

PROJETO DE UM MONITOR DE DESEMPENHO PARA REDES ETHERNET

Jorge H. Rogoski e Joberto S. B. Martins

Área de Comunicação de Dados - DIS/DIN/EMBRAPA
CP 040.315 - CEP 70.770 - Brasília - DF

Grupo de Redes de Computadores - GRC/DSC/DEE/UFPb
CP 10.032 - CEP 58.100 - Campina Grande - PB

RESUMO - Este trabalho descreve o projeto de um monitor de desempenho cujo objetivo é auxiliar nas atividades de gerência de redes locais de computadores (RLs). O projeto é baseado nas RLs Ethernet, dada sua disponibilidade como solução comercial à conectividade em ambientes locais. Os principais componentes do monitor são: um sistema de aquisição de dados, um gerador de tráfego artificial, rotinas de análise de dados, um configurador do coprocessador de rede, um conjunto de facilidades de apoio a testes e depuração de implementações de sistemas distribuídos, uma interface com o adaptador de rede, e uma interface do usuário.

1. INTRODUÇÃO

Em termos gerais, uma rede local (RL) [1] pode ser definida como um conjunto de dispositivos que se comunicam a distâncias reduzidas, em torno de 10 m a 10 km. Os dispositivos variam desde simples terminais até supercomputadores, incluindo impressoras e outros equipamentos que necessitem ou forneçam facilidades para transmissão de dados, voz ou imagem. A comunicação é efetivada, normalmente, através de par trançado, cabo coaxial ou fibra óptica. A conversação entre as aplicações nas estações da RL são implementadas por algumas camadas de protocolos em hardware e/ou software. Redes locais são úteis para diversas finalidades, como obtenção de conectividade em ambientes computacionais, objetivando compartilhamento de recursos caros ou escassos, automação industrial, automação de escritórios, etc.

O mercado de RLs no Brasil, após um início tímido, tem experimentado um bom crescimento nos últimos anos. A tecnologia predominante entre os produtos disponíveis comercialmente é compatível com o padrão IEEE 802.3, derivado da rede Ethernet, da Xerox [2]. Nesta, o canal de transmissão é um barramento de acesso múltiplo controlado pela técnica de detecção de portadora e de colisão ("Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection" - CSMA/CD). As implementações geralmente fazem uso de coprocessadores de rede, como os CIs 82586 e 82588 da Intel.

Devido à enorme quantidade de componentes que uma RL encer-

ra, contabilizando os equipamentos que estarão conectados a ela, a compreensão do seu comportamento em um ambiente operacional torna-se tarefa difícil, não obstante imprescindível para que os serviços oferecidos aos usuários sejam mantidos em níveis satisfatórios. A gerência e controle de uma RL requer testes e medições que espelhem o seu funcionamento e ajudem a avaliar o seu desempenho, fornecendo dados que permitam realizar as correções, ajustes ou modificações necessárias, bem como, planejar o crescimento da mesma.

No restante deste artigo apresentaremos o projeto e detalhes da implementação de um monitor de desempenho para redes locais que empreguem o protocolo CSMA/CD. O objetivo do trabalho que desenvolvemos é fornecer ferramentas que suportem a atividade de gerência de RLs. Dentre as funções executadas pelo monitor de desempenho, destacamos a coleta e apresentação de estatísticas sobre o funcionamento e o desempenho da RL, a possibilidade de realização de testes sob condições de tráfego controladas, a configuração do coprocessador de rede, e algumas facilidades para apoio a testes e depuração de implementações de sistemas distribuídos.

2. GERÊNCIA DE REDES LOCAIS E FERRAMENTAS

Gerência de redes, sejam elas locais ou de longa distância, é melhor definida em termos das cinco funções identificadas pela "International Standardization Organization" (ISO) [3], quais sejam:

- .gerência de falhas: detecção, isolamento e correção de condições anormais;
- .gerência de configuração: monitoração e manutenção das condições da rede;
- .gerência de desempenho: manutenção do desempenho da rede em níveis aceitáveis;
- .gerência de contabilização: permite alocar custos e cobrar pelo uso dos recursos da rede; e
- .gerência de segurança: controle de acesso aos recursos de comunicação.

A essas, acrescentamos a função de gerência de planejamento, responsável pela identificação de novas demandas e necessidades de crescimento ou alterações.

Existem muitos produtos voltados para a gerência de RLs, notadamente no exterior. Esses produtos podem ser agrupados nas seguintes categorias [4]: ferramentas da camada física, analisadores, e gerenciadores de aplicações.

Ferramentas da camada física auxiliam na checagem da integridade dos componentes da camada física da rede.

Analisadores incluem monitores de desempenho e analisadores de protocolos. Esses dispositivos são mais inteligentes que as

ferramentas da camada física, e podem medir o desempenho e simular tráfego em RLs. Monitores de desempenho atuam sobre a camada de enlace de dados. Analisadores de protocolos possuem a capacidade adicional de diferenciar protocolos de camadas superiores.

Gerenciadores de aplicações são mais complexos, e fornecem facilidades para o exercício de todas as funções de gerência listadas acima. A arquitetura de gerenciamento da OSI [3] é um dos principais exemplos de gerenciadores de aplicações.

3.UM MONITOR DE DESEMPENHO

Os principais componentes de um monitor de desempenho são um sistema de aquisição de dados, responsável pela coleta de informações sobre a RL, um gerador de tráfego, que viabilize experimentação controlada e repetível da RL, e um analisador de dados, para a preparação dos relatórios que caracterizarão a RL [5], [6], [7], [8].

O monitor de desempenho que ora apresentamos está estruturado em três camadas, conforme pode ser visto na fig. 1. Na camada superior encontra-se a interface do usuário. Através dela o usuário comunica-se com o monitor, selecionando objeto de medição, tempo de coleta de dados, entre outras opções disponíveis. A interface coordena o funcionamento do monitor, a partir das solicitações do usuário.

Na camada inferior localiza-se o módulo de interface para uma RL específica. Esta camada é a única dependente do hardware, de maneira que a mesma pode ser substituída sempre que se deseje utilizar o monitor em uma RL diferente da atual. Isto confere independência ao monitor, que foi projetado para ser utilizado em qualquer RL que empregue, especificamente, o protocolo IEEE 802.3. A principal função do módulo de interface é mapear comandos e estruturas de dados do monitor para o controlador de rede e vice versa, de modo que diferenças entre implementações de RLs sejam transparentes para o monitor.

A camada intermediária consiste na funcionalidade específica do monitor de desempenho. Nela estão o módulo de aquisição de dados, o gerador de tráfego artificial, as rotinas de análise de dados, o configurador do adaptador de rede, e um conjunto de facilidades para apoio a testes e depuração de implementações de sistemas distribuídos.

O configurador do adaptador de rede permite recuperar e/ou modificar os parâmetros do coprocessador de rede, ou reiniciá-lo com a parametrização "default". Assim, parâmetros como tamanho dos campos de endereçamento, tamanho do preâmbulo, método de retirada, "slot time", e outros, podem ser controlados facilmente. Este componente foi desenvolvido especificamente para os coprocessadores de rede 82586 e 82588 da Intel, que implementam a subcamada de controle de acesso ao meio especifi-

cada no padrão IEEE 802.3/Ethernet.

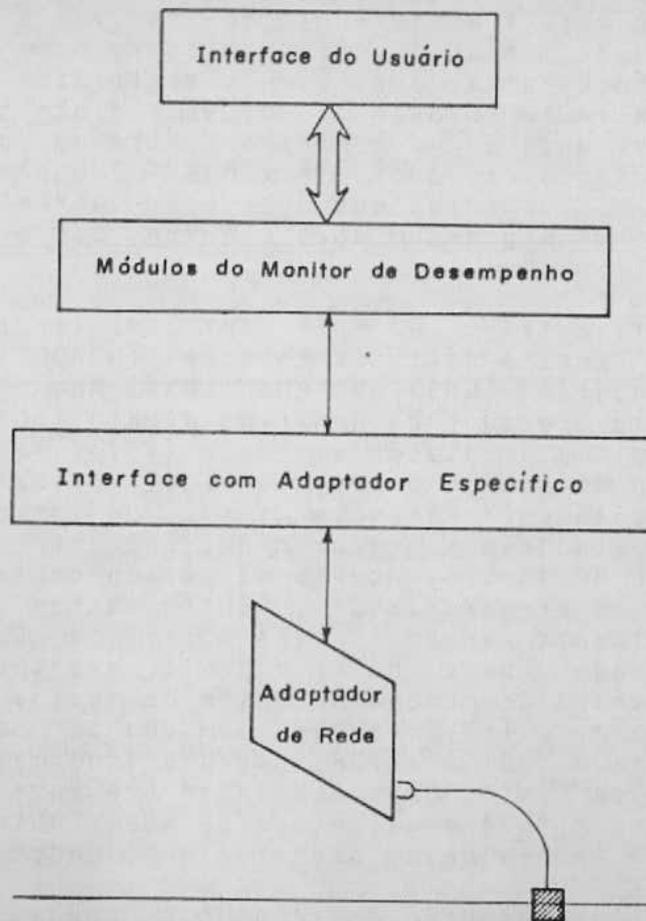


FIG. 1 - Arquitetura do Monitor de Desempenho

O módulo de apoio a testes e depuração de implementações de sistemas distribuídos inclui as seguintes facilidades: rotinas para acompanhamento de tráfego, um mecanismo para transferência de arquivos, um procedimento para transmissão de mensagens, um canal cativo, e rotinas para geração de erros e exceções.

A facilidade de acompanhamento de tráfego ouve o meio de transmissão, coleta os quadros que transitarem pelo mesmo, e os armazena em disco e/ou exibe no monitor de vídeo. O usuário pode filtrar o tráfego que deseja observar segundo os seguintes critérios: (1) determinando o endereço da estação (pode ser mais de uma) que terá seu tráfego observado, e (2) escolhendo o fluxo de tráfego (entrada/saída/ambos) que mais lhe convier. Existem ainda opções para eliminação de campos e subcampos dos quadros sendo recuperados. São elas: (1) eliminação do campo de endereço da fonte e/ou do destino do quadro, (2) eliminação do campo de

tamanho do quadro, (3) eliminação do campo de dados, e (4) eliminação de subcampos do campo de dados, especificados em termos de início-comprimento do subcampo.

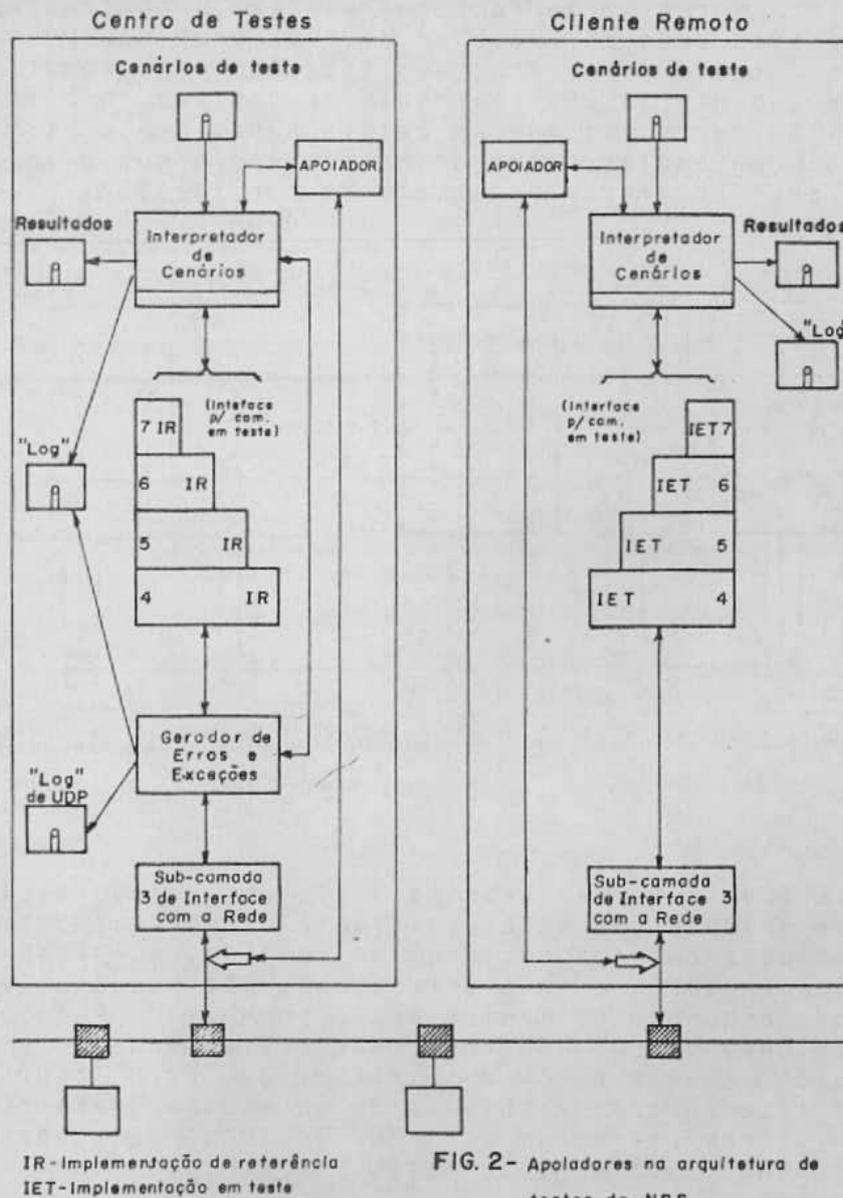
O mecanismo para transferência de arquivos e o procedimento para transmissão de mensagens executam entre duas estações da RL que estejam sendo utilizadas para a realização de testes ou depuração de uma implementação de software distribuído. Qualquer tipo de arquivo pode ser transferido entre as duas estações, simplificando a troca de dados, rotinas, "logs" de teste, etc. Adicionalmente, os usuários que estiverem operando as estações podem transmitir mensagens um para o outro, com os mais diversos propósitos.

O canal cativo (fig. 2) foi idealizado tendo-se em mente a arquitetura de testes de implementações ISO/OSI do "National Bureau of Standards" (NBS) dos EUA [9]. Naquela arquitetura prevê-se um Interpretador de Cenários Remoto (ICR) operando na mesma estação da implementação em teste (IET), e um Interpretador de Cenários do Centro de Testes (ICCT) operando na estação das implementações de referência (IRs). Os interpretadores de cenários, ou testadores, trocam mensagens entre si para efeito de sincronização de testes, carga de séries de teste, troca de informações sobre erros/exceções, entre outros. Porém, essas mensagens normalmente passam através da IET, a qual, não estando totalmente depurada, pode conter erros e, eventualmente, causar alterações ou perdas de mensagens entre os testadores. O canal cativo sobrepassa a IET, fazendo com que as mensagens fluam diretamente entre o ICCT e o ICR, propiciando maior confiabilidade às sessões de teste. Cabe salientar que esta facilidade não tem seu uso restrito à arquitetura do NBS. Outras estruturas para testes, que também sejam distribuídas, podem empregá-la.

As rotinas para geração de erros e exceções estão subdivididas em dois componentes. O primeiro intercepta quadros no fluxo de entrada da estação, podendo duplicá-los, retardá-los ou eliminá-los. Note que trata-se de quadros, ou seja, unidades de dados da camada de enlace de dados. Desta forma, o usuário deve controlar o número de quadros que devem ser interceptados para que a ação desejada seja efetivada sobre uma mensagem ou um pacote. Isto é facilmente obtido, desde que se tenha conhecimento do tamanho das unidades de dados das diversas camadas de protocolo envolvidas. O segundo componente insere quadros tanto no fluxo de entrada quanto no fluxo de saída da estação, podendo repeti-los por um certo número de vezes especificado pelo usuário.

Excetuando-se a facilidade para acompanhamento de tráfego, as ferramentas de apoio a testes e depuração de implementações são instaladas na memória do microcomputador e permanecem residentes, sendo ativadas através de teclas especiais, para transmissão de mensagens ou transferência de arquivos, ou interrupções, para o restante. Esta solução é justificada pelo ambiente no qual o projeto está sendo implementado, ou seja, computadores do tipo PC e sistema operacional mono-tarefa, que constituem, no Brasil, a grande maioria dos equipamentos conectados a RLs. Caso se dispusesse de um sistema operacional multi-

tarefa seria possível uma solução mais convencional.



4. COLETA E GERAÇÃO DE TRÁFEGO

O coletor de dados executa em um esquema de medição centralizada (fig. 3), o que o torna simples e de baixo custo [7], [8]. Isto possibilita maiores oportunidades de uso, uma vez que a implementação é toda em software, e apenas uma estação da RL será alocada pelo mesmo. E mais, a estação necessária, chamada estação de monitoração quando em uso pelo monitor, é um equipamento barato e muito difundido. Em contrapartida, algumas características da RL não poderão ser monitoradas, pois certas me-

dições são exequíveis somente descentralizadamente. De todo modo, como veremos abaixo, adotamos algumas alternativas para contornar as limitações impostas pela estratégia centralizada.

A coleta é realizada de forma passiva, configurando-se o coprocessador de rede para operar em modo promíscuo. Nesse modo de operação, todos os quadros que trafegam pelo canal são recebidos, independente do endereçamento de destino. O maior benefício da medição centralizada com coleta passiva é a eliminação de perturbação, entendida como a interferência que o instrumental de medição pode acarretar no objeto de monitoração.

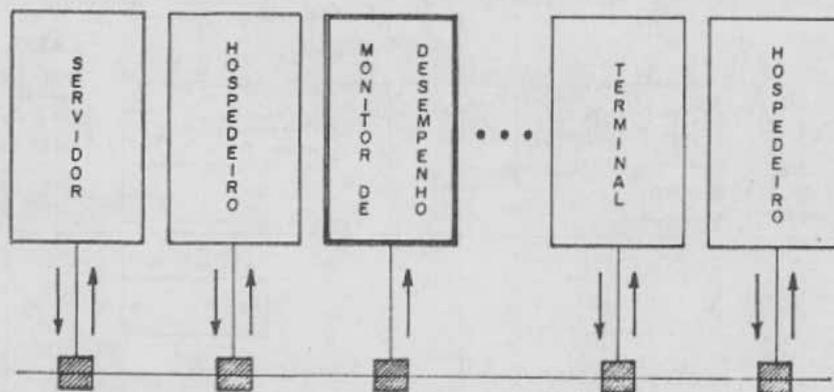


FIG. 3 - Medição centralizada com coleta passiva

As variáveis observadas pelo sistema de aquisição são o tamanho dos quadros, os endereços fonte e destino, o tempo entre chegadas de quadros, e a contagem de quadros recebidos com erro. O tamanho dos quadros e os endereços são obtidos após a recepção dos quadros, enquanto os mesmos estão no buffer. Para se medir o tempo entre chegadas de quadros, são registrados em uma lista, os instantes em que a UCP é interrompida pelo coprocessador, sempre que este informa a chegada de um quadro. Para cada quadro recebido, incrementa-se um contador do total de quadros e, caso o quadro tenha algum tipo de erro, um contador de quadros que sofreram danos.

Através da interface do usuário, podem ser selecionados objetos de monitoração. As opções são as seguintes: tráfego, utilização, tamanho dos quadros, tempo entre chegadas de quadros, rede, hospedeiro, e grupo. A opção rede engloba as quatro que a antecedem. A opção hospedeiro permite que seja escolhida uma ou mais estações para serem monitoradas, nas características que se desejar. A última opção, grupo, é uma generalização da anterior, hospedeiro. Com ela é possível formar conjuntos de hospedeiros, de acordo com uma diversidade de critérios, como por exemplo localização geográfica, tipo de equipamento, função (servidor, etc), e assim por diante. Uma estação pode figurar em mais de um grupo. Exemplificando: um servidor de arquivos que

esteja localizado no departamento de materiais, poderia estar tanto no grupo de servidores quanto no grupo do departamento de materiais.

O monitor de desempenho oferece ainda a possibilidade de se programar períodos de monitoração. Através dessa facilidade, o usuário tem condições de especificar os objetos de monitoração e os períodos, na forma hora de início-duração da coleta, para cada objeto de monitoração. Com isso, caso o usuário queira verificar a utilização média do meio de transmissão durante um dia, o monitor de desempenho deve ser instruído para coletar amostras da utilização várias vezes no decorrer do dia, por alguns minutos cada vez. Ao final da programação, as amostras serão concatenadas e será gerado um relatório que condense as informações coletadas. Este tipo de medição normalmente é realizado por amostragem, a não ser que se disponha de recursos suficientes de armazenamento.

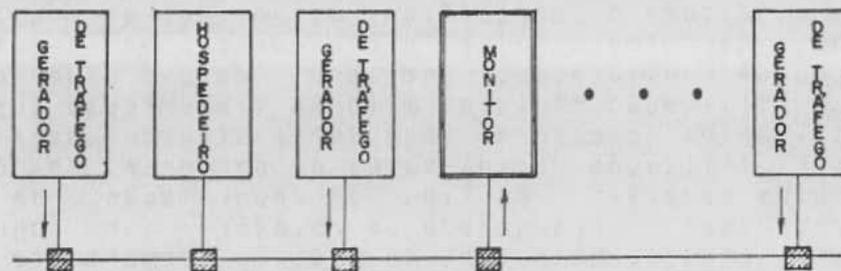
O gerador de tráfego artificial permite criar condições diferenciadas de carga na RL, possibilitando controlar e repetir padrões de tráfego. O gerador pode ser usado, por exemplo, para ajudar no planejamento do crescimento da RL, emulando prováveis condições futuras de utilização. Outra possível aplicação encontra-se no diagnóstico de falhas previamente detectadas. Ainda, pode-se, com o auxílio do gerador, checar o comportamento da RL frente a cargas extremamente pesadas. O espectro de utilização é grande, e depende de necessidades específicas ou momentâneas do usuário.

O gerador é composto por uma estação controladora (geralmente, a estação de monitoração) e uma ou mais estações geradoras. O controle é centralizado, e exercido através de um mecanismo específico que efetiva a carga dos parâmetros, sincroniza o início, e encerra a geração. Cada estação de geração deve ser carregada com os tamanhos dos quadros e os tempos entre chegadas, que determinarão a carga a ser imposta ao canal. Essas variáveis podem ser constantes ou ter distribuição uniforme ou de Poisson.

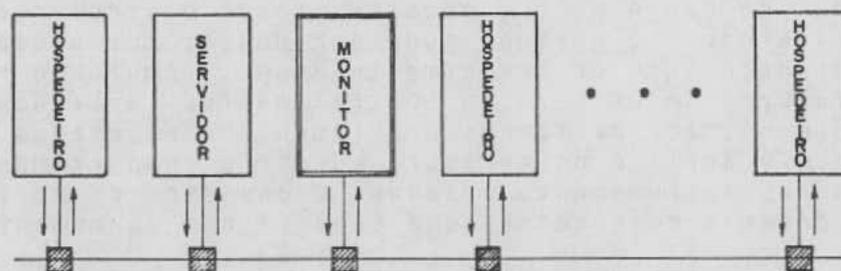
Divisam-se três estratégias de monitoração com o uso do gerador de tráfego. A primeira contaria com algumas estações geradoras injetando quadros e a estação de monitoração apenas coletando informações (fig. 4-a), e poderia ser usada para aferir o comportamento da rede sob condições controladas de tráfego, por exemplo. Nas outras duas estratégias (fig. 4-b e 4-c), a estação de monitoração também injeta quadros de maneira controlada, e existem ou não estações geradoras operando.

Com o uso do segundo e terceiro métodos de monitoração, pode-se superar algumas limitações do esquema de medição centralizada. É possível medir o retardo na emissão, e o número de colisões incorridas por uma estação ao tentar transmitir um quadro. Por retardo na emissão entende-se o tempo decorrido desde o instante em que a UCP entrega um quadro para ser transmitido ao coprocessador de rede, até o momento em que o mesmo interrompe a UCP informando que o quadro foi totalmente enviado pelo canal, incluindo deferências a tráfego e recupe-

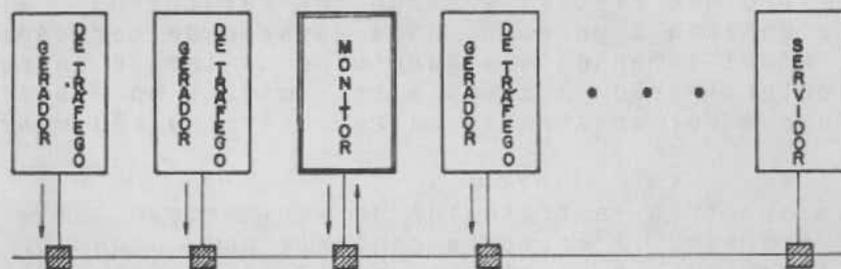
ração de colisões. A medição é realizada para cada quadro que a estação de monitoração transmite, sendo registrados o retardo e o número de colisões ocorridas até que o quadro tenha sido enviado pelo canal.



a) monitoração sob condições de tráfego controladas



b) monitoração com geração de tráfego pelo monitor



c) monitoração com geração de tráfego pelo monitor e condições de tráfego controladas.

FIG. 4 - Estratégia de monitoração com tráfego artificial

5. ANÁLISE DE DADOS E RELATÓRIOS

As rotinas de análise de dados resumem as informações obtidas pelo coletor [7], [10], [11]. Os relatórios, contendo estatísticas sobre a RL, só podem ser emitidos após um ou mais períodos de coleta, dadas as limitações do ambiente de implementação do monitor de desempenho. Para viabilizar análise em tempo

real, ou seja, durante as medições, seria imperativo a adoção de um equipamento mais veloz, além de um sistema operacional mais apropriado, o que não foi possível.

Os relatórios, em número de nove, têm a forma de matriz de comunicação, de histograma, de gráfico, ou de tabela. As informações contidas nos mesmos propiciam testes funcionais e documentação do desempenho da RL, sob diferentes condições de carga e configurações de parâmetros. A elaboração dos mesmos procurou atender às necessidades tanto de administradores de RLs, quanto de pesquisadores e de equipes de desenvolvimento. Assim, identificamos três categorias nas quais os relatórios são agrupados, segundo a sua aplicabilidade principal. São elas, caracterização de tráfego, desempenho, e comportamento.

Para caracterização de tráfego, temos os seguintes relatórios: Matriz de Comunicação Entre Hospedeiros, Matriz de Comunicação Entre Grupos, Distribuição de Tamanho dos Quadros (eventualmente chamados de pacotes), e Distribuição da Carga no Meio. O primeiro fornece uma matriz do fluxo de tráfego entre todas as estações ativas da RL, indicando o total de quadros e a média de octetos por quadro, transmitidos e recebidos, entre cada par de hospedeiros. A segunda matriz de comunicação condensa as informações da primeira, concentrando os hospedeiros em grupos pré-definidos. O terceiro relatório é um histograma, e indica o número e a proporção de quadros de classes de tamanho particulares. Por fim, o relatório de Distribuição da Carga no meio, que tem a forma de um gráfico, contém a porcentagem de carga no canal por intervalos de tempo pré-especificados, fornecendo a carga típica na rede durante o período total da medição.

Os relatórios que fornecem informações sobre o desempenho da RL são: Tempos Entre Chegadas de Quadros (pacotes), Retardo na Emissão, Contagem de Colisões, e Tabela de Vazão e Utilização. O histograma de Tempos Entre Chegadas de Quadros lista os intervalos entre portadoras consecutivas, para determinadas classes de intervalos. O segundo e o terceiro relatórios são obtidos com a estação de monitoração gerando tráfego artificial, e, conseqüentemente, têm seus dados coletados apenas para a mesma. As informações são tabuladas para classes de retardos e de números de colisões, respectivamente. O quarto e último relatório de desempenho, informa a vazão e a utilização, total e líquida, para cada estação ativa da RL. Vazão é o número de bits transmitidos por segundo, e utilização é a vazão dividida pela capacidade do canal.

O relatório específico para avaliação do comportamento da RL chama-se Comportamento sob Sobrecarga. Trata-se de dois gráficos, que mostram a influência de diferentes tamanhos de quadros na vazão e utilização, total ou por estações, do canal. Permite, ainda, avaliar a estabilidade e os limites reais do meio de transmissão. Depende de mais de uma estação gerando tráfego controladamente. Aliás, convém salientar que o gerador de tráfego pode ser largamente empregado para experimentações sobre o comportamento da rede, criando-se padrões de tráfego atípicos, e monitorando-se a rede, em seus vários aspectos, para verificação do comportamento resultante. Igualmente, o confi-

gerador do coprocessador de rede, propicia a realização de testes exaustivos com configurações diversas, em busca do melhor ajustamento dos seus parâmetros.

Fornecemos no apêndice quatro listagens, com dados fictícios, exemplificando alguns dos relatórios produzidos pelo Monitor de Desempenho. A Matriz de Comunicação entre Hospedeiros, como pode ser visto, divide-se em três partes, todas quantificando o tráfego observado em termos do número e da porcentagem de quadros e de octetos. A primeira discrimina os pares de estações que trocaram informações. A segunda condensa os totais originados por cada estação ativa, no momento da coleta, e a terceira os totais recebidos pelas mesmas. A Distribuição de Tamanho dos Quadros apresenta, para cada tamanho de quadro (nr. de octetos de dados, no contexto daquele relatório) registrado no período de monitoração, a distribuição de frequência e a cumulativa, do número de quadros com determinado tamanho específico. Adicionalmente, no resumo, os mesmos valores são tabulados por classes de tamanho.

Ainda no apêndice, a Tabela de Vazão e Utilização, evidencia os maiores consumidores do meio de transmissão, e também os melhores, quais sejam, os que ostentam a relação vazão (ou utilização) total pela vazão (ou utilização) líquida, mais baixa. As quantidades totais incluem a sobrecarga de controle carregada por cada quadro, enquanto que as líquidas representam tão somente os dados, transmitidos pelo canal. O último exemplo do apêndice, a Distribuição da Carga no Meio, mostra que os maiores picos de uso são encontrados aproximadamente entre as 10:00 hs e as 11:00 hs, no período matutino, e entre as 15:00 hs e as 17:00 hs, no período vespertino.

Neste ponto, tendo-se uma boa visão do monitor de desempenho, podemos identificar as principais áreas onde empregá-lo. Seu objetivo mais importante é auxiliar gerentes de redes locais. Com efeito, todos os relatórios descritos fornecem dados fundamentais para gerência de desempenho e caracterização do funcionamento de redes locais operacionais. Uma segunda área de aplicação, seria a aferição do desempenho da RL sob condições artificiais específicas, como cargas pesadas, tentando encontrar os limites de uma rede qualquer, ou prever seu comportamento futuro em um ambiente de demandas crescentes. Pesquisadores ou fabricantes, por sua vez, estariam interessados em checar a estabilidade, o efeito do tamanho dos quadros na vazão e no retardo de emissão, ou a equidade no compartilhamento do canal pelas suas implementações. Estas questões podem ser respondidas através do uso conjugado do gerador de tráfego e do sistema de aquisição.

6. CONCLUSÃO

A utilização do monitor de desempenho inclui experimentações em redes operacionais, auxílio na seleção de RLs, validação de estudos analíticos e de simulação, e suporte a testes

de software de rede. Considerando o uso em redes já instaladas, o que provavelmente se constitui no direcionamento mais significativo deste tipo de software, as finalidades multiplicam-se, abrangendo checagem do resultado de modificações de parâmetros, planejamento do crescimento, diagnóstico de falhas, verificação do desempenho, caracterização do tipo e do volume de tráfego, etc.

O código desenvolvido tem aproximadamente 9.000 linhas em linguagem C. O projeto encontra-se em fase final de implementação, depuração e refinamento, com previsão de conclusão para fevereiro de 1990. Dentre os vários aspectos da implementação checados, destacamos a verificação da capacidade do software para a coleta de quadros com carga excessivamente alta, dada a limitação do desempenho computacional do equipamento utilizado (PCs/mono-usuário). Tais verificações permitem, com efeito, a determinação dos limites práticos de aplicabilidade do software, considerando-se o ambiente computacional específico escolhido para a implantação. De qualquer modo, não é pretendida a implementação de nenhuma parte do projeto em hardware, no máximo recorrendo-se a uma linguagem de baixo nível, na hipótese de ser detectada alguma necessidade de otimização.

7. REFERÊNCIAS

- [1] - W. F. Glozza, et all. "Redes Locais de Computadores: Tecnologia e Aplicações", McGraw-Hill, São Paulo, 1986.
- [2] - R. M. Metcalfe e D. R. Boggs. "Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks", CACM, vol. 19, nr. 7, pp. 395-404, jul. 1976.
- [3] - S. M. Klerer. "The OSI Management Architecture: an Overview", IEEE Network, vol. 2, nr. 2, pp. 20-29, mar. 1988.
- [4] - M. E. Cecere. "Easing the Burden of Network Management", LAN Technology, pp. 25-31, jun. 1989.
- [5] - J. A. B. Moura, et all. "Redes Locais de Computadores: Protocolos de Alto Nível e Avaliação de Desempenho", McGraw-Hill, São Paulo, 1986.
- [6] - D. P. Stokesberry e R. Rosenthal. "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.
- [7] - P. D. Amer. "A Measurement Center for the NBS Local Area Computer Network", IEEE Transactions on Computers, vol. C-31, nr. 8, pp. 723-729, ago. 1982.

- [8] - P. D. Amer, R. Rosenthal e R. Toense. "Measuring a Local Network's Performance", Data Communications, pp. 173-182, abr. 1983.
- [9] - R. J. Linn e J. S. Nightingale. "Testing OSI Protocols at the National Bureau of Standards", Proceedings of the IEEE, vol. 71, nr. 12, pp. 1431-1434, dez. 1983.
- [10] - J. F. Shoch e J. A. Hupp. "Measured Performance of an Ethernet Local Network", CACM, vol. 23, nr. 2, pp. 711-721, dez. 1980.
- [11] - D. P. Stokesberry. "A Characterization of Traffic on NBSNET", Relatório Técnico do NBS, Washington, D.C., 20234, Estados Unidos. 18p., 1983.

A P Ê N D I C E

MATRIZ DE COMUNICAÇÃO ENTRE HOSPEDEIROS

data: 10/10/89 início: 14:32:25 hs. duração: 900 seg.

TRÁFEGO		QUADROS		OCTETOS	
fonte	destino	número	%	número	%
23a6	33b1	40	7.61	400	2.62
33b1	23a6	50	9.52	1500	9.83
33b1	3871	100	19.04	1000	6.56
33b1	4ab9	20	3.80	400	2.62
3871	33b1	25	4.76	250	1.64
3871	4ab9	200	38.09	10000	65.57
4ab9	33b1	80	15.24	1600	10.49
4ab9	2186	10	1.90	100	0.66

TOTAIS ORIGINADOS

23a6	40	7.61	400	2.62
33b1	170	32.38	2900	19.01
3871	225	42.86	10250	67.21
4ab9	90	17.14	1700	11.15

TOTAIS DESTINADOS

23a6	50	9.52	1500	9.83
33b1	145	27.62	2250	14.75
3871	100	19.05	1000	6.56
4ab9	220	41.90	10400	68.20

RESUMO

Total de quadros: 525
 Número de quadros com erro: 0
 Total de octetos: 15250
 Número médio de octetos por quadro: 29.05

DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DOS QUADROS

data: 10/10/89

início: 14:32:25 hs.

duração: 900 seg.

* OCTETOS de dados no quadro	DISTRIBUIÇÃO de frequência		DISTRIBUIÇÃO cumulativa	
	#quadros	%	#quadros	%
0	10	0.94	10	0.94
1	1	0.09	11	1.03
10	5	0.47	16	1.50
20	4	0.38	20	1.88
45	230	21.71	250	23.59
100	420	39.62	670	63.21
220	240	22.64	910	85.85
600	150	14.15	1060	100.00

RESUMO

Total de quadros: 1060

Total de octetos de dados: 195281

Número médio de octetos de dados por quadro: 184.23

intervalo	#quadros
0- 60	250
61- 120	420
121- 180	0
181- 240	240
241- 300	0
301- 360	0
361- 420	0
421- 480	0
481- 540	0
541-	150

TABELA DE VAZÃO E UTILIZAÇÃO

data: 10/10/89 início: 14:32:25 hs. duração: 900 seg.

ESTAÇÃO	VAZÃO (octetos/seg)		UTILIZAÇÃO (% capacidade)	
	total	líquida	total	líquida
110a	4.54	0.72	0.00	0.00
2710	113.80	91.05	0.09	0.07
3fc5	9.13	5.74	0.01	0.00
4890	0.11	0.01	0.00	0.00
4c39	22.04	0.11	0.02	0.00
a381	1.84	0.26	0.00	0.00
Total	151.46	97.89	0.14	0.08

RESUMO

Maior	113.80	91.05	0.09	0.07
Menor	0.11	0.01	0.00	0.00
Média	25.24	16.32	0.02	0.01

DISTRIBUIÇÃO DA CARGA NO MEIO

data: 10/10/89 início: 00:00:02 hs. duração: 21600 seg.

