

PROTOCOLO DE ACESSO E SUPERAÇÃO DE FALHAS EM REDES COM TOPOLOGIA ESTRELA COINCIDENTE

César Augusto C. Teixeira e Luis Carlos Trevelin

*Departamento de Computação e Estatística  
Universidade Federal de São Carlos*

- RESUMO

Apresenta-se uma descrição da rede local com topologia estrela coincidente, e algumas de suas características.

Propõe-se um protocolo de acesso, por priorização das estações, visando aumentar a taxa de utilização do meio de comunicação e reduzir o atraso médio de mensagens.

Também são apresentadas algumas técnicas no sentido de minimizar os efeitos decorrentes de falhas em componentes das interfaces, capazes de interromper a operação da via de comunicação.

1. INTRODUÇÃO

Uma rede local é um sistema de comunicação de dados que permite a comunicação entre um número de dispositivos independentes, que podem ser processadores, terminais, dispositivos de armazenamento, impressoras, plotters, etc.

A rede pode suportar uma grande variedade de aplicações, tais como, edição e transferência de arquivos, produção de gráficos, processamento da palavra, correio eletrônico, gestão de banco de dados, digitalização de voz, etc.

Geralmente as redes locais pertencem a uma única organização e são operadas numa área geograficamente restrita, à taxa de transmissão que podem atingir vários Mbits/segundo.

As tecnologias de redes locais mais intensamente inves tigadas na atualidade caracterizam dois tipos básicos:

- *Redes tipo passiva*, com estações conectadas a uma via comum geralmente um cabo coaxial, com controle de acesso distri bui do coordenado por arbitragem estatística. O exemplo mais co mum desse tipo de estrutura é a rede Ethernet [1] (fig.1.1).

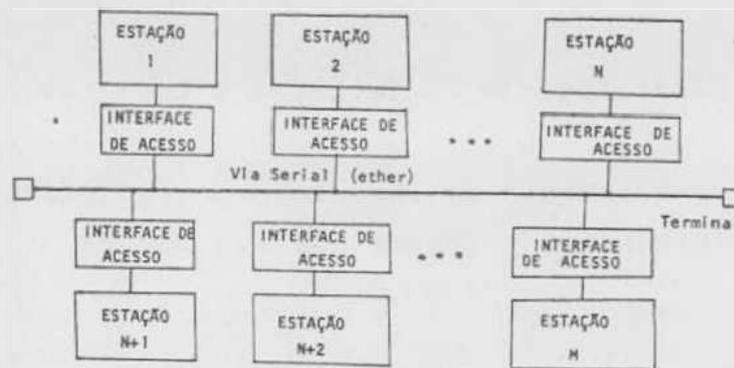


Fig. 1.1. Rede tipo Ethernet

*Redes de interfaces ativas* com conectividade mínima, onde ca da interface é uma estação repetidora ligada a duas outras, por ligações dedicadas, formando um anel com fluxo dirigido [2] (fig. 1.2).

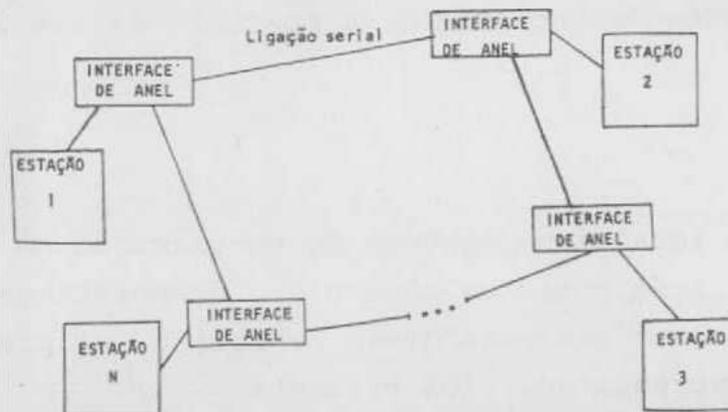


Fig. 1.2. Rede em Anel

Nas redes tipo Ethernet a comunicação se processa através de difusão pela via comum, num processo onde todos escutam, e a recepção da mensagem, pela estação destino, ocorre após o reconhecimento de um campo de endereço. O tipo de transmissão é serial e o protocolo de acesso mais comum é o CSMA-CD (carrier Sense Multiple Access/Colision Detection), com detecção de colisão através de um processo de escuta da própria transmissão, percepção da interferência e retransmissão após um intervalo aleatório de tempo.

Nas redes em anel, a comunicação é ponto-a-ponto, através das estações repetidoras, num sentido pré-definido de fluxo. A mensagem é copiada pela estação para a qual fora endereçada e sua retirada da rede é feita, geralmente, pela própria estação que a gerou. O protocolo de acesso ao meio de comunicação mais utilizado é o de passagem de "token", num processo semelhante ao de uma corrida de revezamento onde um corredor só pode correr se estiver de posse do bastão, o qual é passado de um para outro sucessivamente, após ele ter corrido sua etapa. Neste caso, a estação portadora do "token" realiza sua transmissão e no final transmite o "token" para a estação seguinte.

Outras alternativas de topologia têm sido propostas procurando utilizar as vantagens que estas duas oferecem.

Saltzer e Clark [3] apresentam uma estrutura que procura solucionar um sério problema associado às topologias em anel, decorrente do fato de que uma falha numa das interfaces repetidoras compromete todo o sistema, uma vez que todos seus elementos são ativos, e portanto suscetíveis a falhas. Sua proposta consiste de uma estrutura que centraliza numa sala ("wire center") todas as linhas de ligação entre cada par de estações, de tal maneira que se possa isolar uma estação, que apresentar defeitos, através da instalação, neste centro de controle, de relês acionados remota e automaticamente pelas outras estações da rede (fig. 1.3). O resultado dessa proposta é uma rede em estrela, com um módulo central capaz de executar algumas operações específicas de reconfiguração da rede sem interferir em suas características principais de anel.

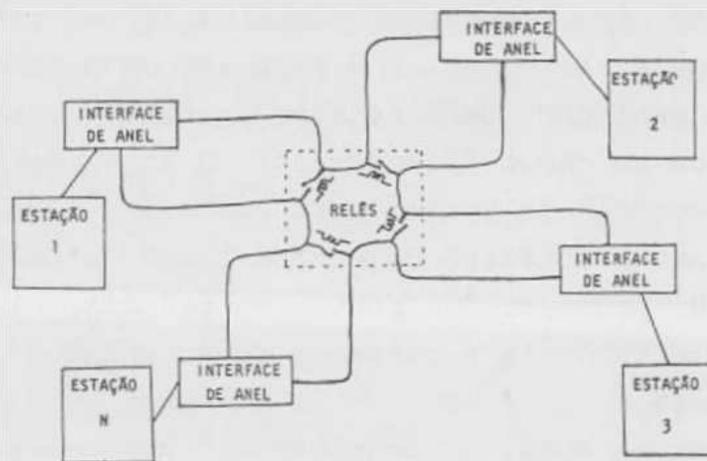


Fig. 1.3. Anel com módulo central

A partir da proposta de Saltzer e Clark evoluiu-se para uma topologia apresentada por Lindsay [4], onde o módulo central consiste de uma via passiva comum e paralela ("backplane"), que é o canal comum de comunicação entre as estações, e que permite transferências na ordem de giga "bits"/segundo. Cada estação da rede interliga-se ao "backplane" através de uma interface a ele conectado. A ligação entre a interface e a estação é feita por uma linha serial "full duplex".

Saltzer, Clark [3] e Lindsay [4] apresentam comparações entre as redes tipo Ethernet, anel e estrela coincidente, procurando mostrar suas vantagens e desvantagens em diversos aspectos.

Nas seções seguintes apresentam-se maiores detalhes da estrutura em estrela coincidente, ressaltando-se os pontos de comparação discutidos em [3] e [4]. Propõe-se também um protocolo de acesso à via, e abordam-se alguns aspectos sobre superação de falhas nas interfaces, capazes de impedir a transferência correta de dados pela via.

## 2. ESTRELA COINCIDENTE: DESCRIÇÃO E CONSIDERAÇÕES

A estrela coincidente consiste de um elemento central de comutação ao qual estão conectadas todas as estações da rede,

através de enlaces de comunicação diretos e dedicados. A diferença fundamental com os sistemas em estrela coincidente tradicional, é que o elemento comutador da estrela coincidente utiliza um "backplane", totalmente passivo, como canal de comunicação entre as estações (fig. 2.1.).

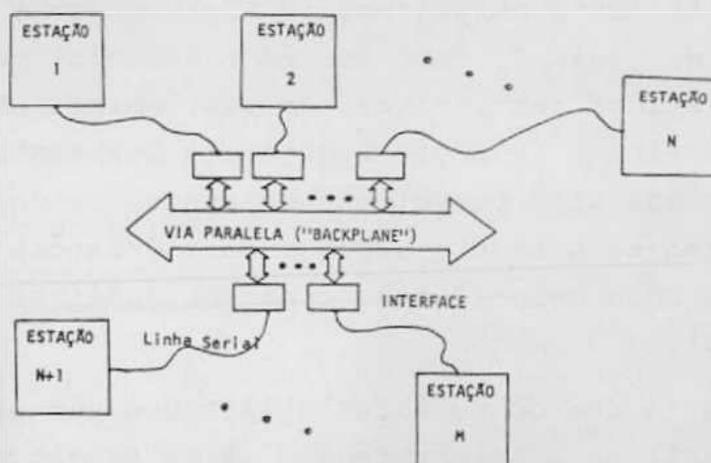


Fig.2.1. Estrutura de uma rede tipo estrela coincidente

A ligação física de uma estação ao "backplane" é realizada através de uma linha serial "full-duplex" e uma interface, localizada em um "slot" do gabinete que abriga o "backplane". Essa interface pode ser mecanicamente construída de tal modo que a sua inserção ou desconexão do "backplane" não gere nenhuma perturbação ao sistema. Do ponto de vista elétrico, suas características podem ser tais que a ocorrência de falhas, em sua maioria, impliquem no seu isolamento, no sentido de não se produzir deteriorações na via.

Funcionalmente, a interface é encarregada de: manter a comunicação serial com sua estação; realizar conversões série/paralelo, paralelo/série, para compatibilizar o modo de comunicação no "backplane" e a comunicação serial com sua estação; solicitar e disputar o acesso à via; realizar transferências de informações entre interfaces através da via paralela.

A comunicação serial entre a estação e sua interface pode ser realizada por meio de fibra ótica, uma vez que a ligação é ponto-a-ponto, e alcançar taxas de vários M bits/segundo. Por outro lado, utilizando-se componentes rápidos da família TTL ou ECL, torna-se possível alcançar frequências de transferência no

"backplane" superiores a 20MHZ. Isto significa que, dependendo da largura da via (nº de linhas do "backplane"), facilmente pode-se chegar a taxas de transferência entre interfaces na ordem de giga bits/segundo.

Em relação aos protocolos de acesso à via, a estrela coincidente admite tanto os protocolos típicos como o CSMA/CD e o de passagem de "token", como também protocolos mais adaptados às características particulares da via, principalmente pelo fato dela ser paralela. Na seção seguinte é apresentado um protocolo de acesso que tira proveito dessa peculiaridade.

Apresentam-se a seguir algumas considerações de rede com topologia estrela coincidente, conforme análises desenvolvidas, em [3] e [4].

- A maioria dos componentes utilizados são digitais, o que facilita a integração em larga escala.
- Não apresenta problemas de potencial de referência, o que é comum em redes tipo Ethernet.
- Permite o uso de canais de alta banda passante, ao contrário de redes tipo Ethernet que podem ficar sujeitas ao efeito ALOHA.
- Permite a utilização de fibra ótica.
- Pode utilizar protocolos de acesso determinísticos, o que limita o atraso máximo de mensagens.
- A falha na comunicação de uma estação com sua interface de acesso ao "backplane", não obstrui totalmente o canal de comunicação, pois a transferência de pacotes pela via é realizada por intercalação de palavras.
- A manutenção é facilitada devido ao confinamento da central de comutação.
- A inserção ou retirada de uma estação não implica na suspensão do funcionamento da rede.
- É limitada pelo tamanho do "backplane", podendo ser expandida através da interconexão de vários módulos.

### 3. PROTOCOLO DE ACESSO

O protocolo de acesso à via de comunicação, que se apre

sentada, tira proveito da peculiaridade da via ser paralela, o que não corre por exemplo em redes tipo Ethernet, no entanto segue princípio semelhante ao CSMA/CD. São estabelecidas prioridades entre as estações de maneira que pelo menos uma sempre saia vencedora de uma contenda, caso hajam colisões, permitindo assim uma boa utilização da via.

### 3.1. Mecanismo de Acesso

A figura 3.1. apresenta uma possível realização de uma interface assíncrona para acesso à via, com capacidade para até quinze estações. Essa interface é baseada no circuito proposto pelo IEEE para arbitragem do acesso à via em sistemas com padronização S-100 [5]. As portas que excitam a via são do tipo tri estado ou coletor aberto ( $\uparrow$ ).

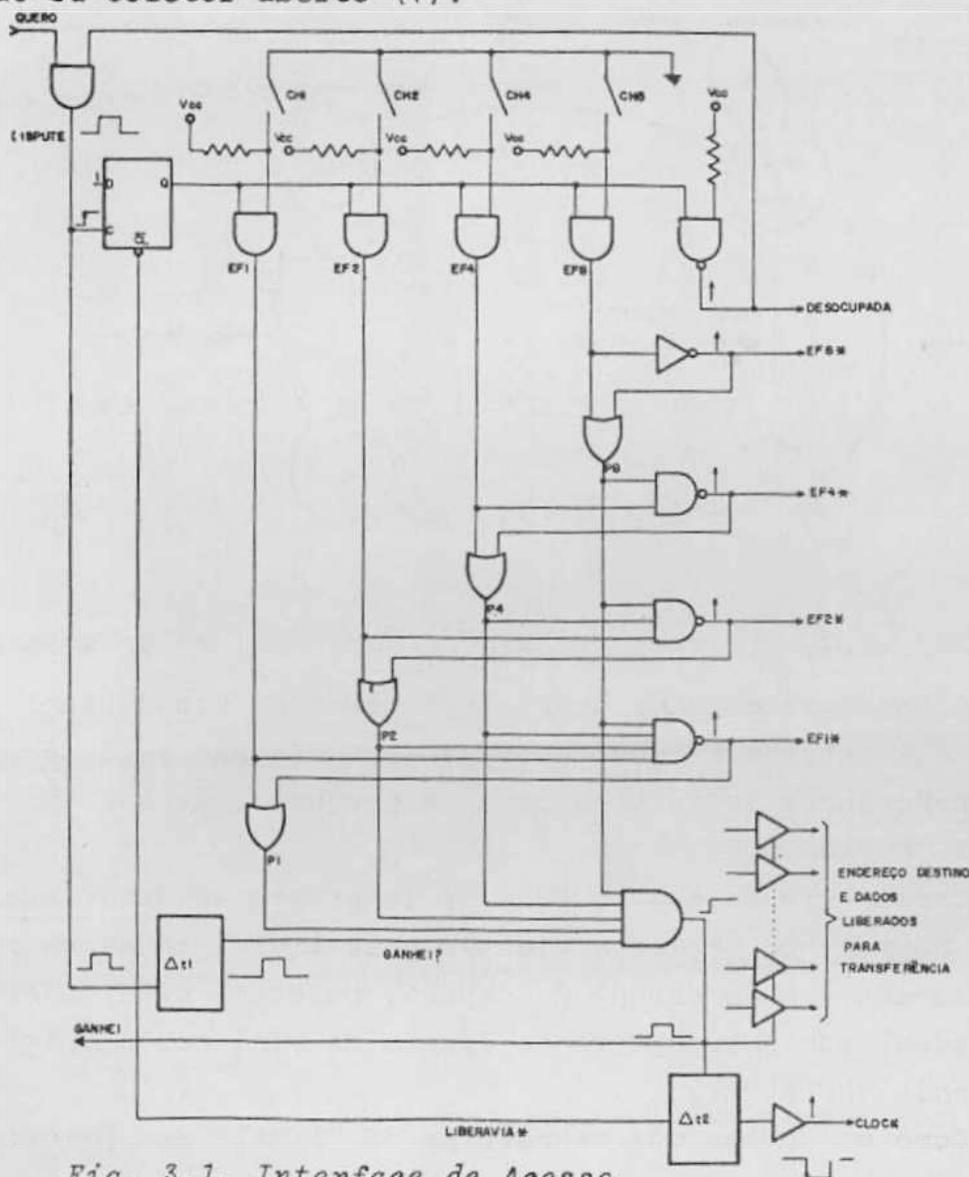


Fig. 3.1. Interface de Acesso

Os endereços das estações são fixados pelas chaves  $CH_1, \dots, CH_8$ , e estabelecem também as prioridades de domínio da via. A configuração Endereço Fonte =  $\emptyset$ , ou seja  $EF_8, EF_4, EF_2, EF_1 = \emptyset\emptyset\emptyset\emptyset$  é reservada para a situação de nenhuma estação requerer a via. A priorização das estações obedece a ordem crescente do número binário constituído por  $EF_8, EF_4, EF_2, EF_1$ , assim o endereço fonte = 1 corresponde à estação de menor prioridade, e o endereço fonte = 15 à de maior prioridade. O número binário constituído por  $EF_8^*, EF_4^*, EF_2^*, EF_1^*$ , presente na via, indica o complemento do endereço da estação vencedora após uma disputa.

Na figura 3.2 tem-se o diagrama de estados que reflete o comportamento da interface.

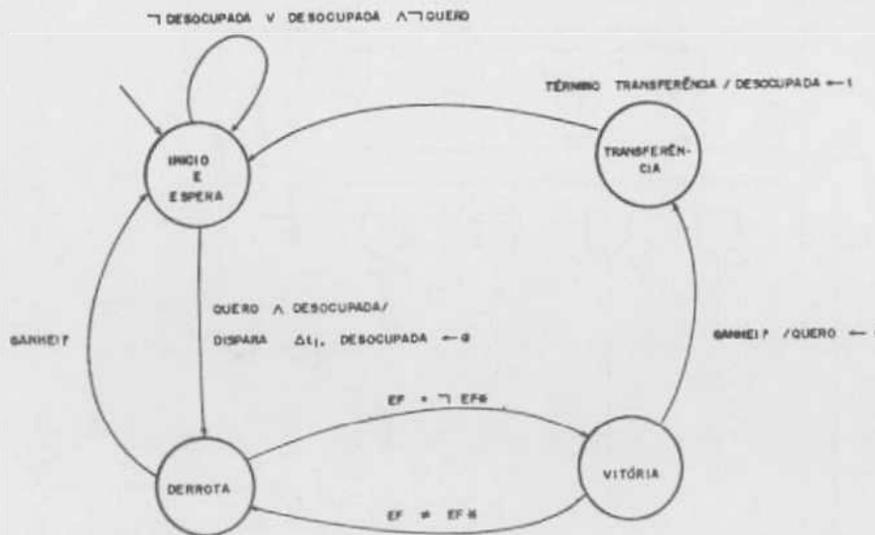


Fig. 3.2. Diagrama de Estados da interface de acesso

Quando uma estação deseja o domínio da via (QUERO), primeiramente a interface deve observar se a via não está ocupada pela transferência de informações, ou por uma contenda já iniciada ( $DESOCUPADA = \emptyset$ ).

Caso a via esteja ocupada, a interface aguarda sua liberação. No momento em que a via torna-se livre, todas as interfaces, que estavam no estado de espera, colocam seus endereços (prioridades) num subconjunto de linhas da via, dando início a uma contenda (DISPUTE).

Como as portas que transferem os "bits" de prioridade

à via são do tipo coletor aberto, é estabelecida uma lógica de fiação tipo "E" entre os "bits" correspondentes das estações em disputa. Os "bits" EF das estações que não participam da contenda são mantidos desativados para não interferirem no processo.

A comparação das prioridades ocorre de maneira sequencial e assíncrona, começando pelo "bit" mais significativo de cada interface, e seguindo pelos demais. Uma interface ao perceber sua derrota, imposta pela comparação dos "bits"  $EF_1$ , inibe seus "bits" de menor significância para não interferir no prosseguimento das demais comparações.

A duração da contenda,  $\Delta t_1$ , depende da soma dos atrasos das portas encadeadas, que permitem a comparação sequencial dos "bits" de prioridade.

Terminada a disputa (GANHEI?) a interface pode encontrar-se no estado DERROTA ou VITÓRIA. Em caso de derrota ela simplesmente retorna ao estado de ESPERA para aguardar a desocupação da via, e tentar nova disputa. Obtendo o domínio da via (GANHEI), o sinal QUERO é zerado, a interface libera as portas tri-estado para a injeção de informações na via, e gera um pulso na linha "CLOCK" para gatilhar as informações na interface destino (Estado de TRANSFERÊNCIA). O intervalo  $\Delta t_2$  garante a estabilização da informação na via, e a decodificação do endereço destino, antes da ocorrência do "CLOCK".

Terminada a transferência, a linha DESOCUPADA é ativada para o início de uma nova contenda, se for o caso.

A figura 3.3 apresenta um diagrama de tempo relativo, relacionando os diversos sinais da interface, inerentes ao mecanismo de acesso à via e à transferência de dados.

Uma possível limitação dessa interface está no fato do tempo de contenda crescer com o aumento do número de estações na rede, pois o número de níveis de encadeamento das portas, do circuito de disputa, é diretamente proporcional à quantidade de "bits" necessários para representar os endereços das estações.

Se a utilização de componentes de alta velocidade, para as portas encadeadas, for suficiente para compatibilizar o tempo de contenda com a taxa de transmissão na via, então essa limitação não existe. Caso contrário, alguns incrementos na interface da figura 3.1 podem propiciar a antecipação da disputa. Um

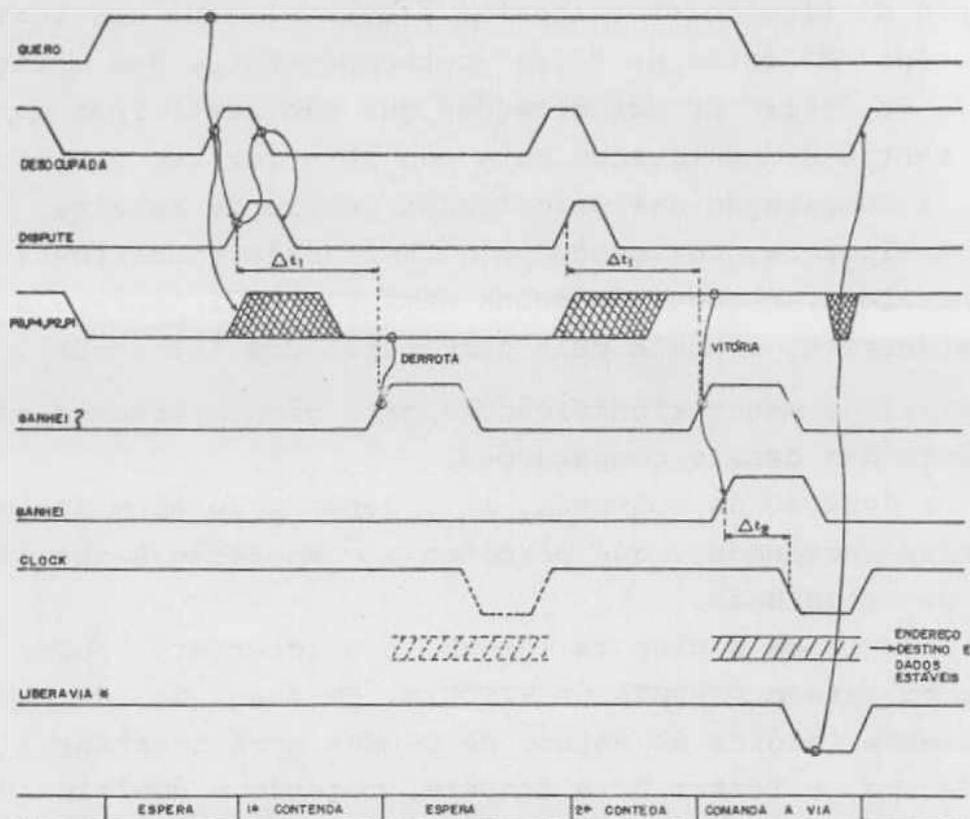


Fig. 3.3. Diagrama de tempo da interface de acesso e transferência de dados

registrador pode ser utilizado para armazenar o endereço fonte da estação vencedora. Enquanto o endereço destino é decodificado pelas estações ligadas à via, para posterior transferência de dados e endereço fonte, o circuito de disputa já fica liberado para nova contendida.

### 3.2. Política de Priorização

O estabelecimento de prioridade única, entre as estações, pode resultar no não determinismo do protocolo de acesso. Assim, não se pode precisar um limite máximo de tempo para a transferência de um conjunto de dados, pois uma estação de baixa prioridade pode ser constantemente derrotada por aquelas que possuem prioridade maior.

Uma maneira de se superar esse problema, inclui a atribuição de dois valores distintos de prioridade (endereço fonte)

para cada estação  $i$ ,  $P_{1i}$  e  $P_{2i}$ , de forma a obedecerem as seguintes relações:

- a)  $P_{1i} < P_{2j}$  para todo  $j$
- b)  $P_{1i} \neq P_{1j}$  para todo  $i \neq j$
- c)  $P_{2i} \neq P_{2j}$  para todo  $i \neq j$

Sejam:

- $n$  o número de estações
- $\Delta t$  o menor intervalo de tempo suficiente para a realização de  $n-1$  contendas e transferências, denominado tempo de persistência.

Inicialmente uma estação  $i$  começa a concorrer o acesso à via com sua menor prioridade, ou seja  $p_{1i}$ . Se após um intervalo de tempo pré-estabelecido  $\Delta t_i$ , igual ou superior a  $\Delta t$ , a Estação  $i$  não tiver vencido nenhuma contenda, então ela passa a competir com sua prioridade  $p_{2i}$ . Toda vez que uma estação  $i$  ganha o domínio da via, ela assume a prioridade  $p_{1i}$  para iniciar a próxima contenda.

Esse mecanismo possibilita o estabelecimento de um tempo máximo de acesso à via para cada estação. Escolhendo-se valores apropriados para  $p_{1i}$ ,  $p_{2i}$  e  $\Delta t_i$ , pode-se ainda estabelecer, várias políticas de prioridade entre as estações.

Se  $\Delta t_i$  for igual a  $\Delta t$  para todo  $i$ , então em baixa carga a rede tem comportamento semelhante à Ethernet, ou seja, a probabilidade de uma estação ter acesso à via, imediatamente após a requisição, é bastante grande. Existe ainda a vantagem do canal nunca ficar ocioso devido a uma colisão, pois nesse caso a estação de maior prioridade ganha o acesso à via.

À medida em que a carga da rede começa a crescer, o tempo de persistência  $\Delta t$  começa atuar mais significativamente como fator de regulação, de tal forma que o acesso à via vai se tornando cada vez mais dependente desse tempo combinado com as prioridades  $p_{2i}$  das estações. No caso da rede operar em carga máxima balanceada, ou seja, todas as estações requisitam cons

tantemente a via, as estações são atendidas com equidade de maneira semelhante ao anel de "token".

#### 4. SUPERAÇÃO DE FALHAS

A quantidade de componentes ativos ligados diretamente à via, na interface proposta na seção anterior, é proporcional ao produto do número de estações da rede pela largura da via. Assim, é conveniente que se estabeleçam mecanismos capazes de evitar a obstrução da via e o conseqüente rompimento da comunicação entre as estações, devido à falha de um desses componentes.

Apresentam-se a seguir algumas propostas que, ou procuram desconectar da via a interface defeituosa, implicando portanto no isolamento da estação correspondente, ou então fazem uso de redundância, capaz de superar a falha e manter a estação ainda em operação.

##### 4.1. Monitoramento Centralizado

De maneira semelhante à rede CHAOS do MIT [6], cada interface deve possuir uma fonte local, isolada de sua estação e com terra comum com as demais interfaces conectadas ao "backplane". É possível portanto construir o circuito de tal modo que, ao desligar-se sua fonte local, a interface se comporte como se tivesse totalmente desconectada do "backplane".

O monitoramento centralizado consiste em manter uma estação da rede, junto ao "backplane" na sala central de fiação (e manutenção), cuja interface possui características especiais. Esta estação (monitora) tem a função de detectar, localizar e desconectar interfaces que apresentem defeitos.

A estação monitora pode comportar-se de duas maneiras. A primeira consiste em periodicamente realizar testes, através de comutações dos valores lógicos nas linhas da via, que permitam a detecção de falhas (linhas fixas em "0" ou fixas em "1"). A outra é manter-se isolada do sistema e entrar em operação somente quando seus serviços forem solicitados por alguma outra estação, que presume que a via de comunicação esteja obstruída. Essa requisição é feita através de linhas de controle específicas

cas para essa finalidade, e tem a vantagem de diminuir a probabilidade da própria estação monitora deteriorar a via.

Uma vez confirmada a existência de uma falha, a estação monitora deve localizar e isolar a interface defeituosa. Essa tarefa pode ser feita seguindo-se uma política de pesquisa binária: sub-conjuntos de estações vão sendo desconectadas /conectadas ao "backplane" (mediante ação da estação monitora e através de linhas específicas para essa finalidade), até que no máximo em  $K$  tentativas, sendo  $K = \log_2$  (nº de estações), seja apontada a interface que deve ser mantida desconectada. A indicação da interface defeituosa possibilita sua rápida substituição, evitando-se que a estação correspondente fique muito tempo isolada da rede.

#### 4.2. Monitoramento distribuído

O monitoramento distribuído, consiste em capacitar todas as estações da rede a realizar as funções atribuídas à estação especial de monitoramento, mencionada no item 4.1. Obviamente o custo dessa estratégia tende a ser superior ao do monitoramento centralizado, no entanto, agindo-se dessa maneira, evita-se a dependência de um recurso central, mesmo para superação de falhas.

A determinação de qual estação irá diagnosticar o sistema, pode se realizar utilizando-se algoritmos semelhantes aos utilizados, em redes com protocolo de passagem de "token", para a recriação do "token" quando esse é perdido. Um mecanismo pode ser o seguinte [3]: quando uma ou mais estações detectarem algum problema na via, elas colocam um sinal numa linha específica informando as demais estações a existência de falha; terminada essa sinalização, cada estação aguarda um intervalo de tempo (fixo e diferente para cada uma) após o qual ela começaria o diagnóstico; a primeira estação que tiver sua temporização esgotada inicia o diagnóstico, sinalizando outra linha para que as demais estações abandonem a iniciativa de diagnosticar o sistema.

#### 4.3. Códigos redundantes

As linhas de dados e endereço destino podem ser parti

cionadas em subconjuntos, aos quais são adicionadas linhas de paridade, de forma a obedecerem a codificação de Hamming 7. Essa codificação introduz redundâncias que permitem recuperar a informação transmitida, mesmo na ocorrência de uma falha.

É possível associar cada linha de um subconjunto a um componente distinto, de maneira que a falha de um componente implique na deterioração de apenas uma linha do subconjunto.

Para os sinais de controle (clock, paridade), pode-se utilizar a técnica de múltiplas linhas para cada função, e detecção através da lógica maioria na recepção.

## 5. CONCLUSÃO

A estrela coincidente permite a transferência de dados entre estações à taxas bastante elevadas, em comparação com as tradicionais redes em anel e via comum. Isso possibilita que o campo de aplicação de redes locais seja ampliado.

O protocolo apresentado nesse trabalho é determinístico e, ao contrário da passagem de "token", a rede trabalha com eficiência também em baixa carga. Para cargas altas o canal apresenta bom índice de utilização, sem contudo aumentar excessivamente a variância e o tempo médio de atraso de mensagens.

Apesar da via ser um meio totalmente passivo, a probabilidade de sua deterioração é muito maior que em redes tipo Ethernet, devido ao grande número de componentes ativos conectados ao "backplane". No entanto, mecanismos como os apresentados podem contornar esse problema.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] METCALFE, R.M.; et all - "Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks" Communications of ACM July (1976) - vol. 19, nº 7
- [2] COTTON, I.W. - "Technologies for local area computer networks" - Computer Networks, 4(1980) - 197 - 208.

- [3] SALTZER, J.H.; CLARK, D.D. - "Why a ring?" IEEE, 9 (1981) 211-217.
- [4] LINDSAY, C.D. - "Local area networks: bus and ring Vs. Coincident star" - Computer Communication review, july/ october(1982) vol. 12, n° 3 e 4, 83-91.
- [5] ELMQUIST, K.A., et alli - "Standard Specification for S-100 bus interface devices" - IEEE task 696-1/D2 - Computer July(1979).
- [6] CLARK, D.D.; et alli - "An Introduction to local area Networks" Proceedings of the IEEE vol. 66, n° 11, November (1979).
- [7] KOHAVI, Z. - "Switching and Finite Automata theory" McGraw Hill Publishing Company - 1970.