

# 1. CONCEITOS BÁSICOS - características

Uma rede local pode ser caracterizada por vários elementos, que serão analisados a seguir:

- Topologia;
- Forma de codificação dos dados;
- Meio físico de transmissão;
- Prioridades;
- Protocolo de acesso ao meio.

## 1.1 Topologia

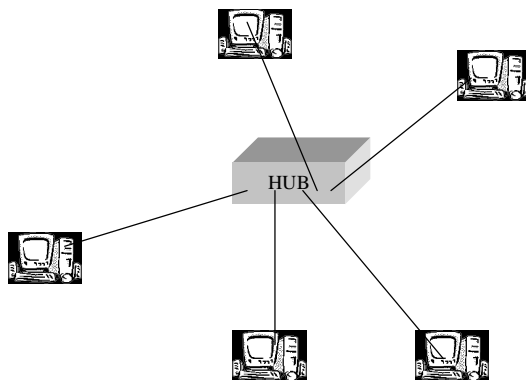
As conexões físicas entre os distintos nós de uma rede formam um grafo que define sua topologia. Da topologia dependem vários fatores na rede, entre eles pode-se citar os seguintes:

- Operação;
- Manutenção;
- Facilidade de expansão;
- Facilidade de detecção de nós com falha e conseqüências no resto do sistema.

As topologias básicas se resumem a três: **estrela**, **anel** e **barra**, com eventuais combinações entre elas em redes de topologia híbrida. A seguir, serão analisadas essas três topologias básicas.

### 1.1.1 Topologia em estrela

Na topologia em estrela, todas as estações da rede estão conectadas a um nó central, algumas vezes mediante um canal bidirecional e outras vezes mediante dois canais unidirecionais. A figura a seguir mostra esse tipo de topologia.





As características dessa rede dependem na maior parte das funções executadas pelo nó central, que podem ser diferentes dependendo do caso. Algumas destas funções são descritas a seguir:

- **Interconexão direta entre *hosts*:** quando uma estação deseja transmitir, ela envia um pedido de conexão ao nó central, especificando o nó destino. O nó central estabelece então uma conexão entre as duas estações (nos *switches* de forma virtual e nos PABXes de forma real);
- **Estrela ativa:** o nó central executa duas funções principais:
  1. Regenerar e temporizar os sinais gerados em um nó qualquer para ser transmitido a todos outros nós;
  2. Detectar colisões originadas em transmissões simultâneas de dois ou mais nós. Quando isso ocorre, o nó central envia um sinal de colisão a todas outras estações.

Esse é o esquema proporcionado atualmente pelos *hubs* nas redes locais. Alguns *hubs* adicionam funções de gerência, tornando-se elementos bastante importantes em uma rede local.

A topologia em estrela é típica de redes telefônicas, com a central telefônica concentrando milhares de pares de fios em um só local. Esta topologia também é utilizada em PABX, onde os ramais e troncos são centralizados no equipamento.

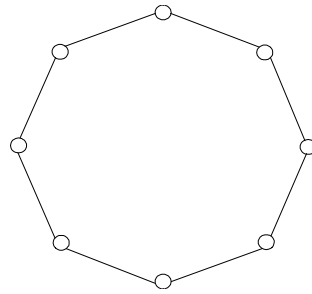
Nas redes locais, esse tipo de ligação já está bastante difundido, devido às seguintes vantagens:

- Uma interrupção no cabo que liga a estação ao concentrador central não derruba a rede, mas somente a estação cujo cabo está rompido;
- Permite gerência de rede centralizada;
- Permite a utilização de qualquer meio físico;
- Topologia adequada ao cabeamento predial

Entretanto, o componente central da estrela é bastante crítico e, na falha deste, toda a rede pára. Em alguns casos, é mantido um equipamento centralizador reserva para garantir a rapidez na manutenção da rede se acontecer alguma falha. Em caso de falha, um dos equipamentos centrais é desligado e o outro toma seu lugar.

### 1.1.2 Topologia em anel

A topologia em anel consiste de um laço fechado no qual cada nó está conectado mediante um dispositivo repetidor intercalado ao meio. A informação circula unidirecionalmente no interior do anel, formando uma série de enlaces ponto a ponto entre os repetidores, conforme mostra a figura a seguir.



A estação que deseja transmitir deve esperar sua vez e então enviar a mensagem ao anel, na forma de um pacote que possui, entre outras informações, o endereço fonte e destino da mensagem. Quando o pacote chega ao destino, os dados são copiados em um *buffer* auxiliar local e o pacote prossegue através do anel até fazer toda a volta e chegar novamente na estação origem, que é responsável por tirá-lo de circulação.

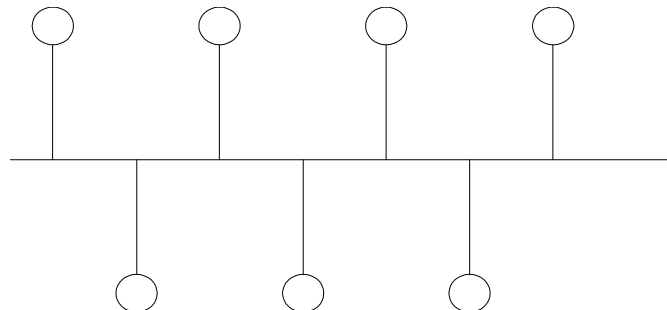
Em alguns casos cada nó possui um repetidor regenerador de mensagens, permitindo às redes que utilizam essa topologia obterem uma distância bem maior entre cada nó, fazendo com que a distância máxima seja maior que nas outras topologias.

Como cada nó participa do processo de transmissão de qualquer mensagem que circule na rede, a confiabilidade do conjunto depende da confiabilidade de todos os nós, sendo necessário introduzir mecanismos de proteção para eliminar automaticamente do anel nós que possuam falhas, a fim de que essa situação não afete todo o sistema.

**OBS:** Na prática, as redes na topologia em anel geralmente são interligadas fisicamente na forma de uma estrela, devido às melhores características de segurança da topologia estrela. Assim, a distância das redes em anel é bastante reduzida. Além disso, nem todos *hubs* de topologia estrela possuem repetidores regeneradores, prejudicando ainda mais a distância nesse tipo de topologia. Esse aspecto será visto com detalhes na análise da rede Token-Ring.

### 1.1.3 Topologia em barra

Em uma topologia em barra, tudo que é transmitido por uma estação através do barramento é escutado por todos os outros nós quase simultaneamente, caracterizando, portanto, um canal *broadcast*. A figura a seguir ilustra a topologia em barra.



O meio deve ser bidirecional, pois as mensagens partem do nó gerador em direção ao terminador do cabo, e apenas uma estação deve transmitir por vez, pois de outro modo ocorrem colisões e os dados são perdidos.

Nessa topologia, existem dois métodos principais de controle de acesso ao meio:

- **Método determinístico:** consiste em passar um *token* de nó em nó, sendo que só pode transmitir a estação que possui o *token*;
- **Método aleatório:** qualquer estação pode transmitir quando percebe silêncio na rede. Nesse caso, é possível acontecerem colisões, se duas ou mais estações detectarem silêncio e começarem a transmitir simultaneamente. Se isso ocorrer, as estações normalmente detectam a colisão, interrompem imediatamente a transmissão e efetuam nova tentativa um tempo aleatório depois da colisão. Este é o método utilizado pelas redes Ethernet, através do algoritmo CSMA/CD, que será visto com maiores detalhes adiante.

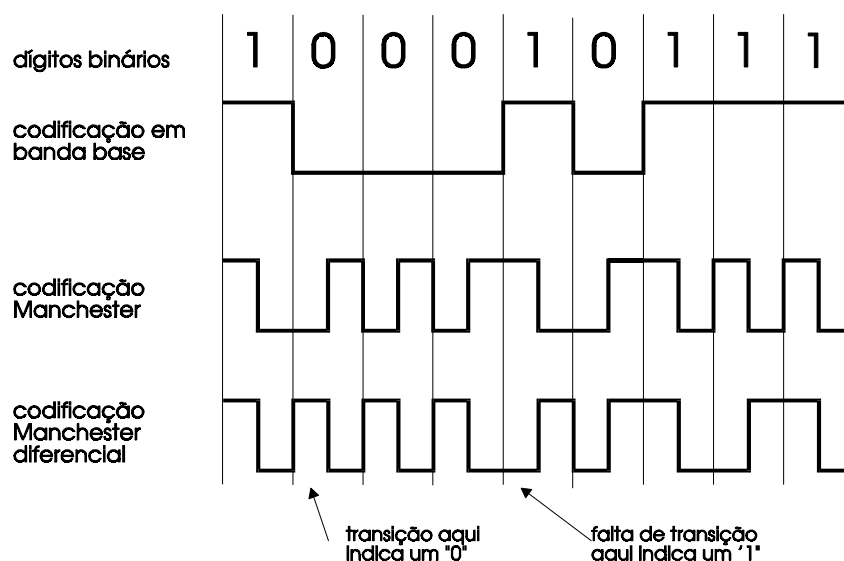
### 1.1.4 Topologias mistas

Existem outras topologias derivadas das três básicas. Por exemplo, se numa topologia estrela o nó central ficar sobrecarregado, pode-se fazer uma interligação do nó central com outro nó central, levando uma parte das estações para o outro nó, formando uma outra topologia denominada estrela-estrela.

Existem equipamentos no mercado atual que permitem fazer a interconexão entre quaisquer tipos de topologias. Por exemplo, existem *hubs* que possuem várias entradas para estações na topologia estrela e um conector para cabo coaxial (topologia barra).

## 1.2 Forma de codificação dos dados

Existem algumas formas de codificação dos dados nas redes locais, e será visto as utilizadas nas redes Ethernet e Token Ring. A codificação Manchester (utilizada nas redes Ethernet), consiste em dividir o período de um bit em dois intervalos iguais. Quando o bit que deve ser transmitido é "1", é gerado um pulso de voltagem alta no cabo durante o primeiro intervalo, e baixa no segundo intervalo. Quando deve ser transmitido o bit "0", o algoritmo é o inverso, ou seja, transmite-se um pulso de baixa voltagem no primeiro intervalo e de alta no segundo intervalo. Um esquema desse tipo de transmissão é mostrado na figura a seguir.





A vantagem desse método é que ele fornece sempre uma transição no meio do bit, facilitando a sincronização entre transmissor e receptor. A desvantagem da codificação Manchester é que exige duas vezes a largura de banda para executar a transmissão, pois os pulsos agora ocupam metade do período reservado a eles.

A codificação Manchester diferencial (utilizada em redes Token Ring) é uma variação da Manchester, onde o bit "1" é indicado pela ausência de transição no início do intervalo e o bit "0" é indicado pela presença da transição no início do intervalo. Em ambos os casos, existe uma transição no meio do bit. Esse tipo de codificação exige um equipamento mais complexo, mas oferece uma melhor imunidade a ruído.

## 1.3 Meio físico de transmissão

### 1.3.1 Par de Fios ou UTP – Unshielded Twisted Pair

O par trançado é a mais antiga e também a mais popular forma de meio físico para transmissão de dados. Normalmente os dois fios são trançados para reduzir a interferência elétrica entre pares próximos (dois fios em paralelo constituem uma antena simples, enquanto que um par trançado não).

Os pares de fios trançados foram padronizados pela EIA (Electronics Industries Association), a TIA (Telecommunications Industry Association) e a NEMA (National Electrical Manufacturers Association), que determinaram uma divisão em cinco graduações.

De acordo com esse padrão, quanto mais elevado o número do grau, menor a atenuação do cabo e mais tranças ele tem por metro, melhorando sua característica de interferência entre pares próximos.

Nos cabos categorias 3, 4 e 5, o número mínimo é de 9 tranças por metro, e estas nunca podem repetir o mesmo padrão de trança no cabo (entre pares), reduzindo o fenômeno de linha cruzada.

O par trançado é largamente utilizado devido a certos fatores, entre eles pode-se citar o preço baixo e seu uso disseminado no sistema telefônico.

O principal problema deste tipo de meio físico é sua suscetibilidade a influências externas, como por exemplo raios, descargas elétricas e campos magnéticos (como o gerado por motores), causando ruídos e perda de informação. Além disso, o par trançado sofre problemas de atenuação (que é maior à medida que aumenta a frequência da transmissão), necessitando de repetidores para distâncias acima de alguns quilômetros.

Os fatores citados acima são diminuídos em pares trançado de mais alta qualidade, que possuem um cabo melhor e um enrolamento mais acentuado, evitando maiores interferências. Um cabo de par trançado não blindado classe 5 possui uma fina camada metálica envolvendo-o, evitando ainda mais a interferência eletromagnética e atingindo maiores velocidades. A tabela a seguir /GAS 97/ /SOA 95/ mostra algumas velocidades típicas para pares trançados não blindados (UTP - Unshielded Twisted Pair). As taxas de transmissão mencionadas na tabela são para distâncias de no máximo 100 m.



Categoria 1	Não adequado para redes locais – cabo telefônico tradicional
Categoria 2	Certificado para transmissões de dados até 4Mbps
Categoria 3	Frequência de até 16MHz. Certificado para até 10Mbps
Categoria 4	Frequência de até 20MHz. Suporta até 16Mbps
Categoria 5	Frequência de 100 MHz por par. Suporta bem 100Mbps do Ethernet ou 155Mbps do ATM.

Existem ainda os pares trançados blindados (STP - Shielded Twisted Pair), que possuem uma blindagem envolvendo cada par trançado dentro do cabo. Este tipo de cabo é confeccionado industrialmente com impedância característica de 150 ohms, podendo alcançar frequências de 300 MHz em 100m de cabo.

Via modem, as velocidades típicas de transmissão de dados são 1200, 2400, 4800, 9600 bps, e assim por diante, até valores de 56 Kbps para transmissão analógica e 64 Kbps para transmissão digital.

### 1.3.2 Cabo Coaxial

O cabo coaxial é constituído de um condutor interno circundado por uma malha condutora externa, tendo entre ambos um dielétrico que os separa.

O cabo coaxial, ao contrário do par trançado, mantém uma capacitância constante e baixa, teoricamente independente do comprimento do cabo. Esse fator faz com que os cabos coaxiais possam suportar velocidades mais elevadas que o par trançado.

Existem dois tipos de cabo coaxial: o primeiro tipo é de 50 ohms, usado para transmissão digital em banda básica, como por exemplo Ethernet. O outro tipo é de 75 ohms e é utilizado tipicamente para TV a cabo e redes de banda larga.

A forma de construção do cabo coaxial (com a blindagem externa) proporciona uma alta imunidade a ruído. Sua velocidade de transmissão pode chegar a 10 Mbps em distâncias de um quilômetro. Maiores velocidades podem ser obtidas com cabos mais curtos.

Um problema em relação ao cabo coaxial é o que sua topologia inerente é barra, herdando seus problemas. É por este motivo que analistas de mercado dizem que o cabo coaxial está condenado em transmissão digital, pois o par trançado pode fazer tudo o que o cabo coaxial faz e com bem menos preço.

### 1.3.3 Fibra Ótica

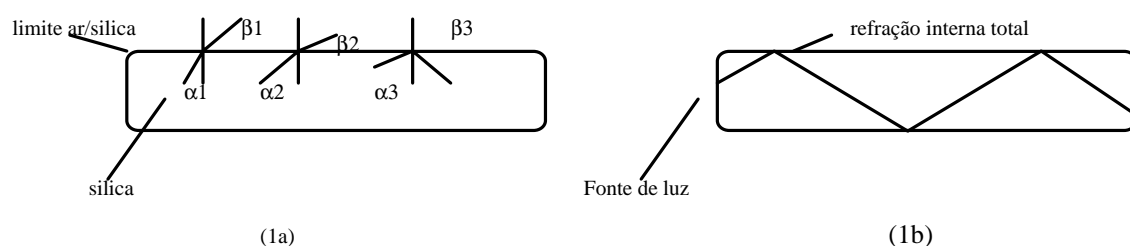
A fibra ótica, apesar de possuir um custo mais elevado que os outros tipos de meios físicos, tem várias vantagens, como por exemplo o baixo índice de atenuação do sinal e baixa influência de ruídos externos, provocando uma transmissão mais confiável, e grande velocidade de transmissão de dados.

Um sistema de fibra ótica possui três componentes principais: o meio de transmissão, o transmissor e o receptor.

O meio de transmissão mais utilizado é a sílica. Outros meios podem ser utilizados, como a fibra de vidro e o plástico. O plástico é mais barato, mas possui taxas de atenuação mais elevadas. Ao redor do filamento (núcleo), existem outras substâncias de menor índice de refração, que fazem com que os raios sejam refletidos internamente, minimizando assim as perdas na transmissão.

O transmissor pode ser um **LED (Light Emitting Diode)** ou um **diodo laser**, ambos emitem luz quando recebem um pulso elétrico.

O receptor é um fotodiodo, que gera um pulso elétrico quando uma luz incide sobre ele.



A sistemática de funcionamento de uma transmissão via fibra ótica é simples, sendo baseada em um princípio da física. Quando um raio de luz passa de um meio a outro (por exemplo, da sílica para o ar), o raio é refratado no limite da sílica e do ar (ver figura 1a). Nesta figura vê-se um raio incidindo com um ângulo  $\alpha_1$  e emergindo com um ângulo  $\beta_1$ . O índice de refração depende das características do meio. Para ângulos de incidência acima de um certo valor crítico, a luz é refratada de volta para a sílica (ou seja, nada escapa para o ar). Assim, um raio de luz incidente acima do ângulo crítico pode se propagar por muitos quilômetros com uma atenuação muito baixa, como mostra a figura 1b.

A figura 1 mostra apenas um raio. Entretanto, existem situações onde vários raios de luz transmitem a informação, entrando na fibra com diferentes ângulos de luz incidente. Existem três tipos de fibra ótica: as **multimodo degrau**, as **multimodo com índice gradual** e as **monomodo** /SOA 95/ .

Fibras monomodo requerem diodos a laser (mais caros) para enviar a luz ao invés dos LEDs (baratos) utilizados em fibras multimodo, mas são mais eficientes e podem atingir maiores distâncias. A idéia é que o diâmetro do núcleo seja tão pequeno que apenas um raio de luz seja transmitido. A tabela a seguir /TAN 97/ mostra a necessidade de utilização de LEDs ou de diodos laser.

Item	LED	Laser semiconductor
Taxa de dados	Baixa	Alta
Modo	Multimodo	Multimodo ou Monomodo
Distância	Pequena	Longa
Vida útil	Longa	Curta
Sensibilidade à temperatura	Insignificante	Substancial
Custo	Baixo custo	Alto custo

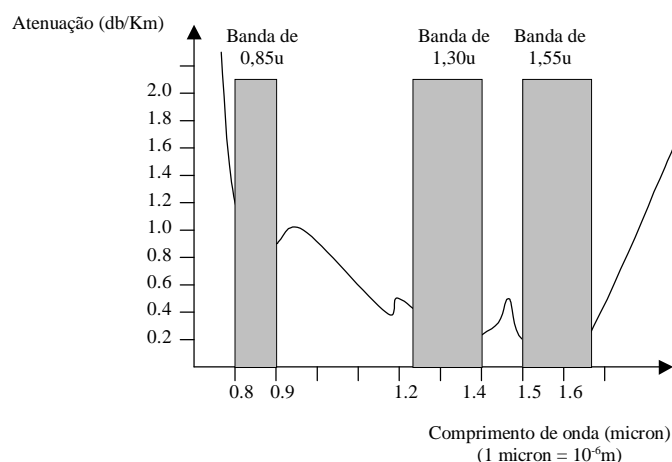
Em termos de largura de banda, com a tecnologia em 1999 já se consegue transmitir 1,6 Tera bps em apenas uma fibra ótica por 400Km, utilizando-se 40 comprimentos de onda diferentes e multiplexando-os numa única fibra com WDM. Como cada comprimento de onda transmite 40Gbps, tem-se o total de 1,6 Tbps <http://www.bell-labs.com/news/1999/june/7/1.html>. Nos 400 Km do teste, utilizou-se um repetidor a cada 100 Km (diodos potentes. Normalmente utiliza-se repetições a cada 30 Km em média /TAN 97/).

Já em outubro de 1999, a Nortel anunciou que conseguiu colocar 80 comprimentos de onda, cada um com 80 Gbps. Total de 6,4 Tbps em 480 Km. [http://www.nortelnetworks.com/corporate/news/newsreleases/1999d/10\\_12\\_9999633\\_8\\_0gigabit.html](http://www.nortelnetworks.com/corporate/news/newsreleases/1999d/10_12_9999633_8_0gigabit.html).

Em 14 nov 99, saiu no BBC news que os laboratórios Bell conseguiram colocar 160Gbps numa fibra, e num experimento separado colocaram 1022 comprimentos de onda numa fibra. [http://news.bbc.co.uk/hi/english/sci/tech/newsid\\_517000/517733.stm](http://news.bbc.co.uk/hi/english/sci/tech/newsid_517000/517733.stm).

Entretanto, as redes em produção mais rápidas atuais ficam na ordem de 2,4Gbps por fibra, formando o *backbone* dos Estados Unidos ([www.internet2.edu/topol](http://www.internet2.edu/topol)), com testes de redes na faixa dos 9,6Gbps.

Em termos de faixa de frequência utilizada nas fibras óticas, existem bandas de baixa atenuação. A figura a seguir mostra um exemplo de atenuação utilizando a parte visível do espectro /TAN 97/.



#### 1.3.4 Transmissão por ondas de rádio

As ondas de rádio estão na faixa das microondas, e para este tipo de frequência existem dois elementos importantes: as torres de retransmissão e comunicação via satélite.

A comunicação via torres de retransmissão necessita visibilidade entre as torres, pois as microondas percorrem uma linha reta, sem acompanhar a curvatura do globo terrestre.

Um satélite de comunicações pode ser imaginado como um grande repetidor de microondas no céu. Existem satélites síncronos (ou geoestacionários) e assíncronos. Os satélites síncronos acompanham a trajetória da terra, ficando sobre a linha do equador a



36.000 Km de altitude. Esta distância de 36.000 Km foi matematicamente calculada para que o satélite necessite de o mínimo de energia para se manter em órbita síncrona em relação à terra, pois neste ponto a força gravitacional da terra (que puxa o satélite para baixo) iguala-se à força centrífuga (que tende a fazer o satélite sair pela tangente e ir para o espaço).

Para um satélite obter uma boa transmissão, sem interferência de outro, ele deve estar afastado de 4 graus deste outro satélite. Isto determina o máximo número de satélites geoestacionários que podem ser colocados em órbita.  $360 \text{ graus} / 4 = 90$  satélites. Além da competição que isto gera, existem várias classes de usuários (por exemplo, televisão, uso militar, etc). A algum tempo países menos desenvolvidos reservavam pedaços do céu para um uso futuro (quando tivessem tecnologia para utilizar aquele espaço).

As frequências padronizadas para satélites de comunicação são as seguintes: 3,7 a 4,2 GHz para retransmissão e 5,925 a 6,425 GHz para recepção. Estas frequências são normalmente referidas com 4/6 GHz. Existe uma para recepção e outra para retransmissão para não haver interferência no feixe recebido e retransmitido.

Existem outras frequências padronizadas que permitem a utilização de satélites mais próximos. 12/14 GHz permite 1 grau entre satélites, mas sofrem problemas de absorção por partículas de chuva. 20/30 GHz também são utilizadas, mas o equipamento necessário é ainda muito caro. A tabela a seguir mostra as principais bandas padronizadas para satélites /TAN 96/.

Banda	Frequência	Downlink (GHz)	Uplink (GHz)	características
L	1,5-1,6			Usado em sat. baixa órbita
C	4/6	3,7-4,2	5,925-6,425	Interferência terrestre
Ku	11/14	11,7-12,2	14,0-14,5	Problemas com chuva
Ka	20/30	17,7-21,7	27,5-30,5	Problemas com chuva; custo

Um problema com a transmissão via satélite são os atrasos na conexão fim a fim. Um atraso típico de satélite é de 250 a 300 ms. A título de comparação, *links* terrestres de microondas tem um atraso de propagação de aproximadamente  $4 \mu\text{s}/\text{km}$  e cabo coaxial tem um atraso de aproximadamente  $5 \mu\text{s}/\text{km}$ .

Uma informação interessante sobre satélites é que o custo para transmitir uma mensagem é independente da distância percorrida. Assim, o custo de transmitir uma mensagem através do oceano em um *link* intercontinental é o mesmo que para transmitir a mensagem para o outro lado da rua.

Outra característica é que a transmissão é *broadcast*, ou seja, não possui um destinatário específico. Qualquer antena direcionada adequadamente pode receber a informação. Isto faz com que algumas emissoras enviem mensagens encriptadas (codificadas), para evitar a recepção por pessoas não autorizadas.

No artigo de satélites de baixa órbita esses aspectos são melhor analisados. Observe que o artigo não fala nos itens **segurança**, **erros por segundo** e **largura de banda** (que resulta no preço final do serviço). Entretanto, mesmo assim os links de satélites de baixa órbita formam uma boa opção de comunicação.



## 1.4 Prioridades

As prioridades servem para garantir que uma aplicação de maior importância receba permissão de transmitir dados na rede antes de outra aplicação de menor importância. Dessa forma, pode-se garantir que uma aplicação prioritária seja executada dentro de um determinado intervalo de tempo.

Quando se digitaliza a voz utilizando a modulação PCM (*Pulse Code Modulation*), o sinal de voz é amostrado 8.000 vezes por segundo, e cada amostra de sinal é convertida em 8 bits. Logo, a taxa de transmissão em um canal digital de voz deve ser de 64.000 bps (8 bits \* 8.000 amostras).

Para que não ocorram problemas na conversação, é necessário que se mantenha essa taxa de transmissão através da rede, fazendo-se necessário enviar um *byte* a cada amostra, ou seja, a cada 125  $\mu$ s (1/8000).

Se a rede possui o conceito de prioridades, ela permite que aplicações que necessitem atendimento em tempo real (videoconferência) sejam atendidas antes que aplicações não prioritárias, como download de arquivos. Esse tópico será melhor analisado em apostila específica para Qualidade de Serviço.

## 1.5 Protocolos de transmissão de pacotes

Este item procura analisar as duas principais categorias de protocolos existentes: com colisão e sem colisão, ou seja, quando aceita-se a existência de colisões e quando evita-se que elas ocorram.

### 1.5.1 Com colisão: CSMA/CD

Um problema que teve que ser superado para a existência das redes locais foi a comunicação entre várias máquinas através de um mesmo meio físico (canal *broadcast*), sendo que as mensagens deveriam chegar na estação destino e não deveriam interferir nas aplicações que estivessem rodando nas outras estações.

O protocolo mais utilizado atualmente que resolve esse problema é o CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*), que é largamente utilizado em redes locais, como por exemplo a Ethernet.

O funcionamento desse protocolo é simples, e pode ser resumido na seqüência abaixo:

1. Todas as estações estão continuamente escutando o barramento, com o objetivo de ver se alguma mensagem veio para ela;
2. Caso exista a necessidade da estação executar uma transmissão, ela primeiro olha se o barramento está livre (sem transmissão de dados). Caso positivo, a estação envia a sua mensagem, caso contrário, ela espera até que o barramento fique livre;
3. Se duas estações começam a transmitir praticamente no mesmo instante (ambas pensaram que o barramento estava livre), acontece uma colisão entre os quadros das duas estações e os dados tornam-se inválidos. Nesse momento (quando a estação detectou a colisão), ela para de transmitir sua mensagem e aguarda um



tempo aleatório. Quando esse tempo esgotou, ela repete o processo, vendo se o barramento está livre e assim por diante.

A estação detecta colisão comparando o dado que ela está enviando com o dado que passa pelo barramento. Caso seja diferente é sinal de que aconteceu uma colisão.

O tempo aleatório que é esperado pelas estações obedecem ao seguinte algoritmo: após a primeira colisão, a estação espera um tempo randômico equivalente a 0 ou 1 períodos de contenção. Caso transmita e ocorra nova colisão, a estação espera de 0 a 3 períodos de contenção, e assim por diante enquanto ocorrer colisão (o período randômico varia de 0 a  $2^n-1$ ). Se ocorrerem 10 colisões seguidas, o intervalo randômico é congelado em um máximo de 1023 períodos de contenção. Se acontecerem 16 colisões seguidas, é reportado um erro para a estação que está tentando transmitir.

O tempo de contenção é calculado utilizando-se duas vezes o tempo que a mensagem leva para se propagar de um extremo ao outro do condutor. O tempo de contenção significa o máximo tempo que uma estação demora para detectar se houve colisão na sua mensagem. Assim, passado esse tempo, ela tem certeza que não sofrerá interferência de outras estações. Em outras palavras, suponha uma estação em um extremo do cabo iniciando uma transmissão no instante  $t_0$ . Algum tempo depois ( $\tau$ ), os primeiros bits da mensagem vão atingir a extremidade oposta do cabo. Se uma segunda estação na extremidade oposta do cabo ouvir o meio físico um pequeno instante antes de  $t_0+\tau$ , ela vai achar que o meio está livre e vai começar sua transmissão. A segunda estação vai detectar quase imediatamente a colisão, mas a primeira estação só vai detectar esta colisão quando os bits enviados pela segunda estação estiverem chegando nela ( $t_0+\tau+\tau$ ). É por isso que o tempo de contenção é igual a  $2\tau$ .

### 1.5.2 Sem colisão (utilizando token)

As colisões que ocorrem no CSMA/CD afetam o desempenho da rede como um todo, especialmente quando o cabo é longo (resultando num  $\tau$  maior), os pacotes são curtos e o número de estações concorrentes é grande. Com a importância crescente de redes que permitam maiores distâncias, foi necessário o desenvolvimento de protocolos em que não ocorressem colisões, com o objetivo de aumentar o desempenho global da rede.

Existem vários tipos de protocolos livres de colisão, mas será analisado aqui somente o método de *token* para evitar colisões, como é utilizado pelas redes Token Ring e Token Bus, que utilizam topologias em anel e barra, respectivamente.

Nesse método, existe uma entidade especial denominada *token*, que fica constantemente circulando entre as estações da rede. Somente a estação que possui o *token* pode efetuar a transmissão, e como existe apenas um *token* circulando, não acontecem colisões.

Quando uma estação quer transmitir uma mensagem, ela primeiramente deve aguardar a chegada do token, para então retirá-lo de circulação e enviar sua mensagem. Após a transmissão de sua mensagem, a estação deve gerar novo token para continuar circulando e atendendo as outras estações da rede.

Maiores detalhes sobre esse método serão vistos no estudo da rede Token-Ring.