

A.A.F. LOUREIRO^{*}; D.C. SILVA JUNIOR^{**}; J.E.R. DANTAS^{***}; N.A.C. LAGES^{****}

SUMARIO

Este artigo descreve o projeto de uma rede local piloto para a interligação de estações de trabalho e microcomputadores para o desenvolvimento de aplicações científicas no Departamento de Ciência da Computação (DCC). É apresentada uma rede em anel, com controle de acesso por passagem de token a uma taxa de 850 Kbps de acordo com o futuro padrão IEEE 802.4. A seguir, é feita uma descrição das características e requisitos de um Sistema Operacional de Rede (SOR). Finalmente, são feitas considerações sobre uma primeira implementação do projeto.

ABSTRACT

This paper describes the design of an experimental Token Ring Network for the interconnection of workstations and microcomputers at the Department of Computer Science according to IEEE 802.4 proposed standard. The requirements for a Network Operating System are also described as well as the aspects of an initial implementation of the project.

- * Bacharel em Ciência da Computação (UFMG, 1983); mestrando em Ciência da Computação; Sistemas Operacionais e Redes de Computadores; Analista de Sistemas do Laboratório de Computação Científica; UFMG/ICEx/LCC - Caixa Postal 702; Belo Horizonte - MG - 30000.
- ** Engenheiro Eletricista (EEUFMG, 1983); mestrando em Ciência da Computação; Arquitetura de computadores, Redes Locais e Automação; Pesquisador do Depto. de Ciência da Computação; UFMG/ICEx/DCC - Caixa Postal 702; Belo Horizonte - MG - 30000.
- *** Engenheiro Mecânico (EEUFMG, 1969); PhD em Ciência da Computação (UCLA, 1981); Professor Adjunto do Depto. de Ciência da Computação; Sistemas Operacionais, Redes de Computadores, Sistemas de Banco de Dados, Modelagem de Sistemas; UFMG/ICEx/DCC - Caixa Postal 702; Belo Horizonte - MG - 30000.
- **** Engenheiro Eletricista (EEUFMG, 1973); Doutor em Engenharia Elétrica (UNICAMP, 1981); Professor Adjunto do Depto. de Ciência da Computação; Controle de Processos em Tempo Real, Redes Locais de Computação Distribuída, Arquitetura de Computadores; UFMG/ICEx/DCC; Caixa Postal 702; Belo Horizonte - MG - 30000.

Com a diminuição de custos e o aumento na complexidade de dispositivos LSI, as mudanças na forma em que a informação é obtida, processada e usada tem sido grande. Este fato pode ser observado no aumento de pequenos sistemas de computação dedicados com computadores pessoais, processadores de texto e terminais inteligentes. Estes pequenos e dispersos sistemas são mais acessíveis e mais fáceis de usar que um computador de grande porte.

Como o número destes pequenos sistemas aumentam em uma organização, surge a tendência a interligação deles devido principalmente:

- .Compartilhamento de recursos caros, como impressora de linha e disco tipo 'Winchester'.

- .Troca de informações entre sistemas, como o acesso a dados e programas de outros usuários.

Tal interligação tende a ser restrita a uma sala de escritório, um prédio, um instituto de uma universidade ou uma fábrica. Estas redes são conhecidas como Redes Locais. Neste ponto podemos definir uma rede local como :

Uma Rede Local é uma rede de comunicação que provê interconexão de uma variedade de dispositivos de comunicação de dados restrita a uma pequena área /STALLINGS 84/.

Desta definição podemos tirar três elementos importantes:

- .Uma rede local é uma rede de comunicação e não uma rede de computadores.

- .A frase "dispositivos de comunicação de dados" deve ser interpretada amplamente, de modo a incluir : computadores, terminais, periféricos, sensores (umidade, temperatura, etc.), voz digitalizada, imagens de televisão, fac-símile e gráficos.

- .O escopo geográfico da rede local está restrito a uma pequena área.

Uma observação interessante é que a rede local é geralmente uma rede privada e não pública ou comercial.

Algumas das principais características de uma rede local, são :

- .Alta taxa de comunicação. (0,1 a 100 Mbps)

- .Pequenas distâncias. (0,1 a 10 Km)

- .Baixa taxa de erros. (menor que 1 bit em 1 Tera bytes)

As características das redes locais até agora vistas, podem corresponder aos barramentos de computadores também. Segundo Clarck a distinção não é topológica, tecnológica ou geográfica, mas sim filosófica. Um barramento de computador é voltado para a interligação de componentes de um único sistema de computação. É bem difícil a um computador continuar o seu processamento na ausência de seu barramento. Ao contrário, uma rede local pode ser vista como a interligação de vários nodos autônomos, sendo que cada um pode operar por si próprio na ausência da rede /CLARCK 78/.

2. A Rede DCC

A nossa proposta de rede local para o DCC, pode ser definida como uma rede em anel, com controle de acesso ao meio por passagem de token, usando como meio de transmissão o par trançado e sendo controlado por um microprocessador Z80-A. Pode se notar a preocupação em ficar dentro do futuro padrão IEEE 802.

Esta rede tem no momento como principal objetivo a efetivação de uma rede local piloto no âmbito do DCC. Desta forma pode ser considerada como uma rede experimental para teste de algoritmos de processamento distribuído e controle de tempo real. Para não criar mais uma rede diferente de tantas outras que já existem, procuramos como referência o padrão IEEE 802 que por sua vez tem como referência o padrão OSI da ISO /MYERS 82/.

2.1 Topologia

Foi escolhida uma topologia em anel, principalmente pelo fato dela ter um comportamento determinístico, que é fator determinante em aplicações de tempo real. Como vantagem decorrente, é a topologia que mais facilmente se adapta a qualquer meio de transmissão, podendo no futuro utilizar fibra ótica no lugar do par trançado. Embora a rigor, a topologia mais adequada ao controle de processos em tempo real seja o barramento com controle por token, a rede DCC se presta ao desenvolvimento de ferramentas para esta aplicação.

Alguns estudos de desempenho mostram que as redes em anel-token não são muito afetadas com elevadas taxas de chegada de mensagem, tamanho da mensagem ou tamanho do anel /BUX 81/ e /STUCK 83/.

2.2 Controle de Acesso ao Meio

Este nível define um nível de enlace independente do meio, montado sobre um Nível Físico que é dependente do meio. As principais funções deste nível, serão :

- .Encapsulamento de Dados
 - enquadramento
 - endereçamento
 - detecção de erros
- .Gerenciamento do Enlace
 - alocação do canal
 - perda e/ou duplicação do token

Para a execução da primeira sub-camada, o Encapsulamento de Dados, usaremos um subconjunto do protocolo HDLC /TANENBAUM 81/ voltado para comunicação balanceada com até 255 nodos, sendo um endereço destinado a mensagem do tipo difusão, e até 256 processos por nodo.

O Gerenciamento do Enlace será feito usando o método de passagem de token. Foi escolhido porque permite um controle do anel de maneira descentralizada e é economicamente mais viável que o método de inserção de registro /LIU 78/. A alocação do canal só é possível quando o nodo estiver de posse do token. Este token é um quadro composto dos campos de Flag , um campo de controle com código de token livre e um campo de FCS. Um nodo ao tomar posse do token terá um tempo máximo de posse dele, permitindo assim determinar o comportamento do anel. Ao transmitir uma mensagem, o nodo originador será responsável por retirar a mensagem do anel, garantindo assim o conhecimento da integridade e a não existência de erros na transmissão. Na ocorrência desta última possibilidade o nodo originador retransmitirá a mensagem. O nodo destino ao reconhecer o seu endereço na mensagem copia e retransmite a mensagem . Após recebê-la completamente adiciona no fim da mensagem um quadro de confirmação de 8 bits indicando a condição de recepção da mensagem. Para enviar este quadro o nodo destino tem um tempo máximo para transmiti-lo. Passado este tempo, o nodo originador reconhecerá a não recepção da mensagem pelo nodo destino e a retransmitirá. Havendo nova falta de campo de reconhecimento, ele considerará o nodo como desligado e notificará os demais nodos. No caso de mensagem tipo difusão, o nodo ao reconhecer o endereço de difusão copiará e retransmitirá a mensagem sem adicionar o campo de confirmação. Ao terminar a transmissão de suas mensagens o nodo passará o token para o nodo seguinte.

No tocante a perda do token, um nodo ao passá-lo para o próximo nodo, inicializa um temporizador com o tempo máximo de utilização da rede pelos outros $N-1$ nodos, já que ela é determinística. Ao findar este tempo e o nodo não tiver recebido o token, ele reconhecerá a perda dele e irá introduzir um novo token na rede. O ajuste do tempo máximo de utilização garante a detecção da perda do token entre o último nodo adjacente e o próprio.

Com relação a duplicação do token, pela definição da alocação do canal, torna-se uma tarefa muito fácil. Enquanto o nodo está transmitindo, ele é responsável pela retirada da mensagem do anel. Assim, enquanto retira a mensagem o nodo a compara com a transmitida. Caso elas não sejam iguais, houve uma duplicação de tokens e existem duas mensagens circulando no anel. Esta situação leva o anel a um estado de contenção /CLARCK 78/.

Sendo detetada a duplicação do token, entra-se no estado de contenção do anel onde os nodos param de transmitir e continuam a retirar as mensagens do anel até este ficar ocioso. Então ambos os nodos disparam seus temporizadores com tempo de utilização da rede e vão para o estado de espera por token.

2.3 Nível Físico

O Nível Físico provê um canal físico de 850 Kbps em um par trançado. Ele deve ser capaz de mostrar ao nível superior um canal lógico capaz de transmitir e receber bits. As funções principais deste nível, são :

- .Codificação dos Dados
 - geração/remoção de preâmbulos.
 - codificação/decodificação dos bits.
- .Acesso ao Canal
 - transmissão/recepção dos bits.

A codificação dos bits será feita utilizando o código Manchester II /SANDERS 81/.

O acesso ao canal será feito através do protocolo de nível físico RS 422-A. Este protocolo define linhas eletricamente balanceadas para comprimentos máximos de 1 Km e taxa de até 10 Mbps /STALLINGS 84/. Para assegurar a maior imunidade a interferências externas, será usado um par trançado blindado. Para este acesso serão usados acionadores e receptores de linha para RS 422-A em circuito integrado.

2.4 Enlace Lógico

Este nível suporta as funções de enlace de dados que são independentes do meio usado. Suas principais funções, são :

- .Servir como interface entre o hospedeiro e o nodo da rede.
- .Ser o responsável pela inicialização do nodo na rede.
- .Organizar o fluxo de dados.
- .Controlar o tratamento e recuperação de erros.

3. Implementação do Nodo

Cada nodo será constituído de duas partes : o Módulo do Processador (MP) e o Controlador de Enlace Serial (CES).

O Módulo do Processador como visto na figura 1, utiliza um microprocessador Z80-A, 4 temporizadores de 16 bits i8253, 24 bits de interface paralela programável i8255, memória RAM e EPROM e controlador de interrupções. A interface paralela será usada na ligação com o hospedeiro, usando um protocolo simples implementado em hardware. A interface serial que se vê no MP, só será usada durante a fase de desenvolvimento e depuração do projeto. Na EPROM será colocado programa de controle do nodo e a RAM será usada para o armazenamento de mensagens de/para o hospedeiro. Os temporizadores serão usados para a retransmissão de mensagens não reconhecidas e gerenciamento do token.

O Controlador de Enlace Serial é composto pelo MPSC, um controlador de DMA i8237, memória RAM e o controlador de acesso ao canal. O MPSC /ZILOG 78/ é o responsável pelo protocolo HDLC, com detecção de endereço específico ou de difusão, bit 'stuffing', cálculo e verificação de CRC (do campo FCS), pelo envio e retirada de preâmbulos e pela transmissão e recepção de bits. A taxa de comunicação de 850 Kbps é imposta pela limitação desta MPSC. O CES tem um barramento separado do barramento do MP, de modo que ambas partes podem operar sem interferir no processamento da outra. Para implementar esta possibilidade, existirá uma porta que controlará o intercâmbio entre os dois barramentos. Quando o nodo está transmitindo, o DMA tem que retirar caracteres da fila da RAM do CES e colocar no MPSC e retirar caracteres que chegam ao MPSC e enviá-los ao MP para comparação. O controle e acesso ao canal é responsável pela codificação e decodificação do sinal binário do MPSC em sinal Manchester II e pela transmissão e recepção deste sinal binário no protocolo RS 422-A. O controle de acesso ao canal dispõe ainda de um relé que é fechado quando o nodo está desligado e aberto quando ele está ativo, de

modo que o anel continue ativo e dispense uma interface ativa com repetidor em cada nodo.

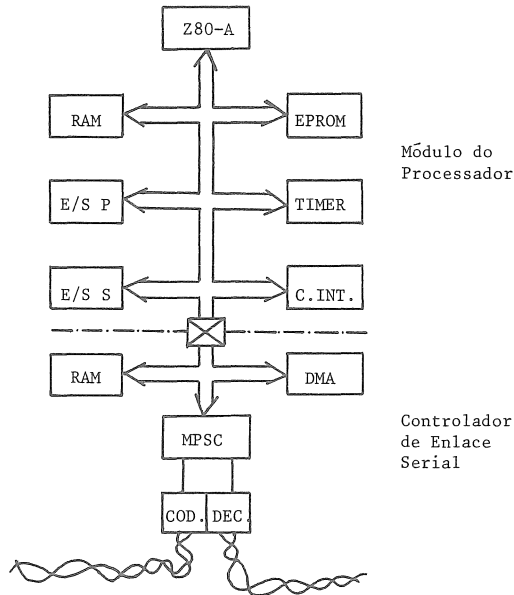


Figura 1

4. O Sistema Operacional da Rede

4.1 Introdução

Uma rede local consistindo de microcomputadores permitirá que recursos sejam compartilhados, sejam eles informação, poder computacional ou periférico de custo elevado. A operação eficiente desses recursos requer um projeto cuidadoso da interface entre o programa do usuário e a rede. O Sistema Operacional da Rede (SOR), neste caso, é o elemento fundamental que permite que os usuários tenham acesso e uso dos recursos da rede. O SOR pode ser visto como o agente colocado entre o usuário e a rede que deve prover, em termos gerais:

- .acesso fácil e uniforme aos recursos da rede (computacionais e informação);

- .ser o mais independente possível do sistema operacional do hospedeiro;

permitir que o usuário tenha facilidade em definir e usar novos serviços ("user-friendly").

O projeto de um SOR torna-se mais complicado se os computadores na rede têm diferentes características de arquitetura. Muitos SOR começaram a ser investigados desde a última década /THOMAS 73/, /COSELL 75/, /RETZ 76/, /ROBINSON 77/, /FORSICK 78/, /LIU 78/.

Na maioria das redes existentes, os protocolos de alto nível são voltados para funções específicas, tais como protocolos de terminal virtual e transferência de arquivos. Estes protocolos utilizam os serviços do protocolo de comunicação entre processos. Todo o potencial oferecido por uma rede de computadores para compartilhamento de recursos e processamento distribuído não é utilizado devido as características de arquitetura dessas redes que, em geral, têm os seguintes pontos em comum:

- .nenhum suporte básico para criação de novos recursos ou serviços fora dos existentes;

- .um usuário ao desejar criar ou usar um novo recurso deve preocupar-se com toda a estrutura (conversão de dados, comando, proteção, controle de erro, gerenciamento, sincronização, interface com o protocolo de comunicação entre processos, etc.) que será necessária na sua utilização;

- .o usuário deve conhecer os diferentes nomes e outros mecanismos de acesso para cada computador (host), serviço, etc.

Somente nestes últimos anos é que alguns desses problemas têm sido resolvidos, com proposições de novas arquiteturas /DONNELLEY 79/, /WATSON 80/, /CHESLEY 81/.

4.2 Características de um SOR

Para permitir que haja um compartilhamento uniforme dos recursos e informação na rede, é necessário que cada sistema execute uma estrutura comum chamada SOR. Cada sistema é responsável pela conversão entre uma representação local e de rede para todas as fontes de informação, ou seja, tanto do usuário como do sistema. Isto faz com que o usuário tenha a ilusão de ter um sistema poderoso com muitos recursos disponíveis. Dessa forma o usuário não precisa ter que saber a localização dos recursos, a arquitetura e o método de operação.

Alguns requisitos e filosofias de projetos podem ser enumerados para um SOR :

- .O SOR deve suportar uma variedade de sistemas operacionais,

tal que a sua adição não cause modificações extensivas no sistema operacional (SO) do hospedeiro. Isto pode ser conseguido se o implementarmos como um componente separado que é visto como uma interface entre os processos dos diversos SO que estão comunicando e cooperando para alcançar os objetivos desejados.

.As requisições devem ser tratadas localmente, quando possíveis. Caso contrário, elas devem ser convertidas para uma mensagem de formato padrão e enviadas para a rede para algum componente remoto que ficará encarregado de executar o serviço e retornar o resultado. Vendo do ponto de vista do outro sistema, ele deve ser capaz de aceitar ou rejeitar um serviço. Se uma requisição é aceita por vários componentes remotos, a estação que emitiu o pedido pode escolher uma política qualquer de quem irá executá-lo.

.O SOR deve suportar transparência de localização. Isto significa que um processo pode acessar qualquer tipo de recurso sem ter que saber a sua localização.

.O SOR deve prover uma gerência de processos de tal forma que um par de processos possam se comunicar.

.Deve haver uma representação padrão já que a representação interna dos dados são, em geral, diferentes em cada hospedeiro.

.O SOR deve ser modular o suficiente para permitir que avanços tecnológicos possam ser incorporados.

4.3 Ambiente de Operação da Rede

O Departamento de Ciência da Computação (DCC) está desenvolvendo Estações de Trabalho para o Desenvolvimento de Aplicações Científicas, com as seguintes características: UCP i8086, memória de 512 kbytes, interfaces seriais e paralelas, capacidade para múltiplos mestres no barramento Multibus, terminal gráfico de média/alta resolução, sistema operacional DCC/IX (compatível com o UNIX versão 7). Estas estações serão reproduzidas e distribuídas para os pesquisadores do DCC, para o desenvolvimento de projetos de ensino, pesquisa e extensão.

O objetivo básico deste projeto é desenvolver uma rede local interligando as estações de trabalho e os computadores do DCC : Nexus-1600, Quartzil QI-800 e Poly 105.

Numa segunda fase, pretende-se interligar esta rede a um IBM 4341.

5. Propostas e perspectivas do Projeto

Quanto a implementação do nodo, o que se pretende é obter uma rede local piloto no DCC. Pode ser constatada uma grande perda quanto ao desempenho dela, se comparada com redes em anel encontradas na literatura. As limitações foram expostas, e qualquer melhora na implementação, irá requerer um microprocessador mais rápido com um conjunto de instruções mais poderoso, ou um microprocessador em bit slice. Porém, a sua implementação fornecerá uma apreciável bagagem de conhecimentos para um futuro projeto mais elaborado.

Não se pretende inicialmente, que o SOR a ser projetado tenha todas as características que foram enumeradas no item 4.2.

Nesta primeira fase pretende-se :

.Desenvolver um software para a conexão da sub-rede de comunicação : protocolo de transporte e interface com o SO.

.Implementação de um protocolo para transferência de arquivos entre os diversos modelos de computadores ligados a rede.

Esta rede, ainda na primeira fase, irá dar suporte para o estudo de controle de processos distribuídos. Numa etapa posterior, pretende-se utilizar o IBM 4341, já citado, como servidor de arquivo para a rede.

6. Bibliografia

- /BUX 83/ - Bux, W., "Local Area Subnetworks : A Performance Comparison," IEEE Trans. on Comm., vol 29, no 10, Oct. 1981, pp. 1465-1473.
- /CHESLEY 81/ - Chesley, H.R. & Hunt, B., "Squire - A Communications-Oriented Operating System", Computer Networks, vol 5, 1981, pp. 333-339.
- /CLARCK 78/ - Clarck, D.D. et.al, "An Introduction to Local Area Networks," Proc. of IEEE, vol 66, no 11, Nov 1978, pp. 1497-1517.
- /COSELL 75/ - Cosell, B.P. et al, "An Operating System for Computer Resource Sharing", ACM Oper. Syst. Rev., vol 9, no 5, 1975, pp. 75-81.
- /DOWNELEY 79/ - Donnelley, J., "Components of a Network Operating System", Computer Networks, vol 3, 1979, pp. 389-399.

- /FORSDICK 78/ - Forsdick, H.C. et al, "Operating System for Computer Networks," Computer, vol 11, no 1, 1978, pp. 48-57.
- /LAMPSON 81/ - Lampson, B.W., "Distributed Systems-Architecture and Implementation", Springer Verlag, Berlin, 1981.
- /LIU 78/ - Liu, M.T., "Distributed Loop Computer Network", Advances in Computers, vol 17, Academic Press, NY, 1978, pp. 163-221.
- /MYERS 82/ - Myers, W., "Toward a Local Network Standard", IEEE Micro, vol 2, no 4, Aug 1982, pp. 28-45.
- /RETZ 76/ - Retz, D.L. & Schafer, B.W., "Structure of the ELF Operating System", AFIPS Natl. Comp. Conf. Expo., Conf. Proc., 1976, pp. 1007-1016.
- /ROBINSON 77/ - Robinson, R.A., "National Software Works: Overview and Status", Proc. COMPCOM Fall 1977, pp. 270-273.
- /SANDERS 81/ - Sanders, L., "Manchester II Transfers Data with Integrity, Speed", Electronic Design, March 19, 1981, pp. 233-238.
- /STALLINGS 84/ - Stallings, W., "Local Networks", Computing Surveys, vol 16, no 1, March 84, pp. 3-41.
- /STUCK 83/ - Stuck, B.W., "Calculating the Maximum Mean Data Rate in Local Area Networks", Computer, vol 16, no 5, May 1983, pp. 72-76.
- /TANENBAUM 81/ - Tanenbaum, A.S., "Computer Networks", Prentice Hall Inc., NJ, 1981, pp. 167-172.
- /THOMAS 73/ - Thomas, R.H., "A Resource Sharing Executive for the ARPANET", AFIPS Natl. Comp. Conf. Expo., Conf. Proc., 1973, pp. 155-163.
- /WATSON 80/ - Watson, R.W. & Fletcher, J.G., "An Architecture for Support of Network Operating System Services", Computer Networks, vol 4, 1980, pp 33-49.
- /ZILOG 78/ - "Z80 SIO Technical Manual", Zilog Inc., CA, 1978.