratégias, a estação de monitoração também injeta quadros de maneira controlada, e pode ou não existir estações geradoras operando (fig. 1-c e 1-d). Adiaremos por enquanto as explicações sobre as razões e o objetivo da utilização desses dois últimos métodos, adiantando apenas que eles são determinantes para superar certas dificuldades inerentes à postura adotada ao se projetar a ferramenta.

#### 4.1.4 Uma Janela no Canal

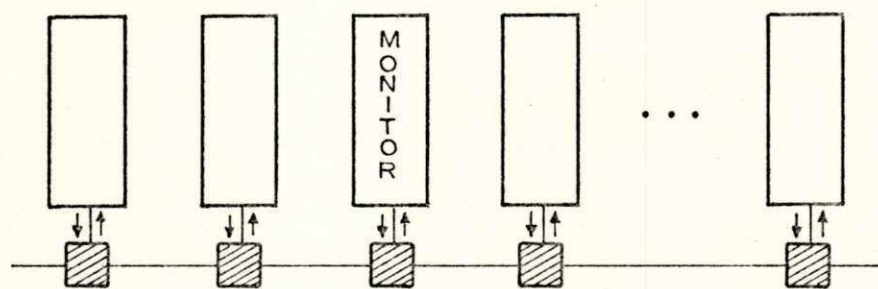
A possibilidade de se observar os quadros transitando pelo canal enseja algumas boas perspectivas ao usuário. Mas não acreditamos na existência de muita utilidade na observação de



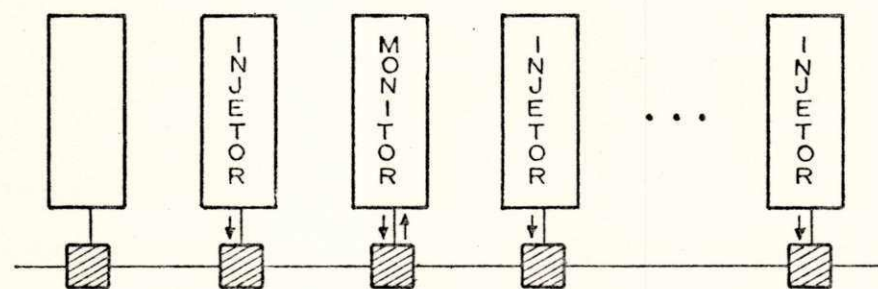
(a) coleta de dados em condições normais de operação



(b) coleta de dados sob condições de tráfego controladas



(c) coleta de dados com geração de tráfego aleatório pela estação de monitoração



(d) coleta de dados com geração de tráfego aleatório pela estação de monitoração e condições de tráfego controladas

Fig. 4.1 - Esquemas de coleta de dados.

todos, pois eles são transmitidos aleatoriamente, sem ordem de acesso (aliás, como seria de se esperar). De todo modo, é possível acompanhar todo o tráfego submetido à sub-rede, com a ressalva de que se verá uma sucessão desconexa de quadros, talvez com

pouco significado separadamente, e, certamente, exigindo alguma espécie de classificação a fim de se compreender o que ocorria na rede.

Esta facilidade oferece, pois, serviços para propiciar ao usuário o acompanhamento de quadros em trânsito pelo meio de transmissão. Os quadros recuperados podem ser ou exibidos no monitor de vídeo da estação de monitoração, ou armazenados em memória permanente, ou, até mesmo, ambos. Existem rotinas que permitem o exame posterior de quadros armazenados, propiciando maior minúcia e atenção na análise dos mesmos.

Como dissemos no parágrafo anterior, é interessante que se disponha de meios para limitar o escopo da observação. Vejamos como se obtém essa função. O usuário pode filtrar o tráfego a ser acompanhado segundo esses dois critérios: determinando o endereço individual de uma ou mais estações que terão seus tráfegos observados; e escolhendo o fluxo de tráfego que mais lhe convier. O fluxo pode ser de entrada, quando apenas os quadros recebidos pelas estações selecionadas serão recuperados, de saída, correspondente aos quadros transmitidos pelos hospedeiros, ou ambos.

Existem ainda opções para supressão de campos e subcampos dos quadros que passarem pelo primeiro filtro, num processo de refinamento da filtragem. São elas:

1. eliminação do campo de endereço da fonte;
2. eliminação do campo de endereço de destino;
3. eliminação do campo de tamanho (ou tipo);
4. eliminação do campo de dados; e,
5. eliminação de subcampos do campo de dados.

Os subcampos a serem suprimidos são especificados em



pares <deslocamento, comprimento>. Ou seja, deslocamento define o começo do subcampo, correspondendo ao número de octetos contados a partir do início do campo de dados, e comprimento, indica o tamanho do subcampo, a partir do deslocamento fornecido, e, igualmente, em número de octetos.

Os quadros que transpuserem o primeiro filtro, e que sobreviverem ao segundo, se forem direcionados para o monitor de vídeo, ocasionarão a divisão da tela em três janelas. A primeira, da esquerda para a direita, conterà o Delta T de chegada do quadro, com relação ao quadro que o precedeu. O Delta T do primeiro quadro será relativo à inicialização desta facilidade. Na janela central, os octetos serão apresentados em hexadecimal, e na janela da direita, o conteúdo do quadro aparecerá em caracteres ASCII. Os intervalos entre quadros consecutivos são medidos em milissegundos.

Consideramos esta facilidade muito alvissareira, podendo ser empregada, por exemplo, na depuração de implementações de sistemas de caráter distribuído, e no diagnóstico de falhas. A possibilidade de se observar apenas partes selecionadas do campo de dados permite, entre outras, isolar sequências de octetos contendo campos diversos de protocolos das camadas superiores. A corretude dos fluxos de dados e de controle entre dois processos executando em hospedeiros diferentes, é passível de checagem. E assim por diante.

#### 4.1.5 Manipulando Parâmetros

O coprocessador utilizado na implementação da ferramenta, tem um número enorme de parâmetros operacionais modificáveis. Isto é uma grande vantagem pelas seguintes razões: (1) os padrões internacionais para redes locais, além de incluírem "sub-padrões" (nos quais certas especificações gerais variam), ainda não se encontram totalmente definidos, sendo que boa parte de possíveis variações poderiam ser acomodadas; (2) existem padrões industriais para redes locais CSMA/CD, que diferem ligeiramente dos padrões "de jure", e, novamente, a configurabilidade do coprocessador comporta essas diferenças; e, (3) o usuário tem em mãos a possibilidade de avaliar o desempenho e o comportamento do seu sistema com configurações de parâmetros diversas.

No intuito de tornar mais amigável a manipulação dos parâmetros funcionais do coprocessador, acrescentamos à ferramenta uma facilidade que permite recuperá-los, para simples verificação, e alterá-los, para as finalidades desejadas. Modificações na configuração dos coprocessadores das estações conectadas ao canal, poderiam ser seguidas de períodos de monitoração correspondentes. Essa seria uma maneira prática de se examinar as possíveis consequências no comportamento e no desempenho da rede local, decorrentes do novo ambiente de operação.

Alguns exemplos de parâmetros são: tamanho do preâmbulo, comprimento dos campos de endereçamento, tipo de CRC, espaçamento entre quadros, número máximo de retransmissões, tamanho mínimo dos quadros, operação em modo promíscuo, inserção do endereço individual em quadros a serem transmitidos, etc.

Convém observar que a manipulação de parâmetros não é

uma atividade trivial, devendo ser efetivada com muita cautela. Parte deles refere-se a características locais da operação de um coprocessador (p.e., modo promíscuo, recepção de quadros de difusão, etc), podendo ser testados sem problemas. Alguns, contudo, afetam aspectos gerais do funcionamento da rede (como tipo de CRC, codificação em uso, tamanho dos campos de endereço, e outros), implicando na necessidade de reconfiguração de todos os controladores de rede.

Neste ponto, finalizamos a discussão sobre a funcionalidade da ferramenta, do ponto de vista do usuário. Apresentamos a facilidade de monitoração, com certeza a principal, por permitir a obtenção de elementos fundamentais à boa gerência de redes locais. Em seguida, foram introduzidas as facilidades para geração de tráfego artificial e para tratamento de dados coletados, que procuram complementar a anterior, sendo, portanto, essenciais para o total aproveitamento da ferramenta. Por fim, abordamos as facilidades para observação de tráfego corrente, e para manipulação de parâmetros funcionais do coprocessador de rede. Na próxima seção direcionaremos a nossa atenção para aspectos relacionados ao desenvolvimento da ferramenta.

#### 4.2 Implementação da Ferramenta de Gerência

Todo projeto conta com mais de uma maneira para ser viabilizado. Afinal, não habitamos um ambiente estático, com idéias e concepções acabadas e definitivas, mas sim um mundo recheado de mentes pululantes, inventivas e criativas. Ultimamente, parcela razoável dessas cabeças têm contribuído para os vigorosos avanços registrados na nossa área de atuação. Partindo

destes pressupostos, devemos nos apressar em divulgar e esclarecer as alternativas adotadas na realização do nosso trabalho.

Iniciaremos descrevendo o ambiente escolhido para desenvolvimento, partindo, em uma segunda etapa, para uma discussão mais detalhada sobre a ferramenta propriamente dita, quando abordaremos a sua estruturação, arquitetura, componentes, e entradas e saídas.

#### 4.2.1 O Ambiente de Implementação

A plataforma básica empregada na implementação do pacote, foram os microcomputadores compatíveis com IBM PC-XT, e as redes locais do tipo Ethernet. A escolha das redes Ethernet justifica-se pela sua disponibilidade como solução comercial à conectividade em ambientes locais. Os micros do tipo PC, por sua vez, constituem-se na grande maioria dos equipamentos conectados a redes locais, no Brasil.

A família de computadores pessoais IBM surgiu a partir do anúncio, em 1981, do IBM PC ("Personal Computer"), lançado comercialmente em 1982, e imediatamente obtendo enorme sucesso em vendas. Desde então, muitos irmãos nasceram, como o XT, o AT, e, mais recentemente, os primos PS/2. Todos eles utilizam microprocessadores centrais e periféricos fabricados pela Intel Corporation, dos EUA. Os primeiros membros da família são máquinas de 16 bites, mas, já há algum tempo, pastilhas cada vez mais poderosas, de 32 bites, passaram a ser usadas. Existem muitos "clones" dos micros tipo PC, no Brasil e no Exterior.

A IBM se esmera em manter a compatibilidade "para cima"

entre os irmãos e primos, garantida, em boa parte, pelo sistema operacional mono-tarefa e mono-usuário, MS-DOS, criado especificamente para os IBM PCs pela Microsoft Corporation, também dos EUA. Apenas para não deixar em branco, juntamente com a família PS/2 foi lançado o sistema operacional multi-tarefa OS/2.

Tanto os microcomputadores pessoais IBM, como o sistema operacional MS-DOS, sobre o qual desenvolvemos a ferramenta, além de serem largamente disseminados no mundo inteiro, são exaustivamente comentados em manuais e na literatura técnica disponível, dos quais, salientamos, damos simplesmente alguns exemplos [24, 25, 26 e 27]. Deste modo, não nos ocuparemos mais deles, preferindo detalhar o adaptador de rede e o coprocessador utilizados.

#### 4.2.1.1 A Interface de Rede

Utilizamos no projeto, a placa de rede AmpliCard AC 106, fabricada pela Amplus Informática S.A. [28]. Esta placa foi desenvolvida para ser instalada em um dos escaninhos de expansão de microcomputadores compatíveis com IBM PC, XT, ou AT. O controlador de rede empregado é o coprocessador Intel 82588, do qual falaremos adiante. A funcionalidade compreende a camada física e parte da camada de enlace de dados, ou seja, a sub-camada de controle de acesso ao meio, especificada no padrão IEEE 802.3.

Os componentes da AC 106 incluem um controlador de DMA Intel 8237 [29], interface com o barramento do PC, para transferência de dados entre a placa e o computador (exigindo um canal de DMA, um nível de interrupção, e um endereço base de entrada e saída (E/S), do mesmo), interface com o sistema de transmissão, e o controlador de rede.

Para funcionar corretamente, este adaptador pode, e

deve, ser configurado através de uma série de estrapes, com vistas a definir o canal de DMA que será usado, o nível de interrupção, o endereço base de E/S, o modelo do hospedeiro, o meio físico de transmissão adotado, e o endereço físico do nó.

Para fixar o endereço da estação, existe um "dip switch" de oito bites, que deve ter configuração diferente, para cada placa na sub-rede. Como sabemos, endereços em redes Ethernet podem ter até seis octetos, sendo que a Amplus empresta apenas dois deles (na realidade, são empregados 10 bites, possibilitando um máximo de 1024 estações na mesma sub-rede).

Opcionalmente, o endereço individual pode ser inteiramente estabelecido por logicial. Decidimos, dada a disponibilidade, utilizar a configuração de bites do "dip switch", para formação de parte do endereço. Igualmente, adotamos endereços de 2 octetos, para que fosse possível aproveitar-se do sistema operacional de rede da Amplus, durante os testes da ferramenta.

Acreditamos ter fornecido elementos suficientes para situar a interface de rede empregada. Descreveremos, na próxima seção, o controlador de rede em questão.

#### 4.2.1.2 O Coprocessador de Rede

O coprocessador Intel 82588, fabricado em pastilha única, implementa funções de controle de redes locais CSMA/CD. Além das funções padrão, como transmissão e recepção de quadros, deferências a tráfego, manutenção do espaçamento entre quadros, cálculo do intervalo de colisão, e retirada em colisões, ele executa codificação e decodificação de bites (Manchester/NRZI), comportando taxas de transmissão de até 2 Mbps, e detecção de

portadora e de colisão [30 e 31].

A interação entre o processador hospedeiro (UCP) e o 82588 se desenrola através de memória compartilhada e dos registradores internos do 82588. A UCP monta uma estrutura de dados na memória, se for o caso, programa o seu controlador de DMA para a transferência, e emite o comando desejado para o coprocessador. Este, depois de executar o comando, ou após terminar outro tipo de operação (p.e., recepção de quadro), interrompe a UCP, que checará os registradores de status do 82588 para cientificar-se dos resultados.

O controlador de DMA realiza transferências de dados, seja em favor da UCP, seja em favor do coprocessador, sempre por solicitação do último, independente de serem quadros recebidos ou a serem transmitidos, ou blocos de comando. Transferências de comandos e status são realizadas sempre pela UCP. No projeto do adaptador de rede AC 106, o controlador de DMA da placa é usado para transferências de dados no sentido coprocessador-hospedeiro, enquanto que o DMA do micro realiza as transferências no sentido oposto [32].

O 82588 possui dois canais de dados. Normalmente, um é alocado para recepção de dados provenientes da UCP, e o outro para transmissões para o hospedeiro, e outras operações de inicialização e manutenção, tais como programação do endereço individual, configuração, etc.

Anotamos abaixo os principais comandos oferecidos pelo 82588 para interface com o processador hospedeiro. O uso desses comandos requer uma operação de escrita no registrador de comando do 82588:

1.IA-SETUP	Inicialização do endereço individual;
2.CONFIGURE	configuração dos parâmetros operacionais do coprocessador;
3.MC-SETUP	inicialização de endereços de grupo;
4.TRANSMIT	transmissão de um quadro;
5.DUMP	cópia do conteúdo dos registradores internos;
6.RETRANSMIT	retransmissão de um quadro colidido, após o intervalo de retransmissão;
7.RECEIVER-ENABLE	habilita recepção de quadros;
8.RECEIVER-DISABLE	desabilita recepção de quadros; e
9.RESET	reinicializa o coprocessador.

O 82588 reporta uma série de eventos, com seus respectivos status, à UCP. Isso é feito através dos seus registradores de status, em número de quatro. O registrador de status 0 sempre conterá o código do último evento reportado. Os registradores de status 1 e 2 carregam o resultado do evento. E o último deles (3), contém informações sobre o status da unidade de recepção do coprocessador. Os eventos mais importantes são os seguintes:

1.IA-SETUP-DONE	endereço individual inicializado;
2.CONFIGURE-DONE	configuração efetivada;
3.MC-SETUP-DONE	endereço de grupo carregado;
4.TRANSMIT-DONE	quadro transmitido;
5.DUMP-DONE	cópia dos registradores terminada;
6.END OF FRAME	quadro foi recebido;
7.RECEPTION ABORTED	recepção cancelada, provavelmente



devido a colisão;

B.RETRANSMIT-DONE retransmissão realizada; e

9.EXECUTION-ABORTED execução de comando abortada.

Para transmitir um quadro, a UCP deve preparar, na memória compartilhada, uma estrutura de dados chamada de bloco de dados para transmissão (fig. 4.2). Esse bloco deve começar com um campo (de dois octetos) indicando o comprimento total dos campos restantes. O segundo campo, corresponde ao endereço da estação destinatária do quadro, e no terceiro estão alocadas as informações a serem enviadas. Este último campo, a rigor, contém tanto o campo de tamanho, quanto o campo de dados do quadro, conforme o formato das unidades de dados no padrão Ethernet.

A UCP também precisa programar o controlador de DMA com o endereço da estrutura de dados na memória, e com o tamanho do bloco. Em seguida, um comando TRANSMIT deve ser emitido para o 82588, que começará a gerar solicitações para o DMA, a fim de ler o bloco de dados. O coprocessador também determinará se deve ou não deferir a tráfego, e por quanto tempo. Depois disso, é iniciada a transmissão do preâmbulo. O quadro é construído durante a transmissão. O endereço de destino é obtido na memória, o endereço da fonte é recuperado da sua própria memória de endereço individual (previamente programada), os campos de tamanho e de dados são carregados do bloco de transmissão, e o CRC é gerado na pastilha, ao final do quadro.

Ao concluir a transmissão, o 82588 interrompe a UCP, que poderá ler os registradores de status para tomar conhecimento dos resultados da mesma. Se ocorrer uma colisão, a transmissão será abortada, a colisão será reforçada, a UCP será, igualmente, interrompida, e o algoritmo de retirada será desencadeado. A

operação de retransmissão deve ser comandada pela UCP, após a reprogramação do DMA. Ao receber o comando RETRANSMIT, o 82588 esperará pelo final do intervalo de retransmissão, e tentará transmitir o quadro novamente.

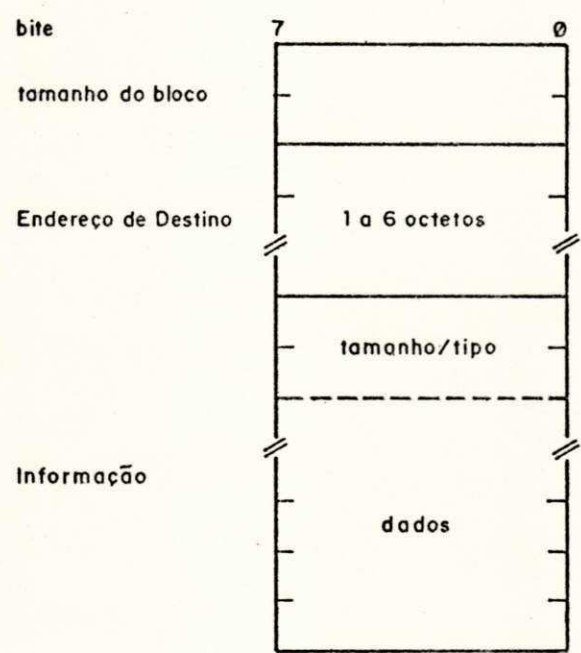


Fig. 4.2 - Formato do Bloco de Dados para Transmissão.

O comando RETRANSMIT difere do comando TRANSMIT, por não reinicializar a contagem do número de colisões (realizada internamente e reportada nos registradores de status), e por retomar a transmissão somente depois do intervalo de retransmissão.

Operações de recepção de quadros são habilitadas pelo comando RECEIVER-ENABLE. Previamente, a UCP deve alocar uma área de memória para armazenamento do quadro, e programar o DMA com o endereço da área. Se o endereço de destino do quadro contiver ou o endereço individual da estação, ou um dos endereços de grupo da mesma, ou o endereço de difusão, o quadro será recebido e deposi-

tado na memória, através de DMA. Quando todos os octetos tiverem sido devidamente armazenados, o 82588 interromperá a UCP.

No bloco de recepção (fig. 4.3), o formato dos quadros obedece a esta sequência: endereço de destino, endereço da fonte, informação (campos de tamanho e de dados), e status da recepção (dois octetos, acrescentados ao final da transferência). O número de octetos armazenados, incluindo os de status, ficam nos registradores de status 1 e 2, sendo assim justificada a localização dos bites de status da recepção na memória compartilhada.

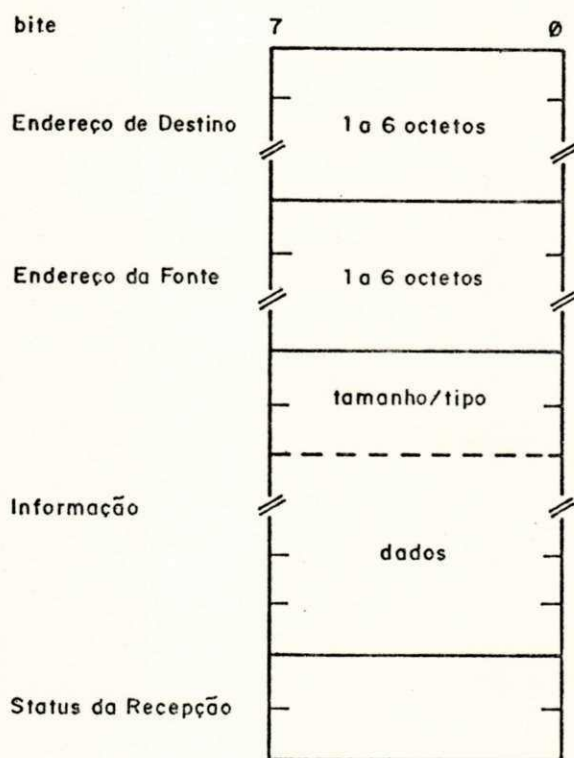


Fig. 4.3 - Formato de quadros recebidos, na memória.

Em linhas gerais, resumimos as características de operação fundamentais do coprocessador de rede 82588. De posse dessas informações, consegue-se divisar claramente o escopo de atuação do mesmo, e a participação da UCP, por meio de programas

especificamente desenvolvidos. Detalhes adicionais, como os tipos de erros detectados em recepções, poderão ser verificados adiante.

#### 4.2.2 Arquitetura e Estruturação da Ferramenta

A arquitetura geral da ferramenta é composta por três camadas, conforme o diagrama da fig. 4.4. Encontram-se, na camada superior, a interface com o usuário, na camada inferior, a interface com a placa de rede, e, na camada intermediária, a funcionalidade específica da ferramenta.

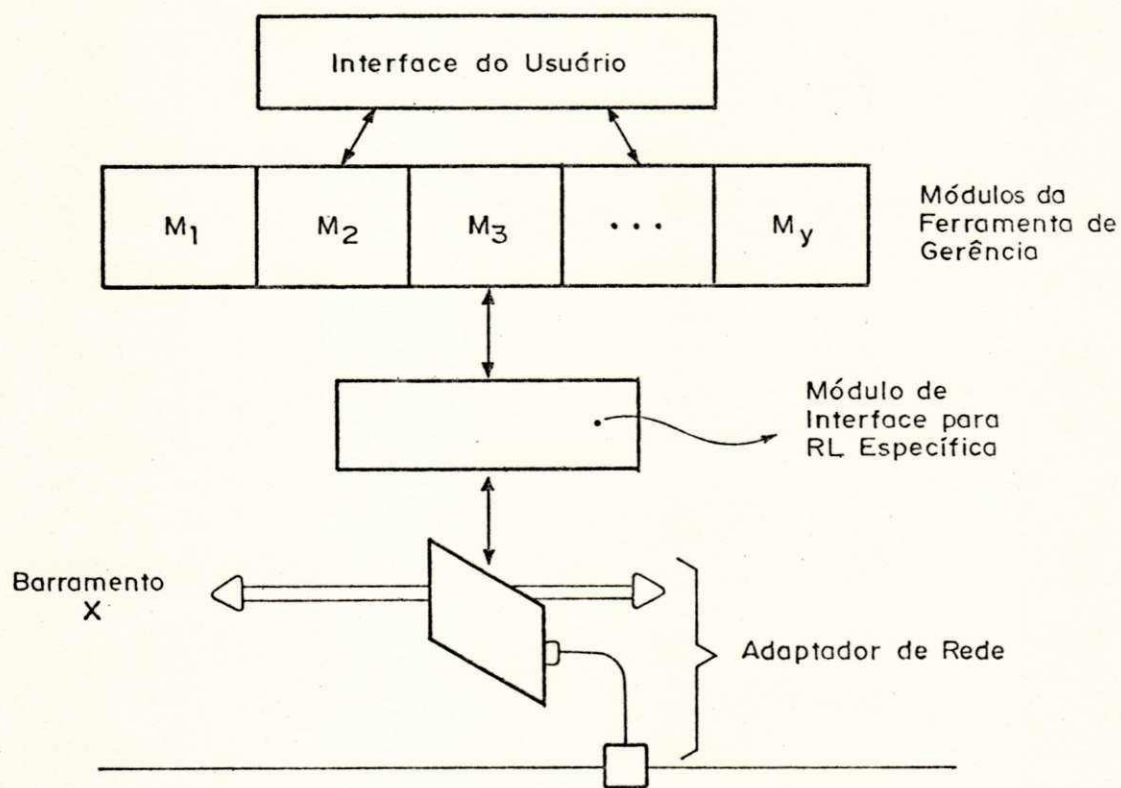


Fig. 4.4 - Estrutura da Ferramenta de Gerência de Redes.

A adoção deste enfoque arquitetural, traz certas vantagens ao projeto. A principal delas é a independência entre

as camadas (característica geral de qualquer arquitetura em camadas), permitindo a substituição indolor de uma delas, desde que a interface original seja preservada. Neste aspecto, atenção especial foi dedicada à camada inferior. Por ser, a rigor, a única dependente de componentes e equipamentos específicos, consideramos fundamental mantê-la isolada das demais. Em decorrência disso, a funcionalidade principal permanece imune a mudanças na rede, que afetarão, tão somente, a interface relacionada. Isso é muito importante, inclusive, para que a ferramenta possa ser transportada para uso em redes CSMA/CD diferentes.

A estrutura do logicial é altamente modular. Qualquer módulo pode usar funções desempenhadas por seus pares, não existindo precedências hierárquicas entre módulos instalados em uma mesma camada. Convém observar que o interrelacionamento entre os módulos não acarreta dependências entre os mesmos. Como no caso das camadas, módulos também podem ser modificados ou substituídos sem prejuízos para os demais, bastando, novamente, manter os serviços e estruturas de dados (interface) oferecidos anteriormente.

#### 4.2.3 Componentes Funcionais

Além da interface do usuário e da interface com o adaptador de rede, a ferramenta é composta por um coletor de dados, um conjunto de rotinas para análise de dados e emissão de relatórios, um gerador de tráfego artificial, um observador de tráfego, e um controlador da configuração do coprocessador. Não por acaso, os componentes da camada intermediária correspondem, precisamente, às facilidades descritas na seção 4.1.

O desejo de conferir modularidade ao projeto da ferramenta, conforme explicitado acima, levou-nos a criar módulos específicos para cada facilidade planejada. Deste modo, peculiaridades de cada componente não tornariam confusa a definição dos mesmos, por estarem inseridas apenas onde necessário, além de possibilitar testes, correções, acréscimos e modificações mais facilitados. Passemos, então, ao estudo dos módulos implementados.

#### 4.2.3.1 Interface do Usuário

Este componente é o responsável pela comunicação entre o operador e a ferramenta. Através dela, o usuário ganha acesso a todas as facilidades oferecidas pelo pacote. A cada solicitação, os procedimentos correspondentes são desencadeados, sob a direção final deste módulo. Procuramos desenvolver uma interface amigável, e de fácil entendimento, fazendo uso extensivo de menus, janelas e telas de extração, através das quais o usuário navega pelas facilidades da ferramenta.

Optamos por implementar as rotinas específicas de vídeo, por meio de chamadas a funções padronizadas, para facilitar a migração entre os equipamentos compatíveis com a família IBM de computadores pessoais. Isso comprometeu, ligeiramente, o desempenho do módulo, permitindo, contudo, a utilização da ferramenta em máquinas diferentes.

#### 4.2.3.2 O Coletor de Dados

O módulo de coleta de dados (ou sistema de aquisição), executa em um esquema de medição centralizada, tornando-se simples e de baixo custo. Esta abordagem permitiu que a

implementação fosse completamente realizada através de programas, eliminando-se ônus adicional com dispositivos físicos, caso se decidisse por uma estratégia descentralizada ou híbrida. Outros benefícios auferidos, podem ser constatados na necessidade de se alocar apenas uma estação da rede para a operação da ferramenta, sendo que o equipamento exigido é barato e muito disseminado. A contrapartida localiza-se na impossibilidade de obtenção de certas informações sobre o funcionamento da rede local.

A coleta é realizada passivamente, configurando-se o coprocessador de rede para operar em modo promíscuo. Nesta modalidade de funcionamento, como se sabe, todos os quadros porventura transitando pelo canal serão recebidos pelo nó, independente do endereço de destino. O casamento entre coleta passiva e medição centralizada propicia a total eliminação de perturbação no sistema sendo monitorado.

As variáveis registradas, para cada quadro recebido, são os endereços do destino e da fonte, o tamanho, e o instante da chegada à estação. É realizada, ainda, a contagem dos quadros recebidos com erro. Estatísticas de erros na recepção, mantidas pela interface com o adaptador de rede, referem-se a erros de CRC, erros de alinhamento, erros por falta de recursos, erros devido a indisponibilidade do barramento para transferência do quadro para a memória, quadros sem "flag" de EOF, e quadros menores que o mínimo configurado.

Urge um esclarecimento sobre como são recuperados os tempos entre chegadas de quadros. O seu cálculo é efetivado subtraindo-se o instante da chegada de um quadro qualquer, pelo instante da chegada do quadro que o precedeu. Ora, o primeiro quadro recebido em um período de monitoração não tem predecessor

(mantida a ordem natural do universo...). Assim sendo, para efeito de análises estatísticas, sempre se perderá um quadro quando o objeto de medição for esta variável.

Os retardos na emissão e o número de colisões ocorridas durante a transmissão, podem ser medidos localmente, em uma estação qualquer conectada à rede. Com auxílio do módulo de geração de tráfego, programa-se a ferramenta para gerar tráfego e registrar aquelas variáveis. Infelizmente, esta foi a única maneira encontrada para contornar as deficiências da estratégia de medição escolhida. De todo modo, avaliando nossas limitadas alternativas, consideramo-la satisfatória, pois não deixa o usuário totalmente desprovido desses dados.

Conceituamos retardo na emissão como sendo o tempo decorrido desde o momento em que se entregou um quadro a ser transmitido, para o coprocessador, até o instante em que é notificada a sua transmissão, pelo mesmo coprocessador. Incluídas estão, deficiências a tráfego e recuperações de colisões, com as respectivas tentativas de retransmissão (naturalmente, requerendo intervenção do programa executado no processador hospedeiro).

#### 4.2.3.3 As Rotinas de Análise de Dados

Este módulo é responsável por resumir as informações coletadas, conferir aos resumos o formato mais adequado, e tornar disponíveis (emitir) para o usuário os relatórios estatísticos resultantes. A utilização do mesmo só é possível após períodos de medição, posto que as limitações do ambiente de implementação inviabilizam a realização de análise de dados em tempo real.

Os relatórios, essencialmente sete, porém totalizando



nove (conforme veremos abaixo), são assim chamados: Matriz de Comunicação de Hospedeiros, Matriz de Comunicação de Grupos, Tabela de Vazão e Utilização, Tabela de Distribuição de Tamanho dos Quadros, Tabela de Distribuição de Tempos Entre Chegadas de Pacotes, Tabela de Distribuição de Colisões, Tabela de Distribuição de Retardos na Emissão, Relatórios de Caracterização do Ambiente Operacional, e Relatórios de Comportamento Sob Sobrecarga.

Os dois últimos da relação, estão vinculados, respectivamente, à opção Rede e à opção Comportamento Sob Sobrecarga (vide seção 4.1.1). Os Relatórios de Caracterização do Ambiente Operacional não introduzem novidades, simplesmente agrupam os relatórios vinculados às opções Tráfego (Matriz de Comunicação de Hospedeiros), Utilização (Tabela de Vazão e Utilização), Tamanho dos Quadros (Tabela de Distribuição de Tamanho dos Quadros), e Tempos Entre Chegadas de Quadros (Tabela de Distribuição de Tempos Entre Chegadas de Pacotes). Como foi dito na seção 4.1.1, a opção Rede engloba essas quatro outras, procurando fornecer uma visão geral do funcionamento da rede local. Os Relatórios de Comportamento Sob Sobrecarga, por seu turno, agrupam os relatórios vinculados às opções Utilização, Tamanho dos Quadros, e Tempos Entre Chegadas de Quadros. Esses três relatórios podem ser usados para derivar alguns gráficos muito úteis para examinar a equidade do compartilhamento do canal e a estabilidade da rede [16].

Abaixo, descrevemos sucintamente os relatórios, e no apêndice podem ser vistas listagens exemplos, emitidas pela própria ferramenta.

A Matriz de Comunicação de Hospedeiros é dividida em três partes. A primeira indica o fluxo de tráfego entre todas as

estações ativas na rede local, fornecendo o total de quadros e de octetos e a porcentagem de quadros e de octetos, transmitidos e recebidos entre cada par de hospedeiros. Na segunda parte é realizado um somatório, por estação originadora, dos totais e das porcentagens de quadros e de octetos, e na terceira é feito o mesmo com relação às estações receptoras. Esta matriz serve para caracterizar a distribuição de tráfego pelas estações e entre elas.

A Matriz de Comunicação de Grupos possui a mesma estrutura da descrita acima, sendo que, ao invés de hospedeiros, os dados referem-se a grupos previamente criados.

A Tabela de Vazão e Utilização informa o número de octetos transmitidos por segundo (vazão), e a razão vazão pela capacidade do canal (utilização), total e líquida (sem sobrecarga de controle), de cada estação ativa. Os dados contidos neste relatório representam a carga oferecida à rede por cada estação, e a porcentagem de banda passante obtida por cada uma, prestando-se à caracterização do volume de tráfego no canal, à checagem da equidade no compartilhamento do meio, e a análise de desempenho.

Todas as tabelas de distribuição possuem a mesma estrutura, listando, em uma primeira parte, as quantidades e a proporção de quadros recebidos, com determinada variável igual (tamanho, por exemplo). Após a tabela propriamente dita, é acrescentado um histograma resumindo os mesmos dados.

A Tabela de Distribuição do Tamanho dos Quadros é usada tipicamente para caracterização de tráfego, podendo ajudar, por exemplo, na otimização do dimensionamento dos "buffers" de transmissão e de recepção das estações. A Tabela de Distribuição

dos Tempos Entre Chegadas de Pacotes fornece parâmetros para avaliação da utilização da rede, sendo utilizada, também, para análise de desempenho. A Tabela de Distribuição de Colisões, é um parâmetro para análise de desempenho, sendo usada majoritariamente, para analisar a eficiência do protocolo de acesso ao meio. Por fim, A Tabela de Distribuição de Retardos na Emissão, igualmente caracterizadora do desempenho, inclui dados que permitem questionar e avaliar o desempenho do adaptador de rede e dos algoritmos associados.

#### 4.2.3.4 O Gerador de Tráfego Artificial

O gerador de tráfego foi estruturado de maneira distribuída, compondo-se de um elemento controlador da geração, e de um ou mais elementos geradores. A estação executando o controlador, damos o cunho de estação controladora da geração. As demais são apelidadas de estações geradoras de tráfego.

A estação controladora vale-se de um mecanismo especificamente desenvolvido para interação e controle das estações geradoras. Através desse mecanismo, é realizada a transferência dos parâmetros de geração para cada gerador. Estes, com a recepção dos parâmetros, preparam o ambiente de geração, que consiste em criar uma lista dos tempos entre chegadas dos quadros a serem emitidos, acompanhados dos tamanhos dos respectivos quadros.

Cada gerador tem a incumbência de notificar o controlador, ao encerrar a fase de preparação. Quando todos os geradores estiverem com os ambientes correspondentes prontos, o controlador desencadeará a sincronização de início. Se, durante esta etapa, algum gerador não confirmar a obtenção do sincronismo, a geração

será interrompida. O usuário será notificado sobre o gerador faltoso, e deverá intervir. Depois de corrigir possíveis problemas, o usuário dará a ordem para que nova sincronização seja tentada. Isso se repetirá até que todos os geradores estejam funcionando corretamente, ou até que a geração seja cancelada.

Durante a fase de injeção de tráfego, o controlador monitorará a atividade dos geradores, e manterá um registro dos que, eventualmente, permanecerem inativos. Contudo, neste estágio a geração não será interrompida. Ao final da geração, o usuário será informado sobre possíveis anomalias ocorridas nas etapas que sucedem a de sincronização de início. A interação entre a ferramenta e o usuário, durante campanhas de geração de tráfego, é realizada inteiramente através da estação controladora.

Para todo quadro gerado artificialmente, são registrados o número de colisões ocorridas, e o retardo na emissão observado. Cada gerador, ao encerrar as suas atividades, apresentará um resumo do tráfego gerado, no monitor de vídeo da sua estação, conforme já foi dito. Essas informações são importantes por oferecer elementos sobre o desempenho de cada nó utilizado na geração, e por permitir ao usuário a verificação do volume de tráfego submetido ao canal.

Outras características sobre o comportamento da rede durante a geração, podem ser obtidas utilizando-se o sistema de aquisição (o módulo coletor de dados). Lembrem-se da existência de uma opção específica para realização deste tipo de medição.

#### 4.2.3.5 O Módulo de Acompanhamento de Tráfego

A funcionalidade deste componente não é muito extensa. Ele realiza a coleta de quadros passivamente, submete-os aos procedimentos de filtragem e refinamento, e exibe-os no monitor de vídeo da estação em uso e/ou armazena-os em disco. Os procedimentos são simples, envolvendo comparações dos endereços nos quadros com endereços eventualmente fornecidos pelo usuário, observando-se o fluxo de tráfego escolhido, eliminações de campos pré-programadas, supressão de sub-campos do campo de dados, e conversão de códigos.

Os quadros recebidos são imediatamente submetidos ao filtro e ao refinamento. A execução do primeiro é muito rápida, sendo o segundo um pouco mais lento, porém, cremos, sem comprometer o desempenho geral do módulo. Em compensação, o trabalho de conversão de caracteres ASCII para notação hexadecimal para posterior exibição, é feito caracter a caracter, podendo afetar mais significativamente o processo de recebimento. Entretanto, elas executam em memória principal, sendo que as operações realmente demoradas são as envolvidas com o armazenamento de quadros.

É bom lembrar que a eficiência do logicial dependerá em grande parte da máquina e dos dispositivos em uso. Uma unidade de disco lenta ou ultrapassada, por exemplo, poderá anular todos os esforços de otimização dos algoritmos empregados.

#### 4.2.3.6 O Controlador da Configuração do Coprocessador

A implementação deste módulo, no que tange estritamente a parte de programação, não acarretou dificuldades. São realizadas basicamente duas funções, quais sejam, recuperar a

configuração atual do coprocessador, e, após registrar as alterações desejadas pelo usuário, reconfigurar o mesmo. Apesar da sua simplicidade, o desenvolvimento foi prejudicado pela ausência de documentação suficiente sobre os parâmetros operacionais do coprocessador 82588. Ainda assim, insistimos em levar adiante a idéia de torná-lo disponível, incluindo, na medida do possível, os parâmetros mais facilmente compreendidos, ou devidamente documentados.

A lista final dos parâmetros passíveis de controle é a seguinte:

- .Limite da FIFO,
- .Tamanho dos campos de endereço,
- .Inserção do endereço da fonte,
- .Tamanho do preâmbulo,
- .Loop de retorno,
- .Prioridade linear,
- .Prioridade exponencial,
- .Método de retirada,
- .Espaçamento entre quadros,
- .Slot time,
- .Número máximo de tentativas de retransmissão,
- .Modo promíscuo,
- .Difusão,
- .Codificação,
- .Transmissão na ausência de portadora,
- .Inserção de CRC,
- .Tipo de CRC,
- .Modo de Transparência de bite,
- .Enchimento, e

.Tamanho mínimo de quadro.

Caso sejam conseguidas referências mais extensivas sobre o coprocessador em questão, ou caso a ferramenta venha a ser adaptada para outro controlador de rede, cuja documentação seja mais facilmente acessível, seria muito simples estender o elenco de parâmetros controláveis.

#### 4.2.3.7 A Interface com o Adaptador de Rede

Chegamos ao último módulo desenvolvido, correspondente à primeira camada da arquitetura projetada. A principal função deste componente é mapear os comandos recebidos da ferramenta (via serviços oferecidos), em comandos inteligíveis pelo coprocessador, ou pelo adaptador de rede como um todo. Na via inversa, os dados devem ser formatados segundo as exigências da ferramenta. Quanto aos objetivos, o mais nobre consiste em manter as camadas superiores isoladas de aspectos específicos relacionados a implementações diversas de adaptadores de rede.

A interação entre a ferramenta e a rede subjacente, é efetivada por meio de uma série de serviços, fornecidos por esta interface. Apresentamos a seguir os mais destacados. O primeiro deles sempre é chamado ao se carregar a ferramenta, por ser o responsável pela inicialização e teste dos componentes da placa. Entre outros, esta função configurará o 82588, carregará o endereço individual, e programará o controlador de DMA da placa. A ocorrência de erros em qualquer dos passos da inicialização será reportada ao procedimento chamador.

Além do serviço comentado no parágrafo anterior, existem outros envolvidos com a manutenção e controle do 82588. Eles possibilitam carregar um endereço de grupo, recuperar a

configuração atual, reconfigurá-lo, e habilitar a operação em modo promíscuo.

Existem dois serviços para recepção de quadros. Um deles receberá apenas quadros especificamente endereçados à estação em uso (obviamente isso inclui, além do endereço individual, endereços de grupo eventualmente programados, e o endereço de difusão). Quadros recuperados por meio desse serviço serão entregues, na sua totalidade, à ferramenta, em uma estrutura de dados pré-definida.

O segundo serviço de recepção, configurará o coprocessador para operar em modo promíscuo, e retornará para o seu usuário, apenas os endereços do destino e da fonte, o tamanho, e o instante da chegada do quadro. Como pode ser notado, este serviço é orientado ao coletor de dados. Naturalmente, o próprio sistema de aquisição poderia recuperar essas informações, porém, trouxemos esta função para este nível do projeto, devido ao tempo exíguo do qual se dispõe para recuperar as informações desejadas sobre os quadros recebidos. Em termos mais concretos, considerando a rede local utilizada na implementação, que estava configurada para operar a 1 Mbps, tínhamos cada bite, de um quadro sendo recebido, chegando a cada microsegundo. Durante os testes, transmitíamos aproximadamente vinte quadros por segundo, com tamanho médio de 500 octetos, para serem monitorados pela ferramenta. Como pode ser visto na Tabela de Tempos Entre Chegadas de Pacotes, foram registrados tempos entre chegadas de até 1 milissegundo, reservando, para o logicial, esse mesmo lapso de tempo para recuperação dos dados desejados.

São oferecidos, igualmente, dois serviços para a transmissão de quadros. O primeiro providencia o envio de forma



convencional, montando o bloco de transmissão, transferindo-o para a memória compartilhada, e comandando o coprocessador. O outro, não realiza a montagem do bloco de transmissão (obviamente, existe um serviço para este fim), sendo, deste modo, mais enxuto quanto à sua funcionalidade. Em contrapartida, ele retornará ao seu chamador o número de colisões ocorridas, e o retardo na transmissão do quadro. Podemos aferir, facilmente, que ele é dirigido ao gerador de tráfego.

Julgamos interessante fornecer um serviço específico, mais rápido e menos dependente do equipamento hospedeiro, para o módulo de geração de tráfego artificial, por que os dados coletados durante campanhas de geração, servirão para verificar o desempenho do protocolo de acesso ao meio, e do adaptador de rede. Assim, quanto menos comprometermos os retardos resultantes, mais próximo do real serão os valores observados. Ademais, como parte do procedimento é realizado pelo processador hospedeiro, seu desempenho também poderá afetar as medições.

O último serviço que apresentaremos, mantém estatísticas de erros em recepções de quadros, e as fornece quando solicitadas. Há um par seu, responsável por zerar as estatísticas sempre que for chamado. Estes dois serviços geralmente são utilizados pelo coletor de dados, antes de iniciar um período de monitoração, zerando as estatísticas, e ao final, recuperando-as e armazenando-as para uso posterior pelas rotinas de emissão de relatórios.

#### 4.2.4 Testes de Sistemas de Caráter Distribuído

Consideramos, no início do projeto, a possibilidade de se oferecer facilidades para testes de implementações de sistemas de caráter distribuído. Entretanto, no decorrer dos trabalhos, detectamos certo distanciamento entre essas facilidades e os propósitos da ferramenta apresentada. De qualquer modo, gostaríamos de deixar as idéias registradas para que possam, no futuro, ser aproveitadas no âmbito de algum projeto, cujo direcionamento acomode com maior naturalidade funções desse tipo.

Exporemos, brevemente, as funções previstas para a mesma, que são: um mecanismo para transferência de arquivos e outro para troca de mensagens, um canal cativo, e rotinas de apoio a geração de erros e exceções. O mecanismo para transferência de arquivos e o procedimento para troca de mensagens, executam entre duas estações da rede local, que estejam sendo utilizadas para a realização de testes ou depuração de uma implementação de logicial distribuído. Qualquer tipo de arquivo poderia ser transferido entre as duas estações, como dados, atas de testes, etc. Mensagens também poderiam ser trocadas entre os operadores das estações.

O canal cativo seria útil para a transmissão e recebimento de mensagens entre programas desenvolvidos para exercitar implementações em teste. Considerando que uma implementação em teste seria colocada entre dois processos testadores (em hospedeiros diferentes), a troca de informações entre ambos poderia ser prejudicada pelo mau funcionamento da implementação em teste. Neste sentido, o objetivo do canal cativo é fornecer uma via livre de erros entre os programas testadores, que poderia ser usada para sincronização de sequências de testes, troca de

Informações sobre erros e exceções, etc.

Por fim, as rotinas de auxílio à geração de erros e exceções estariam sub-divididas em dois componentes, e seriam aplicáveis em uma estrutura de testes como a descrita no parágrafo anterior. O primeiro deles, seria encarregado de interceptar quadros no fluxo de entrada da estação na qual a implementação em teste estivesse executando, podendo duplicá-los, retardá-los ou eliminá-los. O segundo componente, teria como função inserir quadros tanto no fluxo de entrada quanto no fluxo de saída da estação, podendo repetí-los por um certo número de vezes especificado pelo usuário.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O código desenvolvido tem aproximadamente 11.000 linhas, das quais mais de 90% em linguagem C, e próximo de 10% em linguagem de montagem. Realizamos alguns testes envolvendo o sistema de aquisição e o emissor de relatórios, sendo que alguns dos resultados podem ser observados no apêndice. Também experimentamos o gerador de tráfego, a facilidade de acompanhamento de tráfego, e o controlador da configuração do adaptador de rede.

A principal constatação foi relativa à capacidade de recuperação dos quadros transitando pelo canal, ou de informações sobre os mesmos. Quando a carga de tráfego é alta (acima de 80% da capacidade do meio de transmissão), uma parcela dos quadros é perdida, observando-se a necessidade de máquinas mais velozes, ou de revisão meticulosa nos algoritmos. Não obtivemos números precisos referentes às perdas, porém acreditamos poderem atingir mais de 50% do total de quadros sendo transmitidos. Causa-nos um pouco de espécie as variações no desempenho de microcomputadores compatíveis. Em alguns casos, consegue-se obter quase 70% de sucesso. Em outros, mais de 50% dos quadros passam incólumes.

Pretendemos continuar testando este aspecto do trabalho desenvolvido, em busca do equipamento ideal. Provavelmente, computadores equipados com microprocessadores mais rápidos, como os da linha Intel 80x86, amenizarão ou solucionarão por completo essa deficiência. Habita nossos planos, igualmente, investigar possíveis melhorias em partes críticas do logicial.

Quanto à facilidade de acompanhamento de tráfego, concluímos que a melhor alternativa reside na expansão da memória

principal. Observamos que as rotinas de armazenamento em disco, quando ativadas, afetam significativamente o procedimento de recebimento de quadros, mesmo que a opção de exibição não tenha sido selecionada. Esta, por sua vez, demonstrou desempenho satisfatório nas ocasiões em que a quantidade de octetos sobreviventes ao segundo filtro não eram grandes. Uma alternativa a ser verificada, consiste em implementar rotinas acessando diretamente a memória de vídeo, que propiciariam rapidez muito maior. Não desistimos, de todo modo, de checar o comportamento do pacote em máquinas mais novas (e velozes).

Do ponto de vista de acréscimos à ferramenta, achamos que principalmente o componente de análise de dados e emissão de relatórios, e o módulo de observação de tráfego deveriam ter suas funcionalidades aumentadas. O primeiro mereceria rotinas adicionais que condensassem gráficos a partir das informações já disponíveis atualmente. A representação gráfica de dados estatísticos, é, sabidamente, muito superior a relatórios como os propostos.

No que diz respeito ao módulo de observação, acreditamos que a capacidade de reconhecer protocolos das camadas superiores seja absolutamente desejável. Funções desse tipo, atuariam como um filtro natural à proliferação de octetos manipulados atualmente. Mas o principal objetivo, é fornecer serviços cada vez melhores ao usuário, que estariam acompanhando cadeias de caracteres inteligíveis logo à primeira vista. Isso eliminaria a necessidade de tabelas de conversão de códigos, referências técnicas sobre protocolos, e outros, facilitando enormemente a compreensão do conteúdo dos quadros.

A continuidade do trabalho, aponta, inevitavelmente, em direção a sistemas de apoio à gerência de redes cada vez mais

elaborados. As extensões discutidas acima, são apenas o princípio. O ápice, provavelmente, é a arquitetura de gerenciamento OSI (ao menos atualmente).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] TANENBAUM, Andrew S., Computer Networks, Prentice-Hall inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1981.
- [2] TAROUÇO, Liane M. R., Redes de Computadores - Locais e de Longa Distância, Ed. McGraw-Hill, São Paulo, 1986.
- [3] GIOZZA, William F. et all, Redes Locais de Computadores - Tecnologia e Aplicações, Ed. McGraw-Hill, São Paulo, 1986.
- [4] MOURA, José A. B. et all, Redes Locais de Computadores - Protocolos de Alto Nível e Avaliação de Desempenho, Ed. McGraw-Hill, São Paulo, 1986.
- [5] SOARES, Luiz Fernando G., Redes Locais, Ed. Campus, Rio de Janeiro, 1986.
- [6] METCALFE, Robert M. e BOGGS, David R., "Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks", CACM, vol. 19, nr. 7, pp. 395-403, Jul. 1976.
- [7] SHOCH, John F. et all, "Evolution of the Ethernet Local Computer Network", in Tutorial - Local Network Technology, IEEE Computer Society Press, pp. 39-55, Maryland, EUA, 1983.
- [8] Intel Corporation, Microcommunications Handbook, Volume 1 - Components, Illinois, EUA, 1990.
- [9] FREEDMAN, Richard B., "Net Management choices: Sidestream or Mainstream", Data Communications, pp. 91-108, Ago. 1982.

- [10] KLERER, S. Mark, "The OSI Management Architecture: an Overview", IEEE Network, vol. 2, nr. 2, pp. 20-29, Mar. 1988.
- [11] CECERE, Marc E., "Easing the Burden of Network Management", LAN Technology, pp. 25-31, Jun. 1989.
- [12] BUSH, John, "Portable Diagnostics: Taking the Tests to the Network Trouble", Data Communications, pp. 57-75, Out. 1979.
- [13] SPANGENBERG, Scott e RAYMOND, G. A. Cote, "Views on a Network Analyzer", Byte, vol. 12, nr. 8, pp. 191-198, Jul. 1987.
- [14] SAAL, Harry, "Looking for Trouble", Byte, vol. 14, nr. 1, pp. 259-265, Jan. 1989.
- [15] VASSILIADES, S. et all, "A Monitor Tool for a Network Based on the Cambridge Ring", Software Practice and Experience, pp. 671-687, 1986.
- [16] SHOCH, J. F. e HUPP, J. A., "Measured Performance of an Ethernet Local Network", CACM, vol. 23, nr. 2, pp. 711-721, Dez. 1980.
- [17] STOKESBERRY, D. P., "A Characterization of Traffic on NBSNET", Relatório Técnico do NBS, Washington, D. C., 20234, EUA, 18p., 1983.
- [18] AMER, Paul D. et all, "Measuring a Local Network's Performance", Data Communications, pp. 173-182, Abr. 1983.



- [19] STOKESBERRY, D. P. e ROSENTHAL, R., "The Design and Engineering of a Performance Measurement Center for a Local Area Network", Proceedings of the Computer Networking Symposium, pp. 110-121, Dez. 1980.
- [20] AMER, Paul D., "A Measurement Center for the NBS Local Area Computer Network", IEEE Transactions on Computers, vol. C-31, nr. 8, pp. 723-729, Ago. 1982.
- [21] ROGOSKI, J. H. e MARTINS, J. S. B., "Ferramenta para Suporte à Gerência de Redes Ethernet", Anais do 7o. Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, Florianópolis, Santa Catarina, 03 a 06 de Setembro de 1989.
- [22] ROGOSKI, J. H. e MARTINS, J. S. B., "Projeto de um Monitor de Desempenho para Redes Ethernet", aceito para publicação nos Anais do 8o. Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores.
- [23] NAYLOR, T. H., Computer Simulation Techniques, John Wiley & Sons, Inc., EUA, 1966.
- [24] NORTON, P., Desvendando o PC, Ed. Campus, Rio de Janeiro, 1987.
- [25] Microsoft MS-DOS 3.3 - Guia do Usuário e Referência do Usuário, Microsoft Corporation.
- [26] NORTON, P., Guia do Programador para IBM-PC, Ed. Campus, Rio de Janeiro, 1989.
- [27] SARGENT III, M. e SHOEMAKER, R. L., The IBM Personal Computer From the Inside Out, Addison-Wesley Publishing Company, EUA, 1984.

- [28] Amplicard AC 106 - Manual de Instalação - Versão X.2, Amplus Informática S.A., Rio de Janeiro, Mai. 1988.
- [29] "8237A/8237A-4/8237A-5 High Performance Programmable DMA Controller", Data Sheet, in Intel Microsystem Components Handbook, Volume I - Microprocessors, pp. 2-52 a 2-66, Intel Corporation, Santa Clara, California, EUA, 1986.
- [30] "82588 High Integration LAN Controller", in Intel Microcommunications Handbook, Volume I - Components, pp. 1-177 a 1-202, Intel Corporation, Illinois, EUA, 1990.
- [31] GOLBERT, A. e GANDHI, S., "Implementing StarLAN with the Intel 82588", in Intel Microcommunications Handbook, Volume II - Applications, pp. 1-81 a 1-154, Intel Corporation, Illinois, EUA, 1990.
- [32] Documentação Técnica sobre o projeto da placa AMPLICARD AC 106, gentilmente cedida pela Amplus Informática S.A.

APÊNDICE

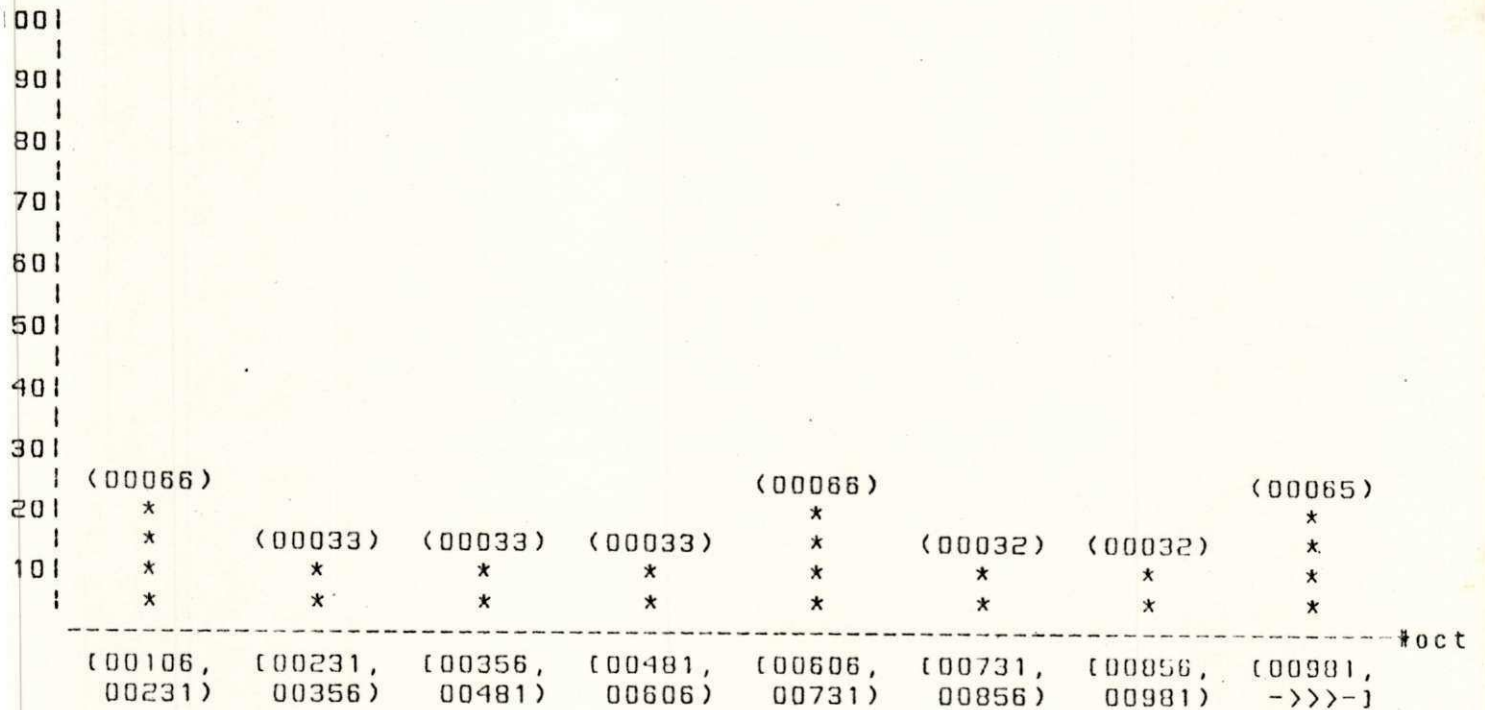
TABELA DE DISTRIBUICAO DE TAMANHO DOS QUADROS

Coleta realizada em 31/10/90, as 15:50:08 hs, durante 61.000 seg.

NUMERO DE OCTETOS NO QUADRO	DE FREQUENCIA		DISTRIBUICAO CUMULATIVA	
	#quadros	%	#quadros	%
106	33	9.17	33	9.17
206	33	9.17	66	18.33
306	33	9.17	99	27.50
406	33	9.17	132	36.67
506	33	9.17	165	45.83
606	33	9.17	198	55.00
706	33	9.17	231	64.17
806	32	8.89	263	73.06
906	32	8.89	295	81.94
1006	32	8.89	327	90.83
1106	33	9.17	360	100.00

% de quadros

(#quadros)



ESUMO

total de quadros: 360  
total de octetos: 217260

Maior quadro recebido: 1106  
Menor quadro recebido: 106  
Média de octetos por quadro: 603.500  
Mediana dos quadros recebidos: 606  
Moda dos quadros recebidos: 106  
Desvio Padrão: 316.262

Numero de quadros recebidos com erro: 0

TABELA DE DISTRIBUICAO DE TEMPOS ENTRE CHEGADAS DE PACOTES

Coleta realizada em 14/11/90, as 16:13:12 hs, durante 16.000 seg.

TECP (millseg)	DE FREQUENCIA		DISTRIBUICAO	
	#quadros	%	#quadros	CUMULATIVA %
2	4	2.21	4	2.21
3	16	8.84	20	11.05
4	41	22.65	61	33.70
5	49	27.07	110	60.77
6	31	17.13	141	77.90
7	22	12.15	163	90.06
11	9	4.97	172	95.03
12	1	0.55	173	95.58
1604	1	0.55	174	96.13
1605	1	0.55	175	96.69
1606	6	3.31	181	100.00

% de quadros

(#quadros)

100| (00173)

| \*  
90| \*  
| \*  
80| \*  
| \*  
70| \*  
| \*  
60| \*  
| \*  
50| \*  
| \*  
40| \*  
| \*  
30| \*  
| \*  
20| \*  
| \*  
10| \*  
| \*

(00000) (00000) (00000) (00000) (00000) (00000) (00000) (00008)  
\*  
-----mseg

(000002, (00202, (00402, (00602, (00802, (01002, (01202, (01402,  
00202) 00402) 00602) 00802) 01002) 01202) 01402) ->>>-)

ESUMO

total de quadros: 182  
ECP medio: 76.028  
valor TECP: 1606  
enor TECP: 2  
ECP Mediano: 5  
ECP Moda: 5  
esvio Padrao: 328.932

Numero de quadros recebidos com erro: 0

MATRIZ DE COMUNICACAO DE HOSPEDEIROS

Coleta realizada em 19/11/90, as 19:03:07 hs, durante 16.000 seg.

TRAFEGO		QUADROS		OCTETOS	
fonte	destino	numero	%	numero	%
0200	010b	184	100.00	116604	100.00
TOTAIS ORIGINADOS					
0200		184	100.00	116604	100.00
TOTAIS DESTINADOS					
	010b	184	100.00	116604	100.00

RESUMO

Total de quadros: 184  
 Total de octetos: 116604  
 Media de octetos por quadro: 633.717

Numero de quadros recebidos com erro: 0

TABELA DE VAZAO E UTILIZACAO

Coleta realizada em 19/11/90, as 19:08:49 hs, durante 10.000 seg.

HOSPEDEIRO	TOTAL		LIQUIDA	
	VAZAO (octetos/seg)	UTILIZACAO (% capacidade)	VAZAO (octetos/seg)	UTILIZACAO (% capacidade)
0200	7562.60	0.01	7490.00	0.01

RESUMO

Total de quadros: 121  
 Total de octetos: 75626  
 Vazao total media: 7562.60  
 Utilizacao total media: 0.01  
 Vazao liquida media: 7490.00  
 Utilizacao liquida media: 0.01

Numero de quadros recebidos com erro: 0