

Introdução a Redes de Computadores

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	3
CAPÍTULO 1 - PRINCÍPIOS DA COMUNICAÇÃO.....	4
1.1 - EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE COMPUTAÇÃO	4
1.2 - EVOLUÇÃO DAS ARQUITETURAS	5
1.3 - REDES DE COMPUTADORES.....	10
1.3.1 - <i>Redes Locais (Local Area Networks - LANs)</i>	11
1.3.2 - <i>Redes Geograficamente Distribuídas (Wide Area Networks - WANs)</i>	12
1.3.3 - <i>Características para implantação de Redes de Computadores</i>	12
CAPÍTULO 2 - TOPOLOGIAS	17
2.1 - LINHAS DE COMUNICAÇÃO	17
2.2 - REDES GEOGRAFICAMENTE DISTRIBUIDAS.....	19
2.3 - TOPOLOGIA PARCIALMENTE LIGADA.....	21
2.4 - REDES LOCAIS METROPOLITANAS.....	24
CAPÍTULO 3 - MEIOS FÍSICOS DE TRANSMISSÃO	33
3.1 - PAR TRANÇADO	34
3.2 - CABO COAXIAL	35
3.4 - FIBRA ÓTICA.....	36
3.5 - OUTROS MEIOS DE TRANSMISSÃO.....	38
3.6 - LIGAÇÕES AO MEIO.....	39
CAPÍTULO 4 - ROTEAMENTO E ROTEADORES.....	42
4.1 - ROTEAMENTO.....	42
4.2 - ROTEADORES	44
CAPÍTULO 5 - REPETIDOR E PONTE	46
5.1 - REPETIDOR.....	46
5.2 - PONTES	48
CAPÍTULO 6 - SISTEMAS OPERACIONAIS DE REDES.....	50
6.1 - SISTEMA OPERACIONAIS DE REDES	50
6.1.1 - <i>Redirecionador</i>	52
6.2 - ARQUITETURAS PEER-TO-PEER E CLIENTE-SERVIDOR	54
6.3 - SERVIDORES.....	57
6.4 - OS SISTEMAS OPERACIONAIS DE REDES	59
6.4.1 - <i>Drives de Placa de Rede</i>	59
6.4.2 - <i>Drivers de Protocolo</i>	60
6.5 - PROTOCOLOS DE ACESSO AO MEIO	61
6.5.1- ACESSO BASEADO EM CONTENÇÃO	62
6.5.1.1- <i>Aloha</i>	62
6.5.1.2- <i>CSMA</i>	63
6.5.1.3 - <i>REC-RING</i>	66
6.5.2- ACESSO ORDENADO SEM CONTENÇÃO	66
6.5.2.1- <i>Polling</i>	66
6.5.2.2- <i>Slot</i>	66
6.5.2.3 - <i>Inserção de Retardo</i>	68
6.5.2.4 - <i>Passagem de Permissão</i>	68
6.5.2.5 - <i>Protocolos com Reserva</i>	70
6.5.3 - PROTOCOLOS DE ACESSO EM REDES ÓTICAS	72
6.5.3.1- <i>Slotted-Aloha/PA</i>	73
6.5.3.2 - <i>TDMA_C</i>	73
6.5.3.3- <i>AMTRAC</i>	74
6.5.3.4- <i>Pipeline</i>	74
6.5.4- PROTOCOLO DE ACESSO COM PRIORIDADE.....	74

INTRODUÇÃO

Inicialmente, os computadores eram máquinas caríssimas que centralizavam em um único ponto o processamento das aplicações de vários usuários, e muitas vezes de toda uma organização. Com redução de custos do hardware e introdução dos microcomputadores no cenário da informática, a estrutura centralizada cedeu lugar a uma estrutura totalmente distribuída. Nessa estrutura diversos equipamentos dos mais variados portes processam informações de formas isoladas., o que acarreta uma série de problemas. Dentre os problemas apresentados, destaca-se a duplicação desnecessária de recursos de hardware (impressoras, discos, etc.) e de software (programas, arquivos de dados etc.)

Nesse cenário surgiram as redes de computadores, onde um sistema de comunicação foi introduzido para interligar os equipamentos de processamento de dados (estações de trabalho), antes operando isoladamente com o objetivo de permitir o compartilhamento de recursos.

Capítulo 1 - Princípios da Comunicação

1.1 - Evolução dos Sistemas de Computação

Na década de 1950, computadores eram máquinas grandes e complexas, operadas por pessoas altamente especializadas. Usuários enfileiravam-se para submeter suas leitoras de cartões ou fitas magnéticas que eram processados em lote. Não havia nenhuma forma de interação direta entre usuários e máquina.

Avanços na década de 1960 possibilitaram o desenvolvimento dos primeiros terminais interativos, permitindo aos usuários acesso ao computador central através de linhas de comunicação. Usuários passavam a ter então um mecanismo que possibilitava a interação direta com o computador, ao mesmo tempo em que avanços nas técnicas de processamento davam origem a sistemas de tempo compartilhado (time-sharing), permitindo que várias tarefas dos diferentes usuários ocupassem simultaneamente o computador central, através de uma espécie de revezamento no tempo de ocupação do processador.

Mudanças na caracterização dos sistemas de computação ocorreram durante a década de 1970: de um sistema único centralizado e de grande porte, disponível para todos os usuários de uma determinada organização, partia-se em direção à distribuição do poder computacional. O desenvolvimento de minis e microcomputadores de bom desempenho, com requisitos menos rígidos de temperatura e umidade, permitiu a instalação de considerável poder computacional em várias localizações de uma

organização, ao invés da anterior concentração deste poder em uma determinada área.

Embora o custo de hardware de processamento estivesse caindo, o preço dos equipamentos eletromecânicos continuava alto. Mesmo no caso de dados que podiam ser associados a um único sistema de pequeno porte, a economia de escala exigia que grande parte dos dados estivessem associados a um sistema de grande capacidade centralizado. Assim a interconexão entre os vários sistemas para o uso compartilhado de dispositivos periféricos tornou-se importante.

A capacidade de troca de informações também foi uma razão importante para a interconexão. Usuários individuais de sistemas de computação não trabalham isolados e necessitam de alguns dos benefícios oferecidos por um sistema centralizado. Entre esses a capacidade de troca de mensagens entre os diversos usuários e a facilidade de acesso a dados e programas de várias fontes quando da preparação de um documento.

Ambientes de trabalho cooperativos se tornaram uma realidade tanto nas empresas como nas universidades, exigindo a interconexão dos equipamentos nessas organizações.

Para tais problemas de performance os pesquisadores a criaram novas arquiteturas que propunham a distribuição e o paralelismo como forma de melhorar desempenho, confiabilidade e modularidade dos sistemas computacionais.

1.2 - Evolução das Arquiteturas

A maioria dos computadores projetados até a década de 1980 teve sua concepção baseada nos modelos original de Von Neumann. A interação perfeito entre o modo como os programas são desenvolvidos e a maneira como são interpretados foi uma das razões para o grande sucesso de tal modelo.

A revolução nos sistemas de computadores começou com os avanços de tecnologia de integração de circuitos, que reduziram em muito os custos das partes de tais sistemas. Várias arquiteturas foram então propostas, dentro das restrições de tecnologia de cada época, tentando contornar as limitações foi modelo de Von Neumann no que diz respeito ao custo, confiabilidade e desempenho.

Dentre as alternativas apresentadas, podemos citar os Sistemas de UCP única com múltiplas Unidades Funcionais, as Máquinas Pipelune e os Processadores de matriz (Array Processors).

A idéia de seqüência múltiplas e independentes de instruções em um sistema composto por vários elementos de processamento compartilhando um espaço comum de memória aparece em uma outra arquitetura, tendo sido citada na literatura como Sistemas de Multiprocessadores Fortemente Acoplados o Controle centralizado de modelo Von Neumann tem as seguintes características:

- Dois ou mais processadores de capacidade aproximadamente iguais.
- Todos os processadores dividem o acesso a uma memória comum.
- Todos os processadores compartilham os canais de entrada/saída unidades de controle e dispositivos periféricos.

O sistema total é controlado por um único sistema operacional.

Por último surgiram os **Sistemas de Processamento Distribuídos** por Eckhouse 78 como uma "coleção de elementos de processamentos interconectados tanto logicamente quanto fisicamente para execução cooperativa de programas de aplicação com controle dos recursos descentralizado".

Em Sistemas Distribuídos, também chamados **Sistemas Fracamente Acoplados**, o estado do sistema é fragmentado em partes que residem em diferentes processadores e memórias, com comunicação entre essas partes sujeita a retardos variáveis e desconhecidos. **A diferença marcante entre Sistemas Fracamente acoplados é a única forma de interação entre os módulos processadores se dá através da troca de mensagens, e Sistemas Fortemente existe uma memória compartilhada entre os módulos.** Em sistemas distribuídos é impossível forçar a simultaneidade de eventos. A mínima interferência em uma execução de tarefas paralelas vai permitir a obtenção de sistemas de grande desempenho. A não existência de qualquer elemento sem o qual o sistema para totalmente lhe confere alta confiabilidade. A possibilidade de utilização em larga escala de um pequeno número de elementos básicos de hardware e software é responsável pelo elevado grau de modularidade do sistema.

Várias são as razões para o uso de sistemas de múltiplos processadores (sejam eles fortemente ou fracamente acoplados):

Custo/desempenho: a evolução da tecnologia de síntese de circuitos integrados tem conduzido os custos de microprocessadores e memórias a valores bem reduzidos; **responsividade:** um sistema de múltiplos processadores pode apresentar um grande potencial de processamento, pois pode ser moldado à aplicação; **modularidade:** devemos fazer um sistema de computação modular por várias razões tais é uma relação custo/desempenho satisfatória para vários tipos de configurações, crescimento incremental ou expansibilidade pois um sistema bem projetado pode superar problemas de sobrecarga e/ou abranger uma maior gama de aplicações pelas simples inclusão de processadores; utilização em larga escala um conjunto de componentes básicos para a realização do sistema, mas também sua futura manutenção; **concorrência:** máquinas destinadas a aplicações que requisitam alto desempenho exigem, em geral a adoção de soluções que envolvem a utilização em larga escala de elementos concorrentes de processamento.

As desvantagens de um sistema de múltiplos processadores podem ou não mascarar as vantagens, de acordo com os requisitos particulares do sistema. Dentre elas podemos citar:

- O desenvolvimento de software aplicativo para tais sistemas pode ser mais complexo, e portanto mais caro do que para sistemas centralizados.
- A decomposição de tarefas é mais complexas quer realizada automaticamente pelo software do sistema ou pelo programador.
- O desenvolvimento do software de diagnóstico é mais difícil e mais caro.
- Um sistema distribuído é mais dependente da tecnologia de comunicação.

- O tempo de serviço de um sistema com múltiplos processadores pode ultrapassar os limites máximos de tolerância se a estrutura de comunicação entre os processadores não suportar a taxa de transmissão de mensagem necessária.
- Uma falha na estrutura de comunicação pode fazer com que os sintomas de um defeito em um processador reflita em outros.

Embora difícil de caracterizar, a arquitetura de múltiplos processadores tem melhor aplicação em sistemas que exigem grande disponibilidade, grandes requisitos de vazão, tempos de resposta garantidos e baixos, alto grau de modularidade, e também onde as tarefas podem ser executadas de modo concorrente.

Um sistema Distribuído vai ser formado por um conjunto de módulos processadores interligados por um sistema de comunicação. Vemos então que a interconexão de sistemas veio atender a duas necessidades distintas:

- Construção de sistemas com maior desempenho e maior confiabilidade
- Compartilhamento de recursos.

Alguns autores consideram como Sistema Distribuído apenas aqueles construídos para atender a primeira necessidade, classificando como Redes de Computadores os sistemas construídos com a finalidade de permitir o compartilhamento de recursos. Outros preferem classificar todos esses sistemas como Sistemas Distribuídos e subclassificá-los em Máquinas de Arquitetura Distribuída e Redes de Computadores.

Uma Máquina de Arquitetura Distribuída é composta por um número ilimitado mas finito de módulos autônomos de processamento interconectados para formar um único sistema, no qual o controle executivo global é implementado através da cooperação de elementos descentralizados.

Uma Rede de Computadores também é formada por um número ilimitado mas finito de módulos autônomos de processamento interconectados, no entanto a independência dos vários módulos de processamento é preservada na sua tarefa de compartilhamento de recursos e troca de informações.

1.3 - Redes de Computadores

Uma Rede de Computadores é formada por um conjunto de módulos processadores (Mps) capazes de trocar informações e compartilhar recursos, interligados por um sistema de comunicação.

O sistema de comunicação vai se constituir de um arranjo topológico interligando os vários módulos processadores através de enlaces físicos (meios de transmissão) e de um conjunto de regras com o fim de organizar a comunicação (protocolos). Redes de computadores são ditas confinadas quando as distâncias entre os módulos processadores são menores que alguns poucos metros. Redes Locais de Computadores são sistemas cujas distâncias entre os módulos processadores se enquadram na faixa de alguns poucos metros a alguns poucos quilômetros. Sistemas

cuja dispersão é maior do que alguns quilômetros são chamadas Redes Geograficamente Distribuídas.

1.3.1 - Redes Locais (Local Area Networks - LANs)

Surgiram dos ambientes de institutos de pesquisa e universidades, o enfoque dos sistemas de computação que ocorriam durante a década de 1970 levavam em direção à distribuição do poder computacional. Redes locais surgiram para viabilizar a troca e o compartilhamento de informações e dispositivos periféricos(recursos de hardware e software), preservando a independência das várias estações de processamento, e permitindo a integração em ambientes de trabalho cooperativo. Pode-se caracterizar uma rede local com sendo uma rede que permite a interconexão de equipamentos de comunicação de dados numa pequena região que são distâncias entre 100m e 25Km embora as limitações associadas às técnicas utilizadas em redes locais não imponham limites a essas distâncias. Outras características típicas encontradas e comumente associadas a rede locais são : alta taxas de transmissão (de 0,1 a 100Mbps) e baixas taxas de erro (de 10^{-8} a 10^{-11}); outra característica é que em geral elas são de propriedade privada.

Quando a distância de ligação entre vários módulos processadores começa a atingir distâncias metropolitanas, chamamos esses sistemas não mais de rede locais, mas de **Redes Metropolitanas (Metropolitan Area Networks - MANs)**.

Uma rede metropolitana apresenta características semelhantes às redes locais, sendo que as MANs em geral, cobrem distâncias maiores que as LANs operando em velocidades maiores.

1.3.2 - Redes Geograficamente Distribuídas (Wide Area Networks - WANs)

Surgiram da necessidade de se compartilhar recursos especializados por uma maior comunidade de usuários geograficamente dispersos. Por terem um custo de comunicação bastante elevado (circuitos para satélites e enlaces de microondas), tais redes são em geral públicas, isto é, o sistema de comunicação, chamado sub-rede de comunicação, é mantido gerenciado e de propriedade pública. Face a várias considerações em relação ao custo, a interligação entre os diversos módulos processadores em uma tal rede determinará utilização de um arranjo topológico específico e diferente daqueles utilizados em redes locais. Ainda por problemas de custo, as velocidades de transmissão empregadas são baixas: da ordem de algumas dezenas de kilobits/segundo (embora alguns enlaces cheguem hoje a velocidade de megabits/segundo). Por questão de confiabilidade, caminhos alternativos devem ser oferecidos de forma a interligar os diversos módulos.

1.3.3 - Características para implantação de Redes de Computadores

A escolha de um tipo particular de rede para suporte a um dado conjunto de aplicações é uma tarefa difícil. Cada arquitetura possui certas características que afetam sua adequação a uma aplicação em particular. Nenhuma solução pode chamar por si a classificação de ótima quando analisada em contexto geral, e até mesmo em particular. Muitos atributos entram em jogo, o que torna qualquer comparação bastante complexa. Esses atributos dizem respeito ao custo, à confiabilidade, ao tempo de resposta, à velocidade, ao desempenho, à facilidade de desenvolvimento, à modularidade, à disponibilidade, à facilidade, à complexidade lógica, à facilidade de uso, à facilidade de manutenção, e etc..

O custo de uma rede é dividido entre o custo das estações de processamento (microcomputadores, minicomputadores etc.), o custo das interfaces com o meio de comunicação e o custo do próprio meio de comunicação. O custo das conexões dependerá muito do desempenho que se espera da rede. Redes de baixo a médio desempenho usualmente empregam poucas estações com uma demanda de taxas de dados e volume pequeno, com isso as interfaces serão de baixo custo devido às suas limitações e aplicações.

Redes de alto desempenho já requerem interfaces de custos mais elevados, devido em grande parte ao protocolo de comunicação utilizado e ao meio de comunicação.

Várias são as medidas que caracterizam o desempenho de um sistema com isso faz-se necessário definir o que é retardo de transferência, retardo de acesso e retardo de transmissão.

Chamamos **Retardo de Acesso** o intervalo de tempo decorrido desde que uma mensagem a transmitir é gerada pela estação até o momento em que a estação consiga obter somente para ela o direito de transmitir, sem que haja colisão de mensagens no meio.

Retardo de Transmissão é o intervalo de tempo decorrido desde o início da transmissão de uma mensagem por uma estação de origem até o momento em que a mensagem chega à estação de destino.

Retardo de Transferência é a soma dos retardos de acesso e transmissão, incluindo o todo o tempo de entrega de uma mensagem, desde o momento em que deseja transmiti-la, até o momento em que ela chega para ser recebida pelo destinatário.

O retardo de transferência é, na grande maioria dos casos, uma variável aleatória, no entanto em algumas redes o maior valor que o retardo de transferência pode assumir é limitado ou seja determinístico).

A rede dever ser moldada ao tipo particular de aplicação de modo a assegurar um retardo de transferência baixo. O sistema de comunicação entre os módulos deve ser de alta velocidade e de baixa taxa de erro, de forma a não provocar saturação no trafego de mensagens. Em algumas aplicações (em particular as de controle em tempo real) a necessidade de retardo de transferência máximo limitado é de vital importância.

A utilização efetiva do sistema de comunicação é apenas uma porcentagem da capacidade total que ela oferece. Uma rede deve proporcionar capacidade suficiente para viabilizar a que é destinada, e certos critérios devem ser elevados em conta, a escolha adequada da

arquitetura, incluindo a estrutura de conexão, o protocolo de comunicação e o meio de transmissão, velocidade e retardo de transferência de uma rede são essenciais para um bom desempenho de uma rede local.

A confiabilidade de um sistema em rede pode ser avaliada em termos de tempo médio entre falhas (Medium Time Between Failures-MTBF), tolerância a falhas, degradação amena (Gracefull Degradation), tempo de reconfiguração após falhas e tempo médio de reparo (MTTR - Medium Time to Repair).

O tempo médio entre falhas é geralmente medido em horas, estando relacionado com a confiabilidade de componentes e nível de redundância.

Degradação amena é dependente da aplicação ela mede a capacidade da rede continuar operando em presença de falhas, embora com um desempenho menor.

Reconfiguração após falhas requer caminhos redundantes sejam acionados tão logo ocorra uma falha ou esta seja detectada.

A rede deve ser tolerante a falhas transientes causadas por hardware e/ou software, de forma que tais falhas causem apenas uma confusão momentânea que será resolvida sem recursos de redundância, mas essas não são de modo algum as únicas falhas possíveis. O tempo médio de reparo pode ser diminuído com o auxílio de redundância, mecanismos de autoteste e diagnóstico e manutenção eficiente.

Modularidade pode ser caracterizada como grau de alteração de desempenho e funcionalidade que um sistema(rede) pode sofrer em mudar

seu projeto original. Os três maiores benefícios de uma arquitetura modular são a facilidade para modificação que é simplicidade com funções lógicas ou elementos de hardware podem ser substituídos, a despeito da relação íntima com outros elementos; a facilidade para crescimento diz respeito a configurações de baixo custo, melhora de desempenho e funcionalidade e baixo custo de expansão; e a facilidade para o uso de um conjunto de componentes básicos será melhor facilidade para viabilizar um projeto, adicionar equipamentos a rede, manutenção do sistema como um todo.

Uma rede bem projetada deve poder de adaptar modularmente às várias aplicações que é dedicada, como também prever futuras instalações.

De fundamental importância a compatibilidade será aqui utilizada como a capacidade que o sistema (rede) possui para de ligar a dispositivos de vários fabricantes, quer a nível de hardware quer a nível de software. Essa característica é extremamente importante na economia de custo de equipamentos já existentes.

Uma rede deve ter a capacidade de suportar todas as aplicações para qual foi dedicada e mais aquelas que o futuro possa requer. Quando possível, não deve ser vulnerável à tecnologia, prevendo a utilização de futuros desenvolvimentos, quer sejam novas estações, novos padrões de transmissão ou novas tecnologias de transmissão etc., a isso damos o nome de Sensibilidade Tecnológica.

Capítulo 2 - TOPOLOGIAS

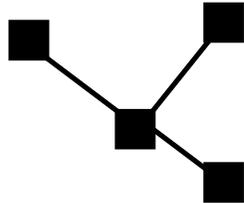
É uma das questões vitais na construção de qualquer sistema de comunicação.

A topologia de uma rede de comunicação irá , muitas vizes caracterizar seu tipo, eficiência e velocidade. A topologia refere-se a forma com que os enlaces físicos e os nós de comunicação estão organizados, determinando os caminhos físicos existentes e utilizáveis entre quaisquer pares de estações conectadas a essa rede

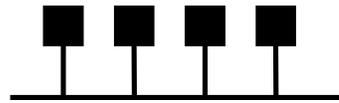
2.1 - Linhas de Comunicação

Na organização dos enlaces físicos num sistema , encontramos diversas formas de utilização das linhas de comunicação. As ligações físicas podem ser de dois tipos: ponto a ponto ou multiponto. Ligações ponto a ponto caracterizam-se pela presença de apenas dois pontos de comunicação, um em cada extremidade do enlace ou ligação. Nas ligações

multiponto observa-se a presença de três ou mais dispositivos de comunicação com possibilidade de utilização do mesmo enlace.



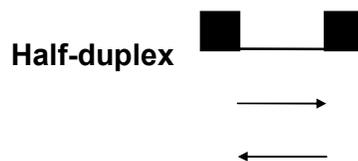
Ponto a Ponto



Multiponto

A comunicação no enlace refere-se a utilização do meio físico que conecta estações, e pode ser:

- **Simplex:** o enlace é utilizado apenas em um dos dois possíveis sentidos de transmissão.
- **Half-duplex:** o enlace é utilizado nos dois possíveis sentidos de transmissão, porém apenas um por vez.
- **Full-duplex:** o enlace é utilizado nos dois possíveis sentidos de transmissão simultaneamente.



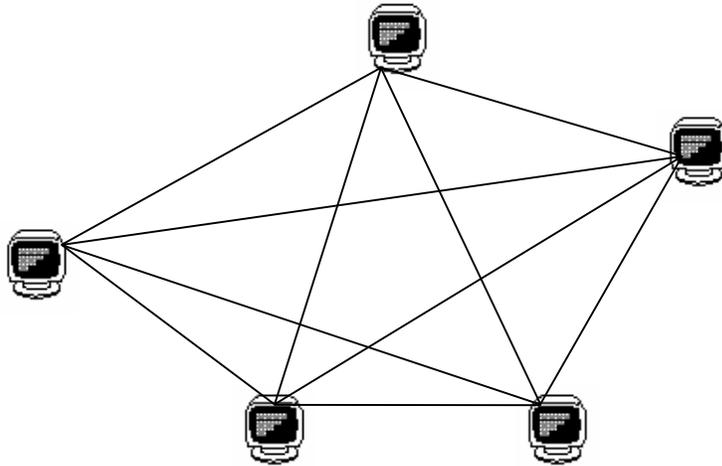


2.2 - Redes Geograficamente distribuidas

- **Topologia Totalmente Ligada**

Nessa topologia, todas as estações são interligadas duas a duas entre si através de um caminho físico dedicado. A troca de mensagens entre cada par de estações se dá diretamente através de um desses enlaces. Os enlaces utilizados poderiam ser ponto a ponto com comunicação full-duplex de forma a permitir a comunicação plena entre quaisquer pares de estações embora essa topologia apresente maior grau de paralelismo de comunicação, torna-se quase sempre impraticável, principalmente em redes com grande número de estações e fisicamente dispersas. Numa rede com N estações, por exemplo, seriam necessárias

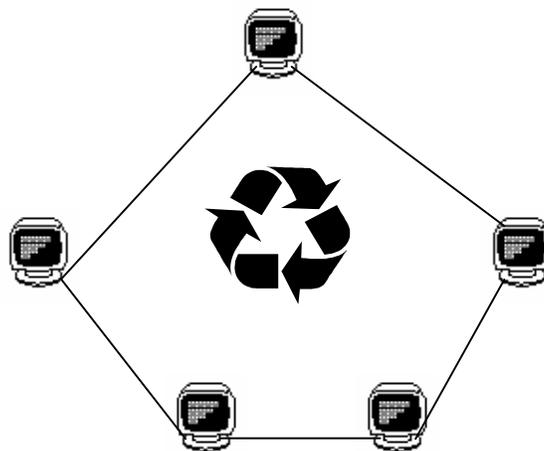
$N(N-1)/2$ ligações ponto a ponto para que se pudesse conectar todos os pares de estações através de linhas dedicadas. Dessa forma o custo do sistema, em termos de instalação de cabos e de hardware específico para comunicação, cresceria com o quadrado do número de estações, tornando tal topologia economicamente inviável.



Topologia Totalmente Ligada

- **Topologia em Anel**

Nessa topologia procura-se diminuir ao máximo o tipo de ligação utilizada. Dessa forma, utiliza-se, em geral, ligações ponto a ponto que operam num único sentido de transmissão (ligações simples) fazendo com que o anel apresente uma orientação ou sentido único de transmissão. Uma mensagem deverá circular pelo anel até que chegue ao módulo de destino, sendo passada de estação em estação, obedecendo ao sentido definido pelo anel.



Topologia em Anel

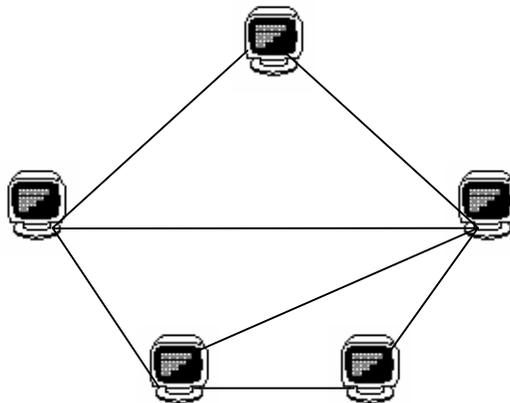
Apesar de considerar uma economia considerável no número de ligações, em sistemas geograficamente distribuídos tal topologia apresenta fatores limitantes que inviabilizam a sua utilização. O primeiro deles diz respeito ao aumento de pontos intermediários entre os pontos finais de comunicação. Em redes geograficamente distribuídas isso significa um aumento drástico no número de ligações pelas quais uma mensagem tem que passar até chegar ao seu destino final, ou seja, um aumento intolerável no retardo de transmissão, principalmente considerando-se que redes geograficamente distribuídas utilizam meios de transmissão de baixa velocidade. Outro fator limitante refere-se à inexistência de caminhos alternativos para o tráfego das mensagens; em redes geograficamente distribuídas caminhos alternativos devem ser providenciados dado que as linhas utilizadas são, em geral de baixa velocidade e pouca confiabilidade. Considerando as limitações de confiabilidade e velocidade é preciso criar caminhos redundantes, para um aumento tanto de confiabilidade quanto de desempenho através do paralelismo de comunicações, sem, no entanto, cair na topologia totalmente ligada que possui restrições.

2.3 - Topologia Parcialmente Ligada

É uma topologia intermediária usada na maioria das redes geograficamente distribuídas. Possui as mesmas características da topologia em estrela, acrescida de caminhos redundantes.

Nessa topologia, nem todas as ligações entre pares de estações estão presentes, mas caminhos alternativos existem e podem ser utilizados

em caso de falhas ou congestionamento em determinadas rotas. No caso em que estações sem conexão física direta desejem se comunicar, elas deverão de alguma forma encaminhar as suas mensagens para alguma outra estação que possa fazer a entrega da mensagem para a estação de destino. Esse processo pode se repetir várias vezes, de forma que uma mensagem pode passar por vários sistemas intermediários até ao seu destino final.



Topologia Parcialmente Ligada

A comunicação entre dois módulos processadores (chamados Equipamentos Terminais de Dados - ETDs ou Data Terminal Equipments-DTEs) pode ser realizada por chaveamento de circuitos, chaveamento de mensagens ou chaveamento de pacotes. Em sistemas por chaveamento (ou comutação) de circuitos, um canal entre o ETD fonte e o ETD destino é estabelecido para uso exclusivo dessas estações até que a conexão seja

desfeita, de maneira idêntica a uma chamada telefônica. Chaveamento de mensagem ou de pacote vai otimizar o uso dos meios de comunicação, tentando evitar a monopolização de todo o caminho durante uma conversação.

Em sistemas por chaveamento de mensagem, a mensagem por completo é enviada ao longo de uma rota do ETD fonte ao ETD de destino. Em cada nó do caminho, a mensagem é primeiro armazenada, e depois passada à frente, ao próximo nó, quando o canal de transmissão que liga esses nós estiver disponível. Sistemas por chaveamento de pacote diferem dos de chaveamento de mensagem pelo fato da mensagem ser quebrada em quadros ou pacotes antes da transmissão ser efetuada. A transmissão de cada pacote pode ser feita por um único caminho ou por caminhos diferentes sendo a mensagem reagrupada quando chega ao destino. Tanto na comutação de pacotes quanto na comutação de mensagens não existe a alocação de um canal dedicado da estação fonte à destino, de uso exclusivo da comunicação, como no caso da comutação de circuitos.

A escolha do caminho fim a fim, isto é, do módulo de origem ao nó de destino, por onde uma mensagem deve transitar, é comumente chamado de roteamento. A escolha da rota pode ser feita a priori, antes do envio da mensagem, ou ser realizada passo a passo. No primeiro caso, diz-se que é estabelecida uma conexão entre os nós de origem e destino e, neste estabelecimento, é definida a rota por onde deverão transitar as mensagens enquanto perdurar a conexão. No segundo caso pode haver ou não o estabelecimento, de conexão mas, independentemente disso, cada nó intermediário do caminho fim a fim é responsável pela escolha do próximo nó do caminho no instante que recebe a mensagem a despachar, e não a priori, como no caso anterior.

Muitas das características desejáveis de uma comutação resultam do uso de roteamento adaptável. Nesse roteamento, o caminho de

transmissão entre dois pontos da rede não é preestabelecido, mas escolhido dinamicamente, com base nas condições da rede no tempo de transmissão. Com essa capacidade de alocação de recursos (rotas) baseada nas condições correntes, a rede é capaz de contornar efeitos adversos tais como um canal ou dispositivo de comunicação sobrecarregado, ou ainda uma falha de componentes.

Todos os módulos processadores devem ser capazes de reconhecer se uma mensagem ou pacote a eles entregue deve ser passado para uma outra estação ou setem como destino a própria estação. Qualquer rede com topologia diferente da totalmente ligada tem a necessidade de definir mecanismos de endereçamento que permitam aos módulos processadores decidir que atitude devem tomar ao receber uma mensagem ou pacote.

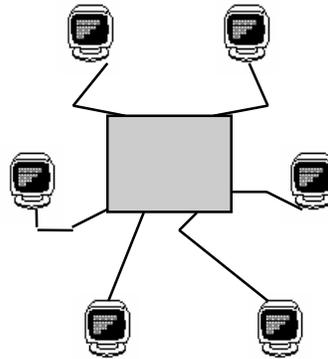
2.4 - Redes Locais Metropolitanas

As características geográficas das redes locais e metropolitanas levam a considerações de custo e tecnologia bastante diferentes das redes de longa distancia. Em redes locais e metropolitanas, meios de transmissão de alta velocidade, baixa taxa de erro, de baixo custo e e privados podem ser usados. Topologias muitas vezes inviáveis em ambientes geograficamente distribuídos podem ser utilizadas.

- **Topologia em Estrela**

Nesse tipo de topologia cada nó é interligado a um nó central (mestre) através do qual todas as mensagens devem passar. Tal nó age, assim, como centro de controle da rede, interligando os demais nós

(escravos). Nada impede que haja comunicações simultâneas, desde que as estações envolvidas sejam diferentes.



Topologia em Anel

Várias redes em estrela operam em configurações onde o nó central tem tanto a função de gerencia de comunicação como facilidades de processamento de dados. Em outras redes o nó central tem como única função o gerenciamento das comunicações. O nó central cuja função é chaveamento (ou comutação) entre as estações que desejam se comunicar é denominado comutador ou switch.

O arranjo em estrela evidentemente é a melhor escolha se o padrão normal de comunicação na rede combinar com essa topologia, isto é, um conjunto de estações secundárias se comunicando com o nó central. Este é o caso típico das redes de computadores onde o nó central é um sistema de computação que processa informações alimentadas pelos dispositivos periféricos (nós escravos). As situações mais comuns, no entanto são aquelas em que o nó central está restrito às funções de gerente das comunicações e a operações de diagnóstico.

Redes em estrela podem atuar por difusão ou não. Em redes por difusão, todas as informações são enviadas ao nó central que é o responsável por distribuí-las a todos os nós da rede. Os nós aos quais as

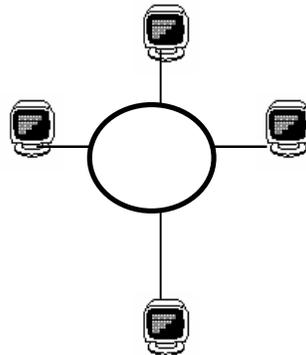
informações estavam destinadas as copiam e os outros simplesmente as ignoram. Em redes que não operam por difusão, um nó pode apenas se comunicar com outro nó de cada vez, sempre sobre controle do nó central. Redes em estrela não têm necessidade de chaveamento, uma vez que concentram todas as informações no nó central. O gerenciamento das comunicações por este nó pode ser por chaveamento de pacotes ou chaveamento de circuitos. O nó central também pode ter a função de compatibilizar a velocidade de comunicação entre o transmissor e o receptor. Os dispositivos de origem e destino podem operar com protocolos e/ou conjunto de caracteres diferentes. O nó central atuaria nesse caso como um conversor de protocolos permitindo ao sistema de um fabricante trabalhar satisfatoriamente com um outro sistema de um outro fabricante. Confiabilidade é um problema das redes em estrela. Falhas em um nó escravo apresentam um problema mínimo de confiabilidade, uma vez que o restante da rede ainda continua em funcionamento. Falhas no nó central, por outro lado, podem ocasionar a parada total do sistema.

Outro problema da rede com topologia em estrela é relativo à modularidade. A configuração pode ser expandida até um certo limite imposto pelo nó central: em termos de capacidade de chaveamento, número de circuitos concorrentes que podem ser gerenciados e número total de nós que podem ser servidor.

O desempenho obtido em uma rede em estrela depende da quantidade de tempo requerido pelo nó central para processar e encaminhar uma mensagem, e da carga de tráfego na conexão, isto é, o desempenho é limitado pela capacidade de processamento do nó central.

- **Topologia em Anel**

Uma rede em anel consiste em estações conectadas através de um caminho fechado. Por motivos de confiabilidade, o anel não interliga as estações diretamente, mas consistem em uma série de repetidores ligados por um meio físico, sendo cada estação ligada a esses repetidores. Redes em anel são, teoricamente capazes de transmitir e receber dados em qualquer direção. As comunicações mais usuais, no entanto são unidirecionais, de forma a simplificar o projeto dos repetidores e tornar menos simplificados os protocolos de comunicação que asseguram a entrega de mensagem ao destino corretamente e em seqüência, pois sendo unidirecionais evitam o problema de roteamento. Os repetidores são em geral projetados de forma a transmitir e receber dados simultaneamente, diminuindo assim o retardo de transmissão.



Topologia em Anel

Além da maior simplicidade e do menor retardo introduzido, as redes onde a mensagem é retirada pelo nó de origem permitem mensagens de difusão, isto é, um pacote é enviado simultaneamente para múltiplas estações. Essas redes possibilitam a determinadas estações receberem mensagens enviadas por qualquer outra estação da rede independentemente de qualquer que seja o nó de destino. Isto é chamado de reconhecimento de endereçamento promíscuo ou modo espião. Em

estações no modo espião pode-se, por exemplo, desenvolver programas para observação do tráfego dos canais, construir matrizes de tráfego, fazer análise de carregamento, realizar isolamento de falhas e protocolos de manutenção etc..

Topologia em anel requer que cada nó seja capaz de remover seletivamente mensagens da rede ou passá-las à frente para o próximo nó. Isto requer um computador ativo em cada nó e a rede poderá ser mais confiável do que esses repetidores. Uma quebra em qualquer dos enlaces vai para toda a rede até que o problema seja isolado e um novo cabo instalado.

Se os repetidores fizessem parte do hardware específico e interno de cada estação conectada à rede, a vulnerabilidade seria ainda maior: repetidores estaria susceptíveis à falhas no equipamento ou à própria falta de alimentação elétrica da estação. Por esse motivo repetidores são alimentados e mantido separados do hardware da estação. Uma solução parcial do problema de falha do repetidor consta em prover cada um deles de um relé que pode removê-lo mecanicamente em caso de falha. Essa remoção pode ser impossível se os repetidores imediatamente posterior e anterior ao repetidor com falha estiverem a uma distância maior do que o limite exigido pelo meio de transmissão para a interconexão de dois nós.

A topologia pode ser feita suficientemente confiável de forma que a possibilidade de falhas possa ser praticamente ignorada. Existem algumas melhorias, tais como:

A introdução de concentradores, também denominados *hubs*. Inicialmente esses concentradores eram apenas elementos passivos que permitiam a concentração de todo o cabeamento utilizado e possuíam um mecanismo de relés que, acionado externamente, permitia o isolamento de

estações em falha. Mais tarde eles passaram a ser utilizados como concentradores de repetidores do anel. Tal técnica tem várias vantagens. O isolamento de falhas se torna mais simples porque existe um ponto de acesso central para o sinal. Sem o concentrador, quando um repetidor ou enlace falha, a localização da falha requer uma busca através de todo o anel, exigindo o acesso a todos os locais que contêm repetidores e cabos. Outra vantagem do concentrador é a possibilidade de adição de novas estações sem a parada total da rede, uma vez que novos repetidores podem ser ativados no concentrador, sem parar a rede, por meio da utilização de relés. Pode se fazer também um anel formado pela interconexão de concentradores. A distância entre dois concentradores não deverá ultrapassar o limite máximo permitido sem regeneração do sinal. Embora a utilização de relés permita a rápida recuperação de algumas falhas nos repetidores, existem outras falhas que podem temporariamente parar toda a rede, como por exemplo falhas nos segmentos entre os concentradores. Uma solução para o problema seria a utilização de caminhos alternativos: duplo anel, triplo anel etc..

No duplo anel um dos relés é o anel principal e o outro é acionado somente em caso de falhas, sendo denominado anel secundário ou anel de backup tem sua orientação definida no sentido contrário ao do anel principal.

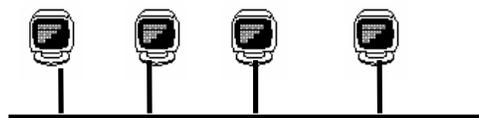
Outra solução para aumentar a confiabilidade de uma rede em anel seria considerar a rede local como consistindo em vários anéis, e o conjunto dos anéis conectados por pontes a ponte encaminha os pacotes de dados de uma sub-rede a outra com base nas informações de endereçamento. Do ponto de vista físico cada anel operaria independentemente, uma falha em um anel vai para somente aquela porção da rede. Uma falha na ponte não impede o tráfego intra-rede, múltiplos

anéis podem ser empregados para a obtenção de um maior nível de desempenho.

Os maiores problemas com topologias em anel são uma vulnerabilidade a erros e pouca tolerância a falhas. Qualquer que seja o controle de acesso empregado, ele pode ser perdido por falhas e pode ser difícil determinar pcom certeza se esse controle foi perdido ou decidir qual nó deve recriá-lo. Erros de transmissão e processamento podem fazer com que uma mensagem continue eternamente a circular no anel.

- **Topologia em Barra**

Topologia em barra comum é bastante semelhante ao conceito de arquitetura de barra em um sistema de computador, onde todas as estações se ligam ao mesmo meio de transmissão. A topologia em barra tem uma cosnfiguração multiponto. Nas redes em barra comum cada nó conectado à barra pode ouvir todas as informações transmitidas, similar as transmissões de ráiodifusão. Esta característica vai facilitar as aplicações com mensagens do tipo difusão além de possibilitar que algumas estações possam trabalhar com endereçamento promíscuo ou modo espião.



Topologia em Barra

Existe uma variedade de mecanismos para o controle de acesso à barra, que pode ser centralizado ou descentralizado. A técnica adotada para cada acesso à rede é uma forma de multiplexação no tempo. Em um controle centralizado, o direito de acesso é determinado por uma estação especial da rede. Em um ambiente de controle descentralizado, a responsabilidade de acesso é distribuída entre todos os nós.

Ao contrário da topologia em anel, as topologias em barra podem empregar interfaces passivas, nas quais as falhas não causam a parada total do sistema. Relógios de prevenção em cada transmissor devem detectar e desconectar o nó que falha no modo de transmissão. A confiabilidade desse tipo de topologia vai depender muito da estratégia de controle. O controle centralizado oferece os mesmos problemas de confiabilidade de uma rede em estrela, com a atenuante de que, aqui, a redundância de um nó pode ser outro nó comum da rede. Mecanismos de controle descentralizados semelhantes aos empregados na topologia em anel podem também ser empregados neste tipo de topologia, acarretando os mesmos problemas quanto à detecção da perda do controle e sua recriação.

A ligação ao meio de transmissão é o ponto crítico no projeto de uma rede local em barra comum. A ligação deve ser feita de forma a alterar o mínimo possível de características ao meio.

A ligação das estações ao meio de comunicação é realizada através de um *transceptor* (*transmissor/receptor*), que tem como funções básicas transmitir e receber sinais, bem como reconhecer a presença desses sinais no meio. O transceptor se liga à barra através de um conector, que é responsável pelo contacto elétrico com os condutores da barra.

O poder de crescimento, tanto no que diz respeito à distância máxima entre dois nós da rede quanto ao número de nós que a rede pode suportar, vai depender do meio de transmissão utilizado, da taxa de transmissão e da quantidade de ligações ao meio.

Assim como em redes em anel, a utilização de concentradores (hubs) irá facilitar a localização e o isolamento de falhas, bem como permitir a inserção de novas estações na barra sem a parada do sistema.

O desempenho de um sistema em barra comum é determinado pelo meio de transmissão, número de nós conectados, controle de acesso, tipo de tráfego e outros fatores. Por empregar interfaces passivas (sem repetidores) que não exigem armazenamento local de mensagens, topologias em barra não vão degradar o retardo de transferência, que, contudo, pode ser altamente dependente do protocolo de acesso utilizado.

Pode-se diferenciar dois tipos de topologias: uma *topologia lógica*, que é aquela observada sob o ponto de vista das interfaces das estações com a rede (que inclui o método de acesso), e uma *topologia física*, que diz respeito ao layout físico utilizado na instalação da rede.

Capítulo 3 - Meios Físicos de Transmissão

Os meios de transmissão são utilizados em redes de computadores para ligar as estações ao meio de transmissão.

Os meios de transmissão diferem com relação à banda passante, potencial para conexão ponto a ponto ou multiponto, limitação geográfica devido a atenuação característica do meio, imunidade a ruído, custo, disponibilidade de componentes e confiabilidade.

Qualquer meio físico capaz de transportar informações eletromagnéticas é passível de ser usado em redes de computadores. Os mais comuns utilizados são: o par trançado, o cabo coaxial e a fibra ótica. Sob circunstâncias especiais, radiodifusão, infravermelho, enlaces de satélite e microondas também são escolhas possíveis.

3.1 - Par Trançado

São dois fios enrolados em espiral de forma a reduzir o ruído e manter constante as prioridades elétricas do meio através de todo o seu comprimento.

Sua transmissão poderá ser tanto analógica quanto digital.

A perda de energia é um parâmetro importante quando se discute não só a taxa máxima de transmissão, mas também a distância máxima permitida, qualquer que seja o meio de transmissão. A perda de energia aumenta com a distância, até chegar um ponto onde o receptor não consegue mais reconhecer o sinal. energia pode ser perdida por radiação ou por calor. Em geral um par trançado pode chegar até várias dezenas de metros com taxas de transmissão de alguns megabits por segundo.

Sua desvantagem é a sensibilidade às interferência e ruído.

Com o aumento das taxas de transmissão, cabos de par trançado de melhor qualidade foram gradativamente sendo produzidos. Dada a evolução apresentada desde os primeiros pares utilizados em telefonia.

É um meio de transmissão de menor custo por comprimento. A ligação de nós ao cabo é também extremamente simples, e portanto de baixo custo.

Ele é normalmente utilizado com transmissão em banda básica. Outra aplicação típica para par trançado é a ligação ponto a ponto entre terminais e computadores e entre estações da rede e o meio de transmissão.

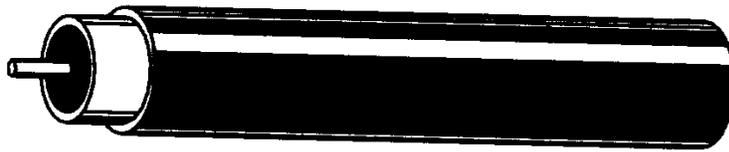


Par Trançado

3.2 - Cabo Coaxial

Um Cabo coaxial é constituído de um condutor interno circundado por um condutor externo, tendo entre os condutores, um dielétrico que os separa. O condutor externo é por sua vez circundado por outra camada isolante.

O cabo coaxial, ao contrário do par trançado, mantém uma capacitância constante e baixa, teoricamente independente do comprimento do cabo. Essa característica vai lhe permitir suportar velocidades da ordem de megabits por segundo sem necessidade de regeneração do sinal e sem distorções ou ecos, propriedade que revela a alta tecnologia já denominada. Comparado ao par trançado, este tem uma imunidade a ruído de crosstalk bem melhor, e uma fuga eletromagnética mais baixa. A transmissão em banda larga fornece uma imunidade ao ruído melhor do que em banda básica. Além disso, os ruídos geralmente presentes em áreas urbanas e industriais são de baixa frequência, tornando as transmissões em banda básica mais susceptíveis a eles. Quanto ao custo, o cabo coaxial é mais caro do que o par trançado, assim como é mais elevado o custo das interfaces para ligação ao cabo.



Cabo Coaxial

3.4 - Fibra Ótica

A transmissão em fibra ótica é realizado pelo envio de um sinal de luz codificado, dentro do domínio de frequência do infravermelho, através de um cabo ótico.

O cabo ótico consistem em um filamento de sílica ou plástico , por onde é feita a transmissão da luz. Ao redor do filamento existem substâncias de menor índice de refração, que fazem com que os raios sejam refletidos internamente, minimizando assim as perdas de transmissão. Existem três tipos de fibras óticas: as multimodo degrau, as multimodo com índice gradual e as monomodo.

- **Fibras Multimodo degrau**

São as mais simples e foram as primeiras a serem produzidas. O funcionamento dessas fibras é baseado no fenômeno da reflexão total interna na casca de índice de refração mais baixo. O termo degrau vem da existência de uma descontinuidade na mudança de índice de refração na fronteira entre o núcleo e a casca da fibra. A qualificação multimodo refere-se à possibilidade de que vários feixes em diferentes ângulos de incidência se propaguem através de diferentes caminhos pela fibra.

- **Fibras multimodo de índice gradual**

Ao invés de uma mudança abrupta de índice de refração do núcleo para a casca, este índice vai diminuindo gradualmente de forma contínua.

- **Fibras monomodo**

A idéia é produzir núcleos de diâmetro tão pequeno, que apenas um modo será transmitido.

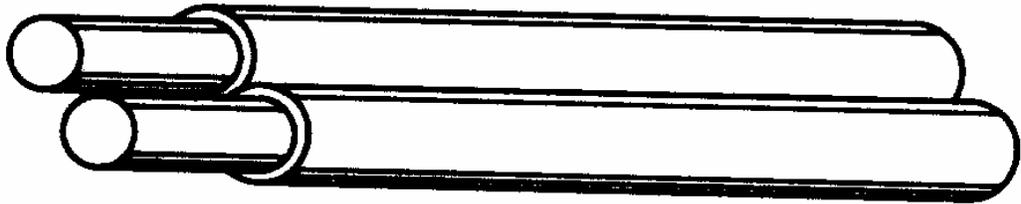
As fibras óticas são imunes a interferências eletromagnéticas e a ruídos e, por não irradiarem luz para fora do cabo, não se verifica ruído. Fibras óticas vão permitir um isolamento completo entre o transmissor e o receptor, fazendo com que o perigo de curto elétrico entre os condutores não exista.

Em linhas de longa distância utilizadas pelas companhias telefônicas, chegam-se a distâncias de 50 km sem a necessidade de repetidores.

Fibras óticas são mais finas e mais leves do que cabos coaxiais, o que facilita bastante sua instalação, são utilizadas com sistemas em taxas

de transmissão que chegam a 150 e a 620 Mbps numa única fibra unidirecional.

Algumas limitações, porém, ainda são encontradas. A junção de fibras é uma tarefa ainda delicada, principalmente em ligações multiponto. A instalação de fibras óticas em determinados ambientes pode fazer com que sejam necessárias dobras nos cabos de fibra. Tais dobras podem tornar o ângulo de incidência dos feixes em relação à normal muito pequena provocando o escape desses feixes da fibra, pois estes não chegarão a sofrer reflexão.



Cabo de Fibra Ótica

3.5 - Outros meios de transmissão

Além dos três meios de transmissão já mencionados, existem outros meios de transmissão, embora menos utilizados em redes locais. Um desses meios é radiofusão (wireless networks).

Por sua natureza, a radiofusão é adequada tanto para ligações ponto a ponto quanto para ligações multiponto. As redes sem fio, baseadas em radiofusão, são uma alternativa viável onde é difícil, ou mesmo impossível, instalar cabos metálicos ou de fibra ótica. Seu emprego é particularmente importante para comunicações entre computadores portáteis em um ambiente de rede local móvel.

A radiofusão também é utilizada em aplicações onde a confiabilidade do meio de transmissão é requisito indispensável. Um exemplo drástico seria em aplicações bélicas, onde, por exemplo, o rompimento de um cabo poderia paralisar todo um sistema de defesa.

Nas aplicações entre redes locais, a radiofusão também tem papel relevante, especialmente se as redes estão distantes e o tráfego inter-rede é elevado. Neste caso circuitos telefônicos podem ser inadequados e a radiofusão pode fornecer a largura de faixa exigida.

A radiação infravermelha e microondas são outros meios possíveis de comunicação utilizados em redes de computadores.

3.6 - Ligações ao meio

Ao utilizar um meio de transmissão, conectamos a ele equipamentos transmissores e receptores. A forma como essas conexões são efetuadas dependem da topologia, que definirá se as ligações físicas são ponto a ponto ou multiponto, e do próprio meio físico, que determinará como as ligações podem ser implementadas, respeitando-se as características físicas desse meio.

- **Ligações Ponto a Ponto**

As topologias como o anel, a estrela e a topologia parcialmente conectada se utilizam de ligações ponto a ponto.

A interface de uma estação com o anel contém um repetidor que tem dois propósitos principais. O primeiro é contribuir para o funcionamento correto do anel, deixando fluir todos os dados por eles recebidos, depois de regenerá-los. O segundo é fornecer um ponto de acesso para o envio e recebimento de dados por uma estação a ele conectada.

Na topologia estrela, tanto lógica quanto física, utilizam-se ligações ponto a ponto entre as estações e o elemento central.

Ligações ponto a ponto apresentam menos dificuldades que ligações multiponto, descritas na próxima seção, pois não têm os problemas de múltiplas reflexões nem a possibilidade de múltiplas transmissões simultâneas.

- **Ligações Multiponto**

Em ligações multiponto, o meio de transmissão deve ser casado em seus extremos, terminando por uma impedância igual a sua impedância característica, de forma a impedir reflexões.

As Ligações são feitas através de transceptores que possuem funções básicas de transmitir e receber sinais do meio, bem como reconhecer a presença desses sinais no meio.

Quanto às estações, os transceptores podem estar localizados junto a elas ou não, e ambas as configurações apresentam vantagens e desvantagens.

A localização do transceptor fora da estação traz como principal vantagem uma flexibilidade maior para o sistema. As estações podem se situar afastadas do meio de comunicação, estando ligadas ao transceptor por uma linha de comunicação (por exemplo, par trançado). Assim, dentro dos limites estabelecidos pelas características do meio de transmissão entre o transceptor e a estação (atenuação, por exemplo), esta pode estar localizada em qualquer ponto convenientemente distante do meio comum.

Transceptores podem se ligar ao cabo coaxial através do uso de conectores tipo T. O cabo é cortado, e conectores BNC são instalados em cada um dos extremos. Esse tipo de ligação apresenta a desvantagem da necessidade de interrupção do funcionamento da rede para a inserção de uma nova estação. Em compensação, os conectores em T são facilmente encontrados e seu custo é relativamente baixo.

Alternativamente, os transceptores podem ser conectados pela utilização dos conectores por pressão (pressure taps), herdados da tecnologia de CATV. Esses conectores permitem a ligação ao cabo sem que seja preciso cortá-lo, evitando a necessidade de pararmos a operação de uma rede para sua instalação. O acoplamento com o cabo é feito por meio de uma pequena agulha metálica que, ao ser inserida, faz contato somente com o condutor central. Para impedir que a malha externa entre em contato com a agulha, esta é revestida com material isolante, com exceção de suas extremidades. Outras agulhas fazem contato com a malha externa dando o referencial de terra. Os conectores por pressão têm como vantagem adicional o fato de permitir a construção de transceptores de maior impedância, diminuindo as reflexões.

- **Ligações em redes fibra ótica**

Fibra ótica pode ser usada tanto em ligações ponto a ponto quanto em ligações multiponto. Devido a perdas elevadas em ligações multiponto e a reflexões óticas, as configurações ponto a ponto são mais usadas atualmente. Nas ligações multiponto deve ser levada em consideração a característica unidirecional da fibra ótica. A topologia em barra comum pode exigir assim o uso de duas fibras.

A utilização de fibra ótica nas redes em anel se dá pela simples substituição dos elementos de transmissão e recepção por componentes óticos. A configuração é similar à da rede em barra com dupla fibra na qual sinalização é ponto a ponto unidirecional.

Capítulo 4 - Roteamento e Roteadores

4.1 - Roteamento

Roteamento é a escolha do módulo do nó de origem ao nó de destino por onde as mensagens devem transitar. Na comutação de circuito, nas mensagens ou de pacote. Primeiramente estabelece uma conexão entre nós de origem e destino, neste estabelecimento é definida a rota onde deverão transitar enquanto perdurar a conexão. Em segundo caso pode haver ou não o estabelecimento de conexão, mas independentemente disso cada nó intermediário do caminho é responsável pela escolha do próximo nó do caminho no instante em que recebe a mensagem.

Em redes geograficamente distribuídas, caberá à estação a escolha do melhor gateway ao qual será enviado o pacote, no caso de uma mensagem inter-redes, ou a qual estação, no caso de uma mensagem

dentro da mesma rede. Assim cabe a estação algum nível de roteamento. ao gateway cabe escolher a melhor rota através de outros gateways, se for o caso, para o encaminhamento dos pacotes. Em redes que possuem mensagens por difusão, o roteamento realizado pelas estações pode ser relaxado. Querendo enviar uma mensagem inter-redes, uma estação simplesmente transmitirá um pacote por difusão. Se a mensagem é inter-redes cabe então aos gateways o reconhecimento de qual deles deverá se responsabilizar pela continuidade do encaminhamento da mensagem.

A implementação do roteamento exige uma estrutura de dados que informe os possíveis caminhos e seus custos, a fim de que se possa decidir qual o melhor. Diversos métodos têm sido utilizados para a manutenção da estrutura de dados.

Existem vários tipos de roteamento. São eles:

- **Roteamento Centralizado**

Neste existe, em algum lugar da rede, um Centro de Controle de Roteamento (CCR) responsável pelo cálculo da tabelas de rotas.

O CCR tem o poder de tomar decisões precisas sobre o caminho ótimo, uma vez que possui todas informações da rede.

- **Roteamento Isolado**

No roteamento isolado, a atualização é realizada com base nas filas de mensagens para os diversos caminhos e outras informações locais, verificando-se vários aspectos de acordo com algoritmos criados.

- **Roteamento Distribuído**

Neste modo, cada nó envia periodicamente aos outros nós, incluindo os gateways, informações locais sobre a carga na rede. Essas informações são utilizadas para o cálculo da nova tabela.

- **Roteamento hierárquico**

Quando as redes tornam-se muito grandes, o número de entradas na tabela de rotas pode ser tão elevado que as tornam impossíveis de serem armazenadas ou percorridas. A solução, nesse caso, é realizar o roteamento hierarquicamente.

Neste roteamento os nós são divididos em regiões, com cada nó capaz de manter as informações de rotas das regiões a que pertence.

4.2 - Roteadores

Os Gateways são usualmente classificados em dois tipos: Gateways Conversores de Meio (Media-Conversion Gateways) e Gateways Tradutores de Protocolos (Protocol-Translation Gateways).

Os Gateways conversores de meio são os mais simples, bastante utilizados em inter-redes que oferecem o serviço de datagrama, suas funções resumem-se em receber um pacote do nível inferior, tratar o cabeçalho inter-redes do pacote, descobrindo o roteamento necessário, construir novo cabeçalho inter-redes se necessário e enviar esse novo pacote ao próximo destino, segundo o protocolo da rede local em que se encontra. Esse tipo de Gateway é também chamado de Roteador.

Os Gateways tradutores de protocolo são mais utilizados em inter-redes que utilizam circuitos virtuais passo a passo. Eles atuam traduzindo mensagens de uma rede, em mensagens da outra rede, com a mesma semântica de protocolo. Nem todos os protocolos podem ser mapeados entre si e o subconjunto formado pela interseção dos serviços comuns é o serviço que deverá ser oferecido como base para a interligação. As dificuldades na tradução dos protocolos tornam tais gateways bastante complexos e de difícil realização, o que pode aumentar em muito o custo da interligação. Quando os gateways interligam duas redes cuja administração pertence a duas organizações diferentes, possivelmente em países diferentes, a operação do gateway pode causar sérios problemas. Como a estrutura de ligação em cada uma das redes é completamente independente, para facilitar a implementação e a operação, é comum separar essas entidades também fisicamente. A cada uma dessas interfaces denominamos half-gateway.

Cabe ao half-gateway a realização do protocolo de comunicação entre eles.

Quando Gateway é dividido em metades seu projeto torna-se bem mais simples e estruturado, além de ter maior flexibilidade quanto à distância física das redes.

A utilização de gateways para a conexão de redes locais idênticas não sofrem nenhuma restrição. A desvantagem está na sua maior complexidade, na exigência de um protocolo inter-redes, enfim, no custo da interligação.

Capítulo 5 - Repetidor e Ponte

5.1 - Repetidor

Os repetidores são utilizados, geralmente, para a interligação de duas ou mais redes idênticas. Atuando no nível físico, os repetidores simplesmente recebem todos os pacotes de cada uma das redes que interligam e os repetem nas demais redes sem realizar qualquer tipo de tratamento sobre os mesmos.

Vários pontos são dignos de nota na utilização de repetidores para interconexão de redes locais. Primeiramente, em redes em anel onde a estação é responsável pela retirada dos próprios quadros, caberá ao repetidor a retirada dos quadros nas redes em que atua como retransmissor. Em anéis onde cabe à estação de destino a retirada dos quadros, a situação

se complica. Como pode haver mais de um repetidor em uma rede, o repetidor não pode agir como uma estação de destino intermediária e retirar o quadro do anel. A solução ;e deixar tal tarefa para a estação monitora, o que diminui desempenho da rede.

Um segundo ponto vem da utilização de repetidores em redes que utilizam protocolos baseados em contenção. Nesse caso caberá ao repetidor também a função de detecção de colisão e retransmissão. Em redes que se utilizam de alguns protocolos, ao se calcular o tamanho mínimo do pacote, deve se levar em conta o retardo introduzido pelo repetidor. Isto vai limitar o número de repetidores em série em tais redes.

Um terceiro ponto vem da observação de que nada impede que tenhamos vários repetidores em uma mesma rede ou vários repetidores no caminho de um quadro desde a estação de origem até a estação de destino. Cuidados no entanto devem ser tomados. Não pode haver um caminho fechado entre dois repetidores quaisquer da rede, por isso implicará duplicações infinitas de quadros (um quadro repetido retornaria, devido a repetições em outros repetidores, voltaria a ser repetido, tornaria a retornar e assim indefinidamente), além de provocar outros efeitos colaterais, como por exemplo, a colisão dos quadros em redes baseadas em contenção, o que causa uma conseqüente diminuição do desempenho.

Outro ponto observado é que em protocolos onde reconhecimento do quadro é realizado automaticamente nos próprios quadros transmitidos, essa característica é perdida, pois existem dois motivos pelos quais não pode ser realizada pelos repetidores. Primeiro pelo fato de poderem haver vários repetidores na rede. Nesse caso, a qual deles caberá a tarefa? Segundo, mesmo que se pudesse decidir qual o repetidor teria a tarefa, como ele poderia saber da situação do quadro na estação de

destino uma vez que ainda nem o retransmitiu? Essa característica de alguns protocolos é irremediavelmente perdida.

Ainda outro ponto a respeito dos repetidores deve ser mencionado, este ligado diretamente ao desempenho. Ao repetir todas as mensagens que recebe, um tráfego extra inútil é gerado pelo repetidor quando os pacotes repetidos não se destinam às redes que interligam. Uma solução para tal problema vem com a utilização de estações especiais denominadas pontes (bridges).

5.2 - Pontes

A ponte atua nos protocolos a nível de enlace. Ao contrário dos repetidores, as pontes só repetem os pacotes destinados às redes que interligam ou que devem passar pelas redes que interligam até chegarem ao seu destino final.

As pontes sofrem dos mesmos problemas que os repetidores, no que diz respeito à retirada de quadros em redes em anéis, a sua utilização em redes baseadas em contenção e a seu uso em protocolos com reconhecimento automático.

Com relação ao problema de existir caminho fechado entre duas pontes, este é menos grave. Persiste aqui ainda o problema de colisão de quadros e a conseqüente diminuição de desempenho em redes com acesso baseado em contenção. No entanto, o número de duplicações de quadros ;e finito e igual ao número de caminhos fechados existentes entre as estações de origem e de destino, e por serem finitas, tais duplicações podem ser tratadas.

Um outro problema relacionado com as pontes são os valores dos temporizadores das camadas mais elevadas. Por exemplo, suponha que um temporizador seja disparado à espera de uma confirmação. Esse temporizador deve levar em conta que o quadro poderá viajar por várias redes, inclusive passando por redes de baixa velocidade. Se o valor do temporizador for mal escolhido, por exemplo um valor baixo, pode-se ter a falsa impressão de que a rede está em falha, uma vez que o temporizador se esgota a cada transmissão de um quadro.

O fato das redes interligadas possuírem um comprimento de tamanho máximo diferente é um outro problema a ser enfrentado pelas ponte.

No caso de ligação entre LANs, dividir o quadro em partes esta fora de questão. Não há nenhuma facilidade nesses protocolos que permita a remontagem. Não há solução; quadros grandes demais para serem encaminhados devem ser descartados. Para desempenhar seu papel, as pontes realizam pelo menos três funções: a de filtro de entrada, no sentido de receber apenas os pacotes endereçados às redes por elas ligadas direta ou indiretamente (através de mais de uma ponte em serie); a função de armazenamento, no transporte de um quadro de uma rede para outra e, finalmente, a função de transmissão como em um repetidor comum.

A ponte possui como vantagem o fato da falha em uma rede não afetar uma outra rede. Disso podemos tirar proveito em determinadas aplicações que exigem grande confiabilidade, dividindo a rede em pequenas sub-redes interligadas por pontes.

A grande vantagem da ponte vem da observação de que o desempenho de uma rede pode ser grandemente aumentado se a mesma for dividida em pequenas sub-redes interligadas por pontes. Devemos notar,

entretanto, que essa vantagem apenas persistirá se o tráfego inter-redes não for significativo.

Capítulo 6 - Sistemas Operacionais de Redes

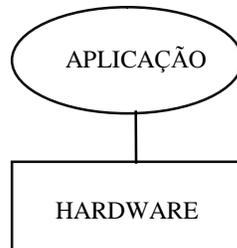
6.1 - Sistema Operacionais de Redes

As modificações nos hardware em favor das redes implicou de ajustes nos Sistemas Operacionais, adaptando-o para o novo ambiente de processamento.

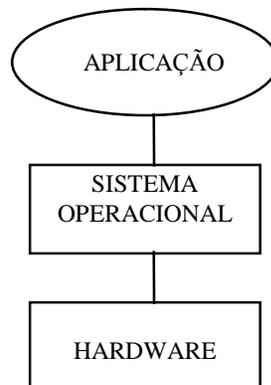
Os computadores antes funcionavam isoladamente, e já existiam seus respectivos Sistemas Operacionais Locais (SOL). Portanto o software introduzido para fornecer novos serviços foi perturbar o menos possível o ambiente local, principalmente na interface que este ambiente oferecia a seus usuários.

Assim surgiram os Sistemas Operacionais de Redes (SOR), como extensão dos Sistemas Operacionais Locais (SOL), complementando-os com o conjunto de funções básicas, e de uso geral necessárias à operação das estações de forma a tornar transparentes o uso dos recursos compartilhados.

- **Acesso direto das aplicações dos usuários com o hardware.**



- **Acesso indireto das aplicações dos usuários com o hardware através do Sistema Operacional.**



- **Adição das funções do Sistema Operacional de Redes às funções dos Sistemas Operacionais Locais.**



6.1.1 - Redirecionador

A transparência dos requisitos é fundamental nos Sistemas Operacionais de Redes.

Nesse sentido os SOR's devem atuar de forma que os usuários utilizem os recursos de outras estações da rede como se estivessem operando localmente.

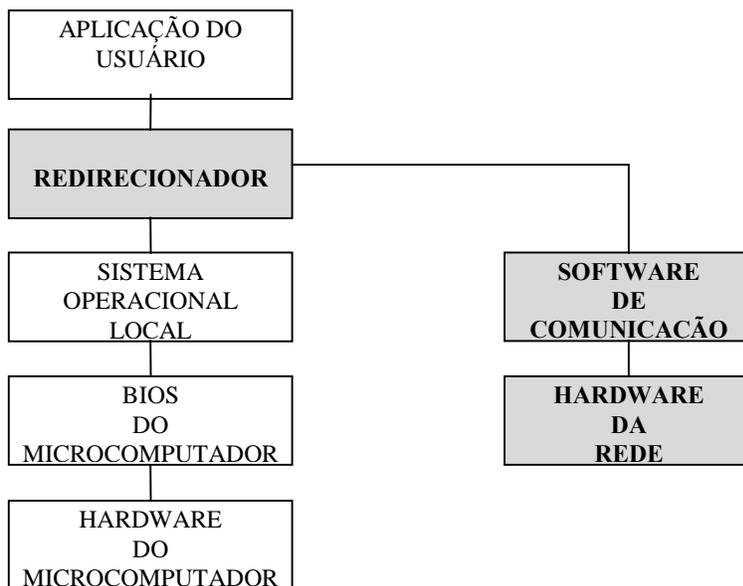
A solução encontrada para estender o Sistema Operacional das estações da rede, sem modificar sua operação local, foi a introdução de um módulo redirecionador. O redirecionador funciona interceptando as chamadas feitas pelas aplicações ao Sistema Operacional Local, desviando aquelas que dizem respeito a recursos remotos para o módulo do Sistema Operacional em Rede, responsável pelos serviços de comunicação que providenciam ao dispositivo remoto. Para as aplicações de usuário a

instalação do Sistema Operacional de Rede é percebida apenas pela adição de novos recursos (recursos verticais) aos que elas possuíam anteriormente. A interface utilizada pelas aplicações para ter acesso aos recursos, tanto locais quanto remotos, assim, inalterada.

- **Sistema Operacional Local**



- **Sistema Operacional Local das funções de comunicação do Sistema Operacional de Rede, acrescido das funções de comunicação do sistema operacional de rede.**



O redirecionador como apresentado, foi o mecanismo sobre o qual foram desenvolvidos os Sistemas Operacionais de Rede.

6.2 - Arquiteturas Peer-to-Peer e Cliente-Servidor

A interface entre as aplicações e o Sistema Operacional baseia-se usualmente, em interações solicitação/resposta, onde a aplicação solicita um serviço (abertura de um arquivo, impressão de bloco de dados, alocação de uma área de memória etc..) através de uma chamada ao sistema operacional. O sistema operacional, em resposta à chama, executa o serviço solicitado e responde, informando o status da operação (se foi executado com sucesso ou não) e transferindo os dados resultantes da execução para a aplicação, quando for o caso.

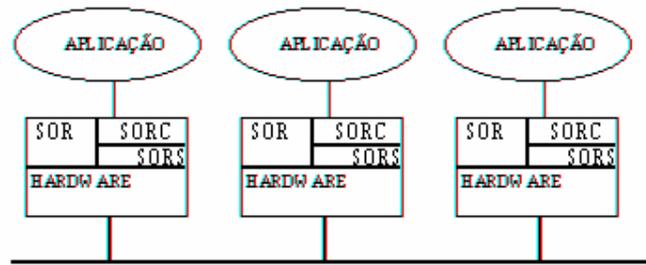
No modo de interação Cliente-Servidor, a entidade que solicita um serviço é chamada cliente e a que presta o serviço é o servidor. A interação cliente-servidor constitui-se no modo básico de interação dos sistemas operacionais de redes. As estações que disponibilizam a outras estações o acesso a seus recursos através da rede devem possuir a entidade (ou módulo) servidor. As estações que permitem que suas aplicações utilizem recursos compartilhados com outras estações, devem possuir a entidade (ou módulo).

Nas estações que possuem o módulo cliente, o SOR ao receber um pedido de acesso a um recurso localizado em outra estação da rede, monta uma mensagem contendo o pedido e a envia ao módulo servidor da estação onde será executado o serviço. Na estação remota, o SOR recebe a mensagem, providencia a execução (nos casos onde o pedido envolve a devolução para o SOR na estação requerente. Quando o SOR na estação que requisitou o serviço recebe a mensagem transportando a resposta, ele faz sua entrega a aplicação local.

As funções necessárias do SOR nos módulos clientes são diferentes das funções nos módulos servidores. No módulo cliente, o SOR restringe-se praticamente a fornecer serviços de comunicação de pedidos para o servidor e a entregar as respostas às aplicações. No módulo servidor além das funções de comunicação, vários outros serviços são executados. Um desses serviços é o controle do acesso aos recursos compartilhados por vários usuários através da rede, para evitar, por exemplo, que um usuário não autorizado apague arquivos que não lhe pertencem. Portanto, podemos classificar os módulos de um SOR instalados nas estações em dois tipos:

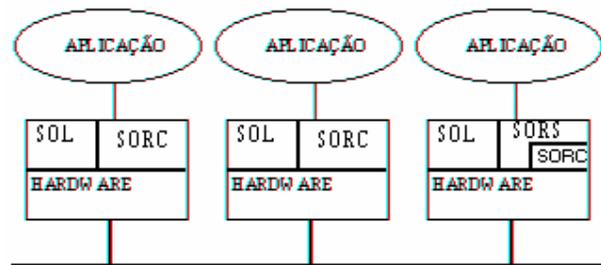
- **SORC: módulo cliente do sistema operacional.**
- **SORS: módulo servidor do sistema operacional.**

Na arquitetura Peer-to-Peer, em todas as estações o sistema operacional de redes possui os dois módulos: SORC e SORS.



Arquitetura Peer-to-Peer

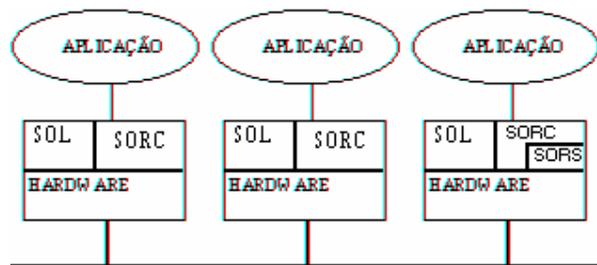
Na arquitetura Cliente-Servidor, as estações da rede dividem-se em estações clientes, que só possuem as funções do módulo cliente acopladas ao seu sistema operacional local, e em estações servidoras. As estações servidoras necessariamente possuem as funções do módulo servidor e podem, opcionalmente, possuir também as funções do módulo cliente (possibilitando, por exemplo, que um servidor seja cliente de outro, caso típico da relação entre servidores de impressão de arquivos). Nessa arquitetura, usualmente, as estações servidoras não permitem usuários locais. Elas são integralmente dedicadas ao atendimento de pedidos enviados pelas estações clientes através da rede.



Arquitetura Cliente-Servidor com servidor dedicado

Na arquitetura Cliente-Servidor com servidor não dedicado, as estações servidoras possuem sistema operacional local que é estendido por

um módulo SORS e um módulo SORC. O módulo SORC pode ser usado tanto pelo SORS, quanto pelas aplicações dos usuários locais da estação servidora. Assim, os recursos locais das estações servidoras são compartilhados tanto pelos usuários atendidos pelo sistema operacional local (que também podem ter acesso a serviços de outros servidores) quanto pelos usuários remotos que fazem pedidos ao SOR através da rede. Voltamos a salientar que, como a estação servidora possui um módulo SORC, seu SORS pode ser cliente de outra estação servidora, como em alguns servidores dedicados.



Arquitetura Cliente-Servidor com servidor não-dedicado

6.3 - Servidores

Eis alguns servidores, salientando os serviços que podem oferecer.

- **Servidor de Arquivos**

Tem como função oferecer a seus clientes os serviços de armazenamento e acesso a informações e de compartilhamentos de discos, controlando unidades de discos ou outras unidades de armazenamento,

sendo capaz de aceitar pedidos de transações das estações clientes e atendê-los utilizando seus dispositivos de armazenamento de massa, gerenciando um sistema de arquivos que pode ser utilizado pelo usuário em substituição ou em edição ao sistema de arquivos existente na própria estação.

- **Servidor de Banco de Dados**

As aplicações baseadas no acesso a banco de dados podem utilizar um sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD) executado no cliente, que usa um servidor de arquivos para armazenar os arquivos dos bancos de dados ou utiliza um servidor de banco de dados, o SGBD local primeiramente codifica o pedido do usuário, por exemplo, em uma consulta em SQL (Structured Query Language) com o critério de seleção definido pela aplicação. Em seguida, envia a consulta para o SGBD servidor. O Servidor de banco de dados ao receber o pedido, processa a consulta lendo todos os registros do banco de dados, localmente, selecionando-os de acordo com o critério definido. Após selecionados os registros relevantes, o SGBD servidor os envia ao SGBD cliente, que os entrega à aplicação.

- **Servidor de Impressão**

O servidor de impressão tem como finalidade gerenciar e oferecer serviços de impressão a seus clientes, possuindo um ou mais tipos de impressoras acoplados, cada um adequado à qualidade ou rapidez de uma aplicação em particular.

- **Servidor de Comunicação**

Muitas vezes é interessante podermos ligar dispositivos sem inteligência às redes, ou mesmo livrar o dispositivo a ser ligado dos

procedimentos de acesso à rede. Nos dois casos é necessária uma estação especial de frente que será responsável; pela realização de todos os procedimentos de acesso à rede, bem como da interface com os dispositivos dos usuários, agindo como um concentrador. As funções realizadas por essa estação especial definem o que chamamos de comunicação.

- **Servidor de Gerenciamento**

A monitoração do tráfego, do estado e do desempenho de uma estação da rede, assim como a monitoração do meio de transmissão e de outros sinais, é necessária para o gerenciamento da rede, de forma a possibilitar a detecção de erros, diagnoses e resoluções de problemas, tais como falhas, diminuição do desempenho, etc..

6.4 - Os Sistemas Operacionais de Redes

6.4.1 - Drives de Placa de Rede

- **NDIS (Network Driver Interface Specification)**

A NDIS, desenvolvida em conjunto pela 3Com e Microsoft, define um conjunto de comandos, chamados primitivas NDIS, que padronizam a interface oferecida pelos drivers de placa de rede.

- **ODI (Open Data Link Interface)**

A Novell e a Aple Computers visando também diminuir a dependência entre as implementações dos drivers de placa e protocolo, elaboraram a ODI.

6.4.2 - Drivers de Protocolo

Definem a interface usada pelas aplicações distribuídas para intercâmbio de dados. Alguns Exemplos:

- **TCP/IP**

Um driver que constitui-se de uma implementação do protocolo de nível de rede Internet Protocol, e do protocolo de nível de transporte e transmission Control Protocol, ambos definidos na arquitetura Internet.

- **IPX/SPX**

Contém protocolos básicos dos sistemas operacionais de redes da Novell, baseando-se em protocolos que fazem parte da pilha de protocolos XNS (Xerox NetWork Systems) desenvolvida pela Xerox.

- **NETBIOS (NetWord Input/Output System)**

É uma interface para programação de aplicações distribuídas. O NetBios foi desenvolvido inicialmente pela SYTEC, em implementação residente em uma placa IBM PC NetWork.

6.5 - Protocolos de Acesso ao Meio

Os protocolos dos níveis inferiores em redes locais se distinguem pelo fato de que devem tirar proveito das características de alto desempenho, baixo retardo e pequena taxa de erro do sistema de comunicação. Esta seção visa especificamente o conjunto de regras para acesso ao meio físico, que é uma das funções do nível de ligação do modelo OSI.

Os protocolos de acesso ao meio foram desenvolvidos na maioria dos casos para uma topologia particular de rede, no entanto devemos notar que muitas das estratégias de controle podem ser usadas em qualquer topologia, embora às vezes sejam mais adequadas a uma topologia particular.

Na avaliação de protocolos de controle de acesso, atributos específicos podem ser usados, tais como: capacidade, equidade ou justiça, prioridade, estabilidade em sobrecarga e retardo de transferência.

CAPACIDADE é a vazão máxima que o método de acesso pode tirar do meio, em percentagem da banda passante disponível. A taxa de transmissão, comprimento da rede, número de nós, tamanho do quadro, tamanho do cabeçalho e o retardo em cada estação (filas de espera, retransmissão etc.) são algumas das variáveis que afetam a capacidade.

JUSTIÇA no acesso é desejável na maioria das redes, a fim de permitir às estações o acesso aos recursos compartilhados. Justiça não implica em ausência de prioridade de acesso. Implica simplesmente que a

estação deverá ser tratada com igualdade dentro de sua classe de prioridade.

ESTABILIDADE é uma característica importante em aplicações onde o carregamento da rede é pesado.

RETARDO DE TRANSFERÊNCIA, é a soma dos retardos de acesso e de transmissão. O retardo de transferência é na grande maioria dos casos, não em todos, uma variável aleatória.

Os métodos de acesso podem ser divididos em dois grande grupos: os métodos baseados em contenção e os de acesso ordenado sem contenção.

6.5.1- Acesso Baseado em Contenção

Numa rede baseada em contenção não existe uma ordem de acesso e nada impede que dois ou mais nós transmitam simultaneamente provocando uma colisão, o que acarretará, geralmente, a perda das mensagens. Alguns protocolos com acesso baseado em contenção.

6.5.1.1- Aloha

Este método de acesso foi desenvolvido para a rede Aloha, que lhe emprestou o nome. Aloha é uma rede de radiodifusão via satélite, que começou a operar em 1970. Embora a rede Aloha não possa ser

considerada uma rede local, seu estudo é importante uma vez que de seu protocolo resultaram grande parte dos protocolos de acesso baseados em contenção.

A rede Aloha possui dois canais de frequência de rádio, um deles alocado para difusão de mensagens do computador para um terminal, e o outro para difusão de mensagens de um terminal para o computador.

O Método de acesso utilizado na rede Aloha é bem simples. Cada terminal só pode ouvir o canal de transmissão do computador para o terminal, não tendo, dessa forma, condições de saber se o outro canal está sendo utilizado por outro terminal ou não.

A técnica utilizada, chamada Slotted-Aloha, o tempo é dividido pelo sistema central em intervalos (slots) do mesmo tamanho. Cada terminal pode começar a transmitir apenas no início de cada intervalo.

6.5.1.2- CSMA

Como a Slotted-Aloha, esta técnica vai também sincronizar os quadros em colisão fazendo com que se superponham desde o início, mas não o fará pela divisão do tempo em intervalos. Além disso, e principalmente, esse método de acesso vai tentar ao máximo evitar a colisão e em algumas de suas variantes, detectar quadros colididos em tempo de transmissão abortando-a, fazendo com que os quadros colidam durante o menor tempo possível, aumentando assim a eficiência na utilização da capacidade do canal.

Nesse método de acesso, chamado de CSMA (Carrier Sense Multiple Access), quando deseja transmitir, a estação “ouve” antes o meio para saber se existe alguma transmissão em progresso. Se na escuta ninguém controla o meio, a estação pode transmitir.

Várias estratégias foram desenvolvidas para alimentar a eficiência da transmissão: np-CSMA, p-CSMA e CSMA/CD. As duas primeiras exigem o reconhecimento positivo de uma mensagem para detectar uma colisão, a última não.

- **np-CSMA e p-CSMA**

Nestas duas estratégias, as estações, após transmitirem, esperam o reconhecimento da mensagem por um tempo determinado, levando em consideração o retardo de propagação de ida e volta e o fato de que a estação que enviará o reconhecimento deve também disputar o direito de acesso ao meio. O retardo de propagação de ida e volta é o tempo que um bit leva para se propagar da estação de origem à estação de destino multiplicado por dois (a volta). A não chegada de um reconhecimento implica numa colisão.

- **CSMA/CD**

No método CSMA/CD (Carrier-Sense Multiple Access with Collision Detection) a detecção de colisão é realizada durante a transmissão. Ao transmitir, um nó fica o tempo todo escutando o meio e, notando uma colisão aborta a transmissão. Detectada a colisão, a estação espera por um tempo para tentar a retransmissão.

- **CSMA/CA**

Vejamos como funciona o algoritmo utilizado para evitar colisões da técnica chamada CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance). Depois de cada transmissão com ou sem colisão, a rede entra em um modo onde as estações só podem começar a transmitir em intervalos de tempo a elas pré-allocados. Se todos os intervalos não são utilizados, a rede entra então no estado onde um método CSMA comum é utilizado para acesso, podendo ocorrer colisões. Uma transmissão nesse estado (transmissão com colisão ou não) volta o algoritmo para o modo de pré-alocação dos intervalos.

- **M-CSMA**

A técnica M-CSMA (Multichannel Carrier-Sense Multiple Access) baseia-se na utilização de múltiplos canais paralelos, permitindo assim, uma capacidade de transmissão agregada alta, embora a taxa de transmissão individual de cada canal mantenha valores baixos.

A técnica M-CSMA utiliza duas alternativas para selecionar um canal para transmissão. Na primeira delas, um canal é selecionado aleatoriamente e só então seu estado é inspecionado para detecção de portadora. Na segunda alternativa, um canal é selecionado quando é detectado que ele está livre. A segunda alternativa é evidentemente superior, porém em ambos os casos um aumento significativo no desempenho é obtido pela divisão da capacidade de transmissão em um grande número de pequenos canais.

6.5.1.3 - REC-RING

No método Rec-Ring (Resolvable Contention Ring), um nó começa uma transmissão quando sente que o anel está desocupado. O quadro transmitido propaga-se em uma única direção e é removido do anel pelo nó de origem depois de dar uma volta completa no anel. Quando uma estação verifica que o anel está transportando um ou mais quadros válidos, ela aguarda o final do trem de quadros para transmitir.

6.5.2- Acesso Ordenado sem Contenção

Ao contrário dos esquemas anteriormente apresentados, vários protocolos são baseados no acesso ordenado ao meio de comunicação, evitando o problema da colisão. Cada método é mais adequado a um determinado tipo de topologia, embora nada impeça seu uso em outras arquiteturas. Os métodos mais usuais são o acesso por polling, por slot.

6.5.2.1- Polling

O acesso por polling é geralmente usado na topologia barra comum. Nesse método as estações conectadas à rede só transmitem quando interrogadas pelo controlador da rede, que é uma estação centralizadora. Se não tiver quadro para transmitir, o nó interrogado envia um quadro de status, simplesmente avisando ao controlador que está em operação.

6.5.2.2-Slot

Desenvolvido pela primeira vez por Pierce (1972) para a topologia em anel, este esquema é algumas vezes conhecido como anel de Pierce, ou anel segmentado. O método divide o espaço de comunicação em um número inteiro de pequenos segmentos (slots) dentro dos quais a mensagem pode ser armazenada.

- **FASNET**

A rede Fasnet utiliza duas barras unidirecionais . As estações são ligadas às duas barras podendo transmitir e receber em ambas.

- **ATM RING**

O método de acesso ATMR (Asynchronous Transfer Mode Ring) é usado em redes duplo-anel, com transmissão simultânea e em sentido inverso nos dois anéis, que são acessados em slots. Para aumentar a eficiência na utilização da capacidade de transmissão do meio, os slots são liberados pelo nó de destino, podendo ser reutilizado por este ou pelos nós subsequentes do anel.

O método de acesso ATMR foi implementado em um chip que opera a uma taxa de 622Mbps. A técnica de controle de acesso ATMR, alterna ciclos de transmissão e de reset. Os requisitos de retardo e vazão dos diversos tipos de tráfego são garantidos com base em dois parâmetros: tamanho da janela de transmissão e período entre resets.

Quando um usuário deseja transmitir no ATMR, ele faz uma solicitação onde define a banda passante de que necessita. Com base nesse pedido, é definido o tamanho da janela de acesso desse usuário.

6.5.2.3 - Inserção de Retardo

Como toda rede em anel, ocorrem situações que necessitam da atuação de alguma estação monitora (única ou distribuída) para a recuperação de alguns erros ou falhas. Por exemplo, um quadro que fica indefinidamente circulando no anel por ter seu campo de endereço adulterado, não podendo ser retirado pela estação que o enviou ou pela de destino.

Nesse método de acesso o retardo de transmissão encontrado na rede é variável, e depende do número de quadros sendo transmitidos.

6.5.2.4 - Passagem de Permissão

Neste tipo de esquema de controle uma permissão é passada seqüencialmente de uma estação para outra. Somente a interface que possui a permissão em um determinado instante de tempo pode transmitir quadros. A ordem lógica de transmissão não é necessariamente a ordem física, embora nas topologias em anel geralmente o seja.

- **PASSAGEM DE PERMISSÃO EM BARRA**

Nas redes em barra, quando uma estação transmite ela passa a permissão (identificação) para a próxima estação a transmitir assim que a

transmissão corrente termine. A permissão é um padrão variável que é passado de estação a estação até que se feche o ciclo, que recomeça então, simulando um anel virtual.

Esse esquema requer que várias funções sejam realizadas (de forma centralizada ou distribuída) para seu funcionamento correto. No mínimo as seguintes funções devem ser realizadas:

- Adição e retirada do anel virtual
- Gerenciamento de falhas
- Iniciação do anel virtual

Fica assim óbvio que a grande desvantagem da passagem de permissão em barra é sua complexidade. Uma outra característica desse método é o retardo de transferência máximo limitado.

EXPRESSNET

A rede Expressnet baseia-se em uma barra unidirecional que é dobrada duas vezes para que a ordem da ligação das estações à barra de transmissão seja mantida na de recepção. Cada estação se liga à barra em dois pontos, um localizado na barra de transmissão e o outro na barra de recepção. Além disso, um sensor de portadora é colocado no ponto de conexão da estação com a barra de transmissão.

Generalizando, quando uma estação termina uma transmissão, todas as estações posteriores a ela na barra de transmissão que tiverem quadros a enviar começam a transmitir. Entretanto, todas interrompem a transmissão quando detectam uma colisão, exceto a primeira, segundo a seqüência de ligação à barra de transmissão.

- **PASSAGEM DE PERMISSÃO EM ANEL**

A passagem de permissão em anel é provavelmente a técnica de controle mais antiga para o anel. A técnica se baseia em um pequeno quadro contendo a permissão (um padrão fixo), que circula pelo anel, chamada permissão livre. O momento da inserção de uma permissão livre no anel varia conforme o tipo de operação, que pode ser: single packet, single token e multiple token .

No modo de operação single packet o transmissor só insere uma permissão livre no anel depois que receber de volta a permissão ocupada e retirar sua mensagem do anel.

Na operação single token uma permissão livre é inserida no anel pela estação transmissora no momento em que ela recebe a permissão ocupada de volta.

FAST-RING

No método de acesso Fast-Ring, uma permissão circula no anel, entretanto, os nós que possuem quadros a transmitir podem fazê-lo sempre que sentirem o anel livre.

Quando um nó está transmitindo e recebe uma permissão livre, ele continua a transmitir seu quadro e passa a permissão livre adiante assim que termina sua transmissão. Se, entretanto, ele receber outro quadro enquanto está transmitindo, o nó encerra sua transmissão e deixa o quadro que recebeu passar adiante.

6.5.2.5 - Protocolos com Reserva

Os protocolos baseados em reserva foram desenvolvidos inicialmente para redes de satélites. Essas redes têm de lidar com um atraso de propagação grande quando comparado com o de uma rede local ou metropolitana, fazendo com que a razão entre o tempo de propagação e o tempo de transmissão do quadro possua um valor alto, o que limita o desempenho dos métodos de acesso sensíveis a variações nesse parâmetro, por exemplo, os métodos baseados em contenção e em passagem de permissão explícita.

O aumento na velocidade e na distância dos enlaces das redes locais e metropolitanas fez com que as condições dessas redes se tornassem semelhantes às das redes de satélites: nas redes locais de alta velocidade e nas redes metropolitanas, o parâmetro a também possui valores elevados. Assim, muitas das idéias usadas nos protocolos desenvolvidos para redes de satélite foram adaptadas às redes de alta velocidade e distâncias metropolitanas.

- **IFFO**

O método IFFO (Interleaved Frame Flush-Out) baseia-se em ciclos de tempo consistindo em um slot de status, slots reservados e slots alocados por contenção. A fronteira entre as duas últimas classes de slots é definida pelo número de reservas. O slot de status é subdividido em mini slots, um para cada nó da rede, e é usado pelos nós para fazerem reservas.

- **CRMA**

O método CRMA(Cyclic-Reservation Multiple Access) supõe que os nós são interconectados segundo a topologia em barra dobrada.

- **CRMA-II**

O CRMA-II nasceu da experiência obtida com o protocolo a CRMA para ser um protocolo de acesso ao meio para LANs e MANs operando a taxas de Gbps e que utilizam as topologias em anel ou em duplo-anel, podendo também ser utilizado em redes em barra.

Os dados são transmitidos em slots cujo formato é compatível com o do padrão ATM. Um slot pode estar livre ou ocupado por uma célula. Como o CRMA-II permite que os slots sejam reutilizados, ao chegar ao nó de destino, os slots tornam-se disponíveis (livres) para uso pelo próprio nó de destino ou por qualquer outro nó subsequente no anel.

- **DQDB**

DQDB(Distributed Queue Dual Bus) define dois métodos de controle de acesso: fila arbitrada(Queued Arbitrated-QA) e pré-arbitrado (Pre-Arbitrated-PA), para uma rede consistindo de duas barras unidirecionais interconectando, ponto a ponto, uma multiplicidade de nós.

6.5.3 - Protocolos de Acesso em Redes Óticas

As redes óticas atualmente disponíveis desdobram a enorme banda passante do meio de transmissão ótico através de multiplexação por divisão de comprimento de onda. O uso da técnica WDM tem se tornado possível graças a recentes avanços na tecnologia fotônica. Utilizando os

novos dispositivos óticos, é possível multiplexar e demultiplexar dezenas ou mesmo centenas de canais de alta velocidade, com comprimentos de onda diferentes, em uma única fibra ótica. Segue uma apresentação resumida de alguns dos métodos de acesso propostos para esse tipo de rede.

6.5.3.1- Slotted-Aloha/PA

O método de acesso Slotted-Aloha/PA (Police Access) foi proposto para redes óticas multicanais com topologia em estrela passiva.

Em uma rede em estrela passiva ideal, a energia do sinal luminoso recebido através de uma das portas de entrada do nó central é dividida igualmente entre as portas de saída. Dessa forma, o acoplador da estrela passiva atua como um meio de difusão do sinal.

O método presume que os dispositivos transmissores e receptores podem ser sintonizados em qualquer canal multiplexado da rede.

6.5.3.2 -TDMA_C

O método de controle de acesso TDMA-C (Time Division Multiple Access with a Control channel) foi também desenvolvido para a topologia em estrela passiva.

O TDMA-C pressupõe que os nós possuem um transmissor sintonizável e dois receptores, um para monitorar permanentemente um canal de controle e o outro para ser sintonizado em um dos canais de comprimento de onda usados para transmitir dados.

6.5.3.3- AMTRAC

A rede AMTRAC é também multicanal, utilizando a topologia em barra dobrada.

Cada nó ajusta seu receptor em um canal de comprimento de onda fixo. Um canal de recepção pode ser de uso exclusivo de um nó ou compartilhado por alguns poucos nós. Para transmitir, os nós selecionam o canal do destinatário.

6.5.3.4- Pipeline

Na rede em anel Pipeline, cada nó transmite em um comprimento de onda específica. A recepção é realizada através da sintonização no canal de comprimento de onda apropriado (definido pelo transmissor) A transmissão ocorre em slots.

6.5.4- Protocolo de Acesso com Prioridade

A proliferação de redes locais induziu um grande número de aplicações que exigem requisitos bem diferentes do sistema de comunicação. Em particular, os requisitos de tempo de acesso, desempenho e outros podem variar de tal modo que a otimização de acesso para uma dada aplicação pode resultar em uma degradação de acesso para outra, até um ponto insustentável.

A necessidade de funções de prioridade em ambientes de multiacesso é evidente. Uma vez que diferentes aplicações impõem diversos requisitos ao sistema, é importante que o método de acesso seja capaz de responder às exigências particulares de cada uma dessas aplicações. Funções de prioridade oferecem a solução para esse problema.