

# Sistemas de Conectividade

## Aula 08 - Padrões de redes e as redes Ethernet - parte 2

# Apresentação

---

Na aula 7, estudamos o que é um padrão de rede e iniciamos o estudo do padrão Ethernet. Nesta aula, continuaremos a estudar o padrão Ethernet, iniciando pela análise do protocolo de controle de acesso ao meio físico. Veremos também como é feito o controle de erros no Ethernet, trataremos dos vários formatos de cabeamento aceitos pelo Ethernet e encerraremos apresentando a evolução do padrão Ethernet até o 10Gigabit Ethernet.

## Objetivos

- Apresentar o protocolo CSMA/CD utilizado pelo padrão Ethernet;
- Entender os mecanismos para controle de erros no padrão Ethernet;
- Conhecer os padrões de cabeamento utilizados pelo padrão Ethernet;
- Compreender as diferenças entre as variações do padrão Ethernet.

# Controle de Acesso ao Meio

---

Como já estudamos, após a camada de enlace montar o quadro, ela precisa obedecer às regras que determinam *quando* ela pode enviar o quadro pelo meio de transmissão ao qual a placa está conectada (um cabo ou o ar), e isso se chama protocolo de controle de acesso ao meio. O protocolo utilizado pelas redes Ethernet é denominado *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection* (CSMA/CD). Apesar desse nome complicado, ele é bem simples de entender, pois de algum modo parece com as regras que nós, pessoas comuns, utilizamos para conversar. Veremos o CSMA/CD por partes, para melhor compreensão. Imagine que você está em uma sala conversando com mais algumas pessoas, o mesmo cenário pode ser aplicado ao dos computadores em uma rede Ethernet, como veremos a seguir.

Vamos entender o *Multiple Access* (MA)? Quando conversamos, o meio por onde as suas vozes serão transmitidas é o ar, que é compartilhado por todas as pessoas. Ainda nesta aula, você estudará os possíveis tipos de cabos e topologias utilizados nas redes Ethernet, mas saiba que inicialmente elas eram redes em barra formadas por cabos coaxiais. Depois de algum tempo, passou-se a utilizar *hubs* e finalmente os *switches*. Portanto, o CSMA/CD foi criado para permitir a comunicação de várias máquinas através de um meio compartilhado, assim como nós compartilhamos o ar em uma conversa. Desse modo, o *Multiple Access* (MA) significa que várias máquinas podem acessar o meio.

Vamos agora entender o *Carrier Sense* (CS). Voltando ao nosso exemplo, o que você faz quando quer falar? Como tenho certeza que você é bem-educado, aposto que primeiro escuta para ver se alguém já está falando. Se não houver, ou seja, se o meio estiver livre, você fala. Se estiver alguém falando, você espera um pouco. O *Carrier Sense* (CS) significa que um computador primeiro escuta o meio antes de transmitir, caso o meio esteja ocupado por outra transmissão, o computador vai esperar certo tempo antes de tentar novamente.

Perceba que se todos os computadores, os quais tentaram transmitir enquanto outro estava utilizando o meio, ficassem esperando ele ser liberado e iniciassem imediatamente suas transmissões nesse instante, todos iriam tentar transmitir simultaneamente. Para diminuir as chances de isso acontecer, cada computador

gera um tempo de espera aleatório sempre que detecta o meio ocupado. Caso o meio também esteja ocupado nessa outra tentativa, o computador volta a esperar, só que agora gera um tempo de espera ainda maior.

---

A cada tentativa malsucedida, o tempo cresce exponencialmente até um valor limite. Após atingir esse valor, são feitas mais algumas tentativas e caso não se consiga detectar o meio livre, a transmissão desse quadro é encerrada e o quadro é descartado. O tempo de espera cresce a cada tentativa para que quando a rede estiver muito sobrecarregada os computadores passem a transmitir temporariamente com menos intensidade. Esse algoritmo é chamado de *backoff exponencial*.

Por fim, vamos falar sobre o *Collision Detection* (CD). Ainda considerando nosso exemplo, por mais que você seja educado e escute antes de falar, pode acontecer de ninguém estar falando em um dado momento e você e outra pessoa quiserem falar ao mesmo tempo. Então, os dois vão começar a falar ao mesmo tempo. Evidentemente, enquanto falam, vocês escutam e, ao perceberem que outra pessoa está falando ao mesmo tempo, vocês param de falar.

Nas redes Ethernet, nas quais temos um meio compartilhado, isso se chama colisão e, evidentemente, compromete todos os sinais transmitidos. Portanto, o CD significa que é feita a detecção de colisão, ou seja, a detecção de transmissões simultâneas. Desse modo, após a placa Ethernet conseguir iniciar a transmissão de um quadro, ela continua escutando o meio até a conclusão dessa transmissão. Caso outro computador comece a transmitir antes que ele termine sua transmissão, ambos irão detectar que houve colisão, parar suas transmissões e utilizar o algoritmo *backoff exponencial* antes de tentar transmitir novamente. O computador que primeiro detectar a colisão gera um sinal de reforço de colisão para que todos os computadores de rede percebam que ocorreu uma colisão. Esse processo pode ser melhor entendido através do algoritmo mostrado na **Figura 1**. O objetivo do algoritmo *backoff exponencial* é adaptar as tentativas de retransmissão para a carga atual da rede, de forma que se a rede estiver bem carregada (muitas transmissões), o tempo de espera para tentar novamente transmitir é aleatório e tão maior quanto o número de colisões que a placa já percebeu.

```

1 Enquanto (escuta meio físico) faça {
2   Se meio físico em silêncio então {
3     Transmite quadro e monitora o meio físico;
4     Se detecta outra transmissão então {
5       Aborta transmissão e envia sinal de reforço de colisão;
6       Atualiza número de colisões;
7       Espera tempo do algoritmo backoff exponencial;
8     }
9   Senão {
10    Quadro transmitido;
11    Zera contador de colisões;
12  }
13 }
14 Senão {
15   Espera até terminar a transmissão em curso;
16 }
17 }

```

**Figura 1** - Algoritmo utilizado pelo Ethernet para transmissão de um quadro.

Quando falamos sobre o formato dos quadros Ethernet, dissemos que ele deveria ter um tamanho mínimo de 64 *bytes*. Ter um tamanho mínimo é necessário para que se possa fazer a detecção de colisão. Não entraremos em detalhes do porquê 64 *bytes*, mas isso tem a ver com a velocidade de transmissão e o tamanho máximo do cabo, ou seja, a distância entre as duas máquinas mais distantes da rede. O fato importante é que o tempo que a placa de rede demora transmitindo um quadro deve ser maior que o tempo para o primeiro bit do quadro atingir o ponto mais distante da rede, e o sinal de reforço de colisão gerado por aquele computador, caso ela ocorra, ser recebido pelo transmissor.

## Atividade 01

1. O que significa o Multiple Access no protocolo de controle de acesso ao meio do Ethernet?
2. Quando os computadores em uma rede Ethernet percebem que está havendo uma colisão, cada computador espera por um tempo aleatório antes de tentar novamente transmitir. Por que este tempo deve ser aleatório e não fixo?

# Controle de Erros

---

Você viu que o quadro Ethernet tem um campo para detecção de erros, chamado CRC. O cálculo do CRC utiliza divisão de polinômios, mas não entraremos nesses detalhes. O mais importante para você saber é quais campos do quadro entram no cálculo do CRC e qual o tamanho do valor gerado. Você já deve ter observado que esse tamanho é de 4 *bytes*. O cálculo do CRC considera os seguintes campos: endereço de destino, endereço de origem, tipo e dados. Observe que o preâmbulo não entra no cálculo, portanto, ele é calculado não apenas na parte dos dados como também nos campos de controle. Isso é importante porque, por exemplo, a ocorrência de um erro em um bit do endereço de destino pode fazer com que o quadro seja entregue à máquina errada.

O valor do CRC é calculado no transmissor e colocado no último campo do quadro (CRC). O receptor recalcula o CRC considerando os mesmos campos que o transmissor e compara o valor obtido com o valor contido no campo CRC. Se forem iguais, o quadro é aceito, em caso contrário, o quadro é descartado. Observe que nenhuma mensagem é enviada para o transmissor dizendo se o quadro foi aceito ou descartado. Assim, a camada de enlace da rede Ethernet não garante a entrega de quadros. Se esse tipo de confiabilidade é necessário, ele deve ser implementado pelas camadas superiores, como a camada de transporte, por exemplo.

## Transmissão de um Quadro por um Computador

O processo de transmissão de um quadro basicamente compreende a montagem do quadro e a aplicação do protocolo de acesso ao meio para determinar quando ele pode ser enviado no enlace. Lembre-se de que, durante a formação do quadro, o campo de tipo é preenchido com o número do protocolo da camada de rede que passou o pacote para ser transmitido pela camada de enlace.

## Recebimento de um Quadro por um Computador

Quando um computador recebe um quadro através de sua placa de rede, o endereço do campo **endereço de destino** do quadro é analisado. Caso ele seja igual ao endereço da própria placa de rede ou ao endereço de broadcast, o quadro é

recebido e processado pelo computador, caso contrário, é descartado. É possível, entretanto, configurar uma placa de rede para entrar no modo promíscuo, de forma que ela aceita e processa todos os quadros que chegam da rede, até mesmo os que não foram endereçados a ela. Isso pode ser feito com boas intenções, por exemplo, para identificar o tipo de tráfego mais comum na rede ou com má intenção, como tentar ler informações sigilosas de outro usuário.

Quando o quadro é aceito, o campo de tipo é então utilizado para identificar para qual implementação de protocolo de rede os dados contidos no quadro foram passados.

## Atividade 02

---

1. Vimos que uma placa de rede se encontra em modo promíscuo quando ela aceita todos os pacotes recebidos. Pesquise mais sobre o modo promíscuo e descreva quais são os seus usos para boas e más intenções.

## Padrões 802.3

---

A tecnologia Ethernet foi criada no centro de pesquisas da Xerox (Palo Alto Research Center – PARC) e, posteriormente, foi padronizada pelo IEEE como o padrão 802.3. Para permitir a utilização do 802.3 com diferentes tipos de cabeamento, foram definidos quatro diferentes tipos de camada física, gerando as seguintes especificações: 10Base2, 10Base5, 10BaseT e 10BaseF. O **10** se refere ao fato de a velocidade da rede ser de 10Mbps. **Base** se refere ao fato de utilizar banda básica, isso significa que a rede envia os próprios sinais digitais no enlace, ou seja, não realiza modulação. A seguir, você pode ver mais algumas características de cada uma dessas especificações.

- **10Base2** – conhecidas também como *Thin* Ethernet, são redes em barra que utilizam cabos coaxiais finos e as máquinas se conectam utilizando os conectores BNC (vistos na aula 1). O 2 (em 10Base2) refere-se ao fato de que o comprimento máximo do cabo, sem usar repetidores, é de aproximadamente 200 metros (na verdade, o comprimento máximo é de 185 metros). As primeiras redes Ethernet foram dessa categoria. Os principais problemas dessas redes eram:

a) o baixo desempenho causado pelo fato de o meio ser compartilhado, permitindo que apenas uma máquina transmitisse por vez; b) como a rede era formada por um único e longo cabo, em que todas as máquinas estavam conectadas, os problemas no cabo frequentemente deixavam toda a rede sem comunicação. Apesar desses problemas, seu baixo custo e facilidade de instalação ajudaram a tornar essas redes bastante populares. A conexão das estações ao cabo coaxial é feita por um dispositivo chamado transceptor, que é um TRANSmissor e um reCEPTOR, daí seu nome. O transceptor, que também realiza a tarefa de detectar as colisões, pode ser um dispositivo externo ou interno à máquina. A maioria das redes utilizava transceptores internos, que eram, portanto, integrados na própria placa de rede.

- **10Base5** – conhecidas também como cabo coaxial grosso. Foi o primeiro padrão Ethernet a surgir e utilizar cabo coaxial grosso, permitindo que o comprimento máximo do cabo seja de 500 metros, e com transceptores externos localizados junto a esse cabo. A ligação da placa de rede ao transceptor utilizava um cabo diferente com uma interface conhecida como AUI (*Attachment Unit Interface*).
- **10BaseT** – são redes que utilizam cabos de pares-trançados de até 100 metros para ligar as máquinas aos *hubs*, formando uma topologia física em estrela. A principal vantagem dessas redes foi reduzir os problemas decorrentes de falhas no cabeamento, uma vez que cada máquina utiliza um cabo exclusivo para a sua ligação ao *hub*. Outra vantagem do *hub* é que ele tornou possível a utilização de mais de um tipo de cabo nas redes.
- **10BaseF** – são padrões Ethernet que suportam a utilização de fibras óticas. Existem o 10BaseFB, o 10BaseFP e o 10BaseFL. Essas variações dizem respeito à topologia do enlace. 10BaseFL, por exemplo, faz uso de *hubs* ou *switches* para interligar as máquinas e o comprimento dos cabos pode chegar a 2km, sem o uso de repetidores.

Como a topologia em estrela mostrou-se a mais vantajosa, o padrão 10BaseT acabou sendo o padrão dominante. Entretanto, observe que um *hub* podia ter portas de mais de um padrão, como diversas portas para par trançado e uma porta para fibra ótica para realizar a interligação entre dois *hubs* diferentes.

# Fast Ethernet

---

No início, o padrão Ethernet era baseado em um único cabo em que todas as estações eram interligadas. Desse modo, o rompimento do cabo paralisava a rede, e encontrar o ponto problemático exigia que todo o cabo fosse verificado. Esse problema motivou o desenvolvimento dos *hubs*, no qual cada estação agora tem um cabo dedicado até um *hub* central. Do ponto de vista lógico, nada mudou, pois um hub simplesmente conecta todos os fios eletricamente, simulando um cabo único. Entretanto, problemas de conexão agora são mais fáceis de diagnosticar e reparar.

Porém, os *hubs* não aumentam a capacidade da rede, pois quanto mais estações são adicionadas a ela menor será a capacidade da fatia recebida pela estação. Para lidar com esse problema outra solução foi desenvolvida, a Ethernet comutada. Nesse caso, o núcleo da rede é um ***switch***. Como explicado na aula 3, o *switch* é capaz de separar o tráfego de suas diversas portas, fazendo com que essas portas sejam utilizadas ao mesmo tempo por estações diferentes. Com isso, conseguiram aumentar a capacidade da rede, mas a velocidade de 10 Mbps já não era suficiente para as variadas aplicações que estavam surgindo e muitas organizações já possuíam diversas LANs de 10 Mbps em paralelo para atingir as velocidades necessárias.

Desse modo, o padrão Ethernet precisou evoluir para fornecer maiores velocidades. As modificações no padrão Ethernet, para que ele suportasse velocidades de 100Mbps, geraram um novo padrão chamado Fast Ethernet. Como compatibilidade é uma questão fundamental, o Fast Ethernet utiliza o mesmo protocolo de acesso ao meio (CSMA/CD), o mesmo formato de quadro e possui as mesmas restrições de tamanhos mínimo e máximo dos quadros que o Ethernet de 10Mbps.

Uma característica importante adicionada juntamente com o Fast Ethernet foi a auto negociação, isso permite a um dispositivo que pode trabalhar a 100Mbps baixar sua velocidade para 10Mbps, caso o dispositivo na outra extremidade do enlace suporte apenas essa velocidade.

Uma das mudanças introduzidas pelo padrão Fast Ethernet diz respeito aos tipos de cabeamento, ou de nível físico suportados. O par trançado de categoria 3 já não conseguia atingir 100 Mbps a 100 metros de distância, e para manter a compatibilidade com o padrão anterior decidiu-se permitir três possibilidades. Desse modo, o Fast Ethernet define as seguintes especificações: 100BaseTX, 100BaseFX e 100BaseT4.

O 100BaseTX especifica a utilização com cabos de par trançado de categoria 5 ou 5e, em que são utilizados dois pares do cabo. O 100BaseFX utiliza cabos de fibra ótica. O 100BaseT4 foi definido para permitir o aproveitamento dos cabos categoria 3 já instalados nas empresas, e utiliza os 4 pares do cabo. Naturalmente, em novas instalações não é recomendável a utilização do 100BaseT4.

## Gigabit Ethernet

---

Após o Fast Ethernet, a evolução seguinte no padrão Ethernet se chamou Gigabit Ethernet, naturalmente, porque a velocidade desse novo padrão é 1 Gbps (ou 1000Mbps). Como antes, procurou-se manter compatibilidade com os padrões Ethernet anterior.

As principais especificações para a camada física são:

- **1000BaseT** – utiliza o mesmo cabeamento par trançado categoria 5e das redes Fast Ethernet, porém utiliza os quatro pares do cabo. Suporta distâncias de até 100 metros.
- **1000BaseCX** – foi o primeiro padrão para Gigabit Ethernet que permitia sua utilização com cabos de cobre. Utiliza cabo par trançado blindado e possui um alcance de no máximo 25 metros.
- **1000BaseSX** – suporta a utilização de fibras óticas monomodo e multimodo, mas normalmente utiliza essas últimas por serem mais baratas. Permite uma distância máxima de 550 metros.
- **1000BaseLX** – também suporta a utilização de fibras óticas, mas pode ser utilizada em distâncias de até 5 km. Pode ser utilizada apenas com fibras monomodo e é uma tecnologia mais cara que a 1000BaseSX.

Outra diferença entre os diversos padrões Ethernet, mas que não entraremos em detalhes, é a forma como eles codificam e decodificam os bits. Cada padrão utiliza um esquema diferente. Enquanto a Ethernet padrão utiliza um esquema chamado Manchester, a Fast Ethernet utiliza 4B/5B e o Gigabit utiliza 8B/10B.

Após o Gigabit Ethernet já surgiu o padrão 10Gigabit Ethernet. Como você pode observar, cada nova evolução do padrão multiplica a velocidade de transmissão por 10.

Tipicamente, os padrões de velocidades mais elevadas são utilizados para formar o [backbone](#) (Infraestrutura central da Internet.) da rede, e os de velocidade um pouco inferior para interligar os demais equipamentos ao backbone e as máquinas dos usuários a esses equipamentos. Atualmente, é muito comum utilizar Gigabit para o backbone e Fast Ethernet para as demais ligações. Quando o preço dos equipamentos for reduzindo, será comum utilizar os backbones a 10Gigabit e as demais ligações no padrão Gigabit.

## Atividade 03

---

1. Nas redes locais que existem nas universidades e nas empresas, quais tipos de cabos e velocidades são mais comuns de serem encontrados?
2. Pesquise e defina o que é uma fibra monomodo e uma fibra multimodo.

# Leitura Complementar

---

- <https://standards.ieee.org/about/get/802/802.3.html>
- [https://pt.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.3](https://pt.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.3)

## Resumo

---

Nesta aula, aprendemos o protocolo CSMA/CD usado pelo padrão Ethernet para disciplinar o uso compartilhado do meio físico da rede. Vimos também que o campo CRC do quadro Ethernet é usado para detectar as transmissões de quadros que chegaram com algum problema no destino. Analisamos os padrões de cabeamento usados em cada uma das variações do Ethernet e conhecemos as velocidades de transmissões possíveis desde o padrão Ethernet até o 10Gigabit Ethernet.

## Autoavaliação

---

1. Descreva quais são as diferenças entre o padrão de Ethernet original e o Fast Ethernet que temos atualmente.
2. Suponha que você foi contratado para planejar a rede de um prédio comercial de sete andares que possui 15 escritórios adjacentes por andar. Cada escritório contém uma tomada (um soquete) para um terminal na parede frontal. Dessa forma, as tomadas formam uma grade retangular em um plano vertical, com uma distância de 4m entre as tomadas, tanto no sentido horizontal quanto no vertical. Partindo do princípio de que é possível passar um cabo linear (em linha reta) entre qualquer par de tomadas, seja no sentido horizontal, seja vertical ou diagonal, quantos metros de cabo seriam necessários para conectar todas as tomadas usando:
  - a. uma LAN 802.3 clássica (com cabos 10Base5)?

b. uma configuração híbrida com um hub/switch por andar? Utilize a tabela a seguir como guia.

		Escritórios														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Andares	7							S								
	6							S								
	5							S								
	4							S								
	3							S								
	2							S								
	1							S								

4m

4m

## Referências

---

KUROSE, J.; ROSS, K. **Redes de computadores e a internet**. 3. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2006.

SOARES, L. F. G. **Redes de computadores das LANs, MANs e WANs às redes ATM**. 2. ed. São Paulo: Editora Campus, 1995.