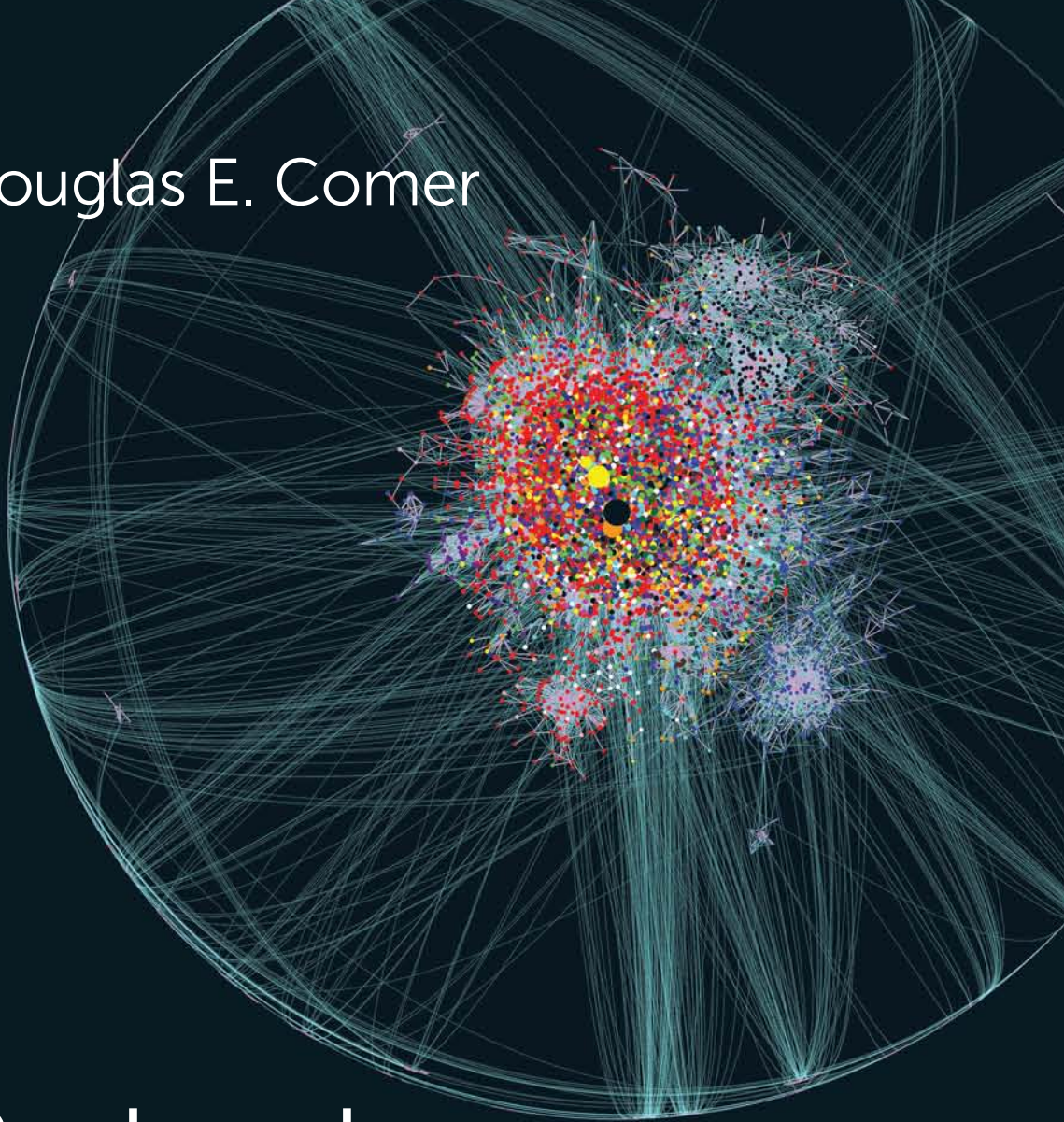


Douglas E. Comer



# Redes de Computadores e Internet



6ª EDIÇÃO

# Tecnologias de LANs com fio (Ethernet e 802.3)

- 15.1 Introdução, 219
- 15.2 A venerável Ethernet, 219
- 15.3 Formato de quadro Ethernet, 220
- 15.4 Campo tipo do quadro Ethernet e demultiplexação, 220
- 15.5 Versão IEEE da Ethernet (802.3), 221
- 15.6 Conexões LAN e interface de rede, 222
- 15.7 Evolução da Ethernet e cabos Thicknet, 222
- 15.8 Cabos Ethernet Thinnet, 223
- 15.9 Ethernet de par trançado e hubs, 223
- 15.10 Topologia física e lógica da Ethernet, 224
- 15.11 Cabeamento em um prédio de escritórios, 225
- 15.12 Taxa de transmissão das redes Ethernet e tipo de cabeamento, 225
- 15.13 Conectores e cabos para o par trançado, 227
- 15.14 Resumo, 228

## 15.1 Introdução

Os capítulos desta parte do livro descrevem as tecnologias de redes de comutação de pacotes. O Capítulo 13 apresenta o modelo IEEE 802 usado em LANs e a divisão da camada 2 nas subcamadas LLC e MAC. Também discute o esquema de endereçamento de 48 bits, que constitui uma parte significativa da subcamada MAC, foca a subcamada MAC e considera os protocolos de acesso ao meio.

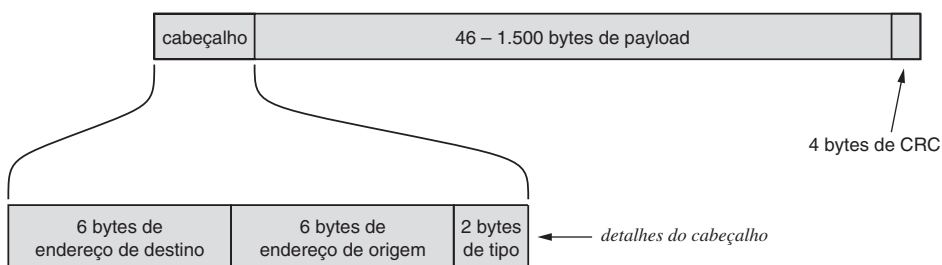
Este capítulo continua a discussão sobre redes locais, concentrando-se nas tecnologias de LAN com fio. O capítulo mostra como os conceitos dos capítulos anteriores formam a base da Ethernet, a tecnologia LAN com fio que dominou todas as outras.

## 15.2 A venerável Ethernet

Lembre-se do que vimos no Capítulo 14: a Ethernet é uma tecnologia LAN originalmente inventada pela Xerox PARC e mais tarde padronizada pela Digital Equipment Corporation, pela Intel e pela Xerox. A Ethernet sobreviveu por 30 anos. Embora os dispositivos de hardware, cabeamento e meios usados com ela tenham mudado drasticamente, o formato do pacote básico e o esquema de endereçamento mantiveram-se os mesmos. Um dos aspectos mais interessantes na evolução da Ethernet refere-se à maneira com que as novas versões permaneceram compatíveis – uma nova versão pode detectar uma mais antiga e automaticamente adaptar-se para funcionar também naquela tecnologia.

## 15.3 Formato de quadro Ethernet

O termo *quadro* refere-se a um pacote de camada 2, e o termo *formato de quadro* refere-se à maneira com que um pacote é organizado, incluindo detalhes como o tamanho e o significado de cada campo. A principal razão que permitiu às versões mais antigas da Ethernet manterem-se compatíveis está relacionada ao formato do quadro, que se manteve constante desde que o padrão DIX foi criado, na década de 1970. A Figura 15.1 ilustra o formato geral do quadro Ethernet e os detalhes do cabeçalho.



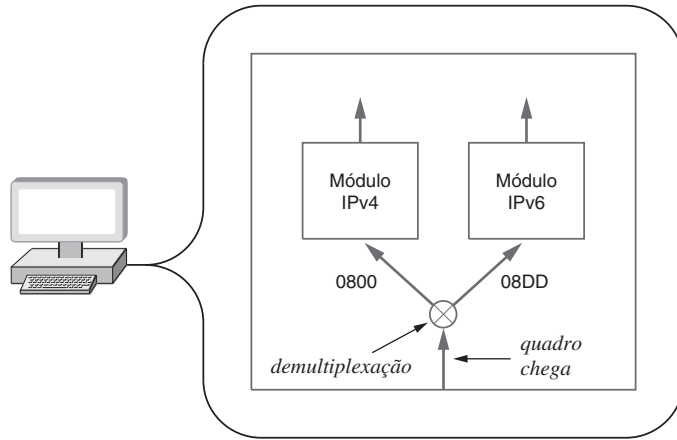
**Figura 15.1** Ilustração do formato do quadro Ethernet e detalhes do cabeçalho.

Como a figura mostra, um quadro Ethernet consiste de um cabeçalho de tamanho fixo, um payload de tamanho variável e um CRC de comprimento fixo<sup>1</sup>. O cabeçalho contém três campos: um campo de *endereço de destino* de 48 bits com o endereço do destinatário pretendido, um campo de *endereço de origem* de 48 bits com o endereço do computador que enviou o quadro e um campo de *tipo* de 16 bits.

## 15.4 Campo tipo do quadro Ethernet e demultiplexação

O campo *tipo* do quadro Ethernet fornece multiplexação e demultiplexação, e isso possibilita a um determinado computador ter múltiplos protocolos operando simultaneamente. Por exemplo, capítulos futuros explicam que os protocolos utilizados na Internet podem enviar datagramas IPv4 e IPv6 sobre Ethernet. Para isso ser possível, cada protocolo de nível superior possui um tipo Ethernet exclusivo (hexadecimal 0x0800 para datagramas IPv4 e hexadecimal 0x08DD para datagramas IPv6). Assim, durante a transmissão de um datagrama IPv4, o transmissor atribui 0x0800 no campo tipo do cabeçalho Ethernet. Quando o quadro chega ao seu destino, o receptor examina o campo tipo e usa o valor para determinar qual módulo de software deve processar o quadro. A Figura 15.2 ilustra a demultiplexação.

<sup>1</sup> Quando um quadro Ethernet é enviado através de uma rede, os bits são codificados por meio da codificação Manchester descrita no Capítulo 6, e o quadro pode ser precedido por um preâmbulo de 64 bits com 1s e 0s alternados.

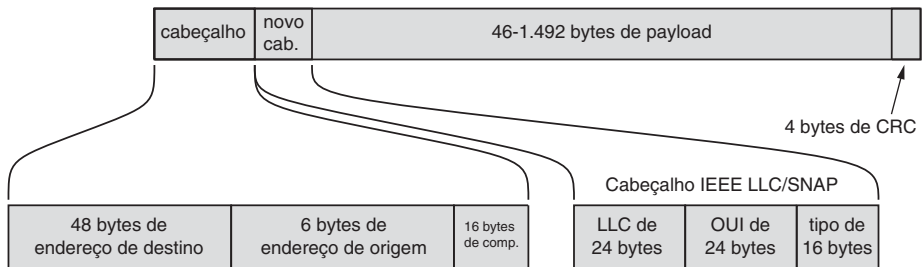


**Figura 15.2** Ilustração de uso do campo tipo do quadro para demultiplexação.

## 15.5 Versão IEEE da Ethernet (802.3)

Curiosamente, em 1983, o IEEE desenvolveu um padrão para Ethernet e tentou redefinir seu formato de quadro<sup>2</sup>. O grupo de trabalho IEEE que produziu o padrão obteve a numeração de padrão 802.3 e, para distinguir o padrão IEEE de outros, os profissionais muitas vezes se referem a ele como *Ethernet 802.3*.

A principal diferença entre a Ethernet convencional e a 802.3 é a interpretação do campo tipo. A norma 802.3 interpreta o campo tipo original como o *tamanho do pacote* e adiciona um cabeçalho extra de 8 bytes que contém o tipo do pacote. O cabeçalho extra é conhecido como *LLC/SNAP* (*Logical Link Control/Sub-Network Attachment Point* ou *controle lógico de enlace/ponto de conexão da subrede*); a maioria dos profissionais simplesmente chama de *cabeçalho SNAP*. A Figura 15.3 ilustra o formato.



**Figura 15.3** Formato de quadro IEEE 802.3 com cabeçalho LLC / SNAP.

Como mostra a figura, o tamanho global no quadro Ethernet 802.3 permanece o mesmo: 1.514 bytes. Para acomodar o cabeçalho, o IEEE reduziu a carga útil máxima de 1.500 bytes para 1.492 bytes. Podemos pensar em um cabeçalho SNAP que ocupa os

<sup>2</sup> A versão IEEE não obteve muito sucesso – a maioria das instalações ainda usa o formato de quadro original.

primeiros 8 bytes da área de carga útil. Para manter as duas versões Ethernet compatíveis, uma convenção é utilizada:

*Se os bytes 13-14 de um quadro Ethernet contiverem um valor numérico inferior a 1.500, o campo é interpretado como o comprimento do pacote e a norma 802.3 é aplicada; caso contrário, o campo é interpretado como um campo de tipo e o padrão Ethernet original se aplica.*

## 15.6 Conexões LAN e interface de rede

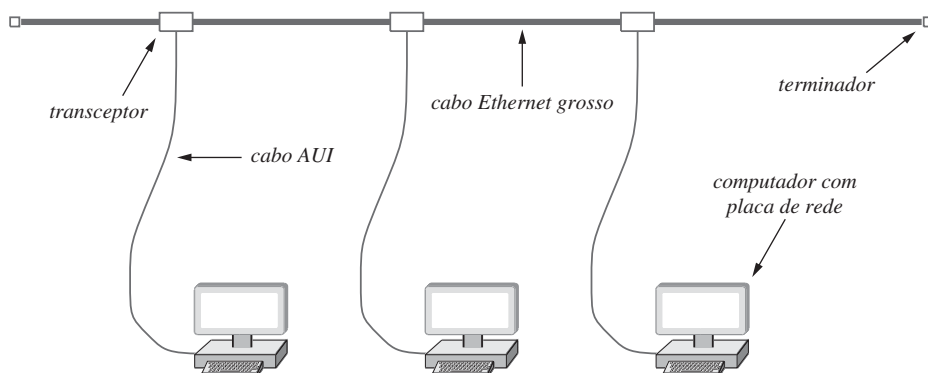
Em termos de arquitetura de computadores, uma LAN é um dispositivo de E/S e se conecta ao computador da mesma maneira que um dispositivo de disco ou de vídeo. Dentro de um computador, um *controlador de interface de rede* (NIC, *Network Interface Controller*) é ligado ao barramento de E/S do computador. O controlador pode estar integrado na placa-mãe ou assumir a forma de uma *interface de rede* separada que se conecta a um barramento.

Logicamente, uma NIC trata reconhecimento de endereços, cálculo do CRC e reconhecimento da estrutura do quadro (por exemplo, uma placa de rede verifica o endereço de destino em um quadro e o ignora quando não é destinado ao computador). Além disso, uma placa de rede se conecta a uma rede e lida com detalhes de comunicação de dados (ou seja, envio e recebimento de quadros). Fisicamente, uma placa de rede é constituída por um circuito: um lado encaixa no barramento do computador e outro lado possui um conector apropriado para uma determinada LAN. A maioria dos computadores já vem com uma placa de rede instalada; no entanto, a placa de rede é independente do resto do computador e um usuário pode escolher substituí-la sem fazer outras alterações.

## 15.7 Evolução da Ethernet e cabos Thicknet

Desde a versão original na década de 1970, a Ethernet passou por várias alterações, sendo que a mais significativa foi no cabeamento. O cabo Ethernet original foi informalmente chamado *cabo Ethernet grosso* ou *Thicknet*, porque o meio de comunicação consistia de um cabo coaxial de maior bitola; o termo formal usado para denominar esse cabeamento é *10Base5*. O hardware utilizado com Thicknet foi dividido em duas partes principais: uma placa de rede manipulando os aspectos da comunicação digital e um dispositivo eletrônico separado chamado *transceptor* conectado ao cabo Ethernet com as funções de detecção de portadora, conversão de bits em níveis apropriados de tensão para a transmissão e conversão dos sinais de entrada em bits.

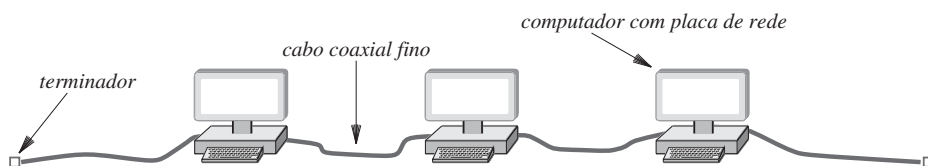
Um cabo físico conhecido como *unidade de conexão de interface* (AUI, *Attachment Unit Interface*) ligava o transceptor na placa de rede do computador. O transceptor ficava normalmente longe do computador. Por exemplo, em um prédio de escritórios, transceptores podiam ficar no teto do corredor. A Figura 15.4 ilustra como o Thicknet original usava um cabo AUI para conectar um computador a um transceptor.



**Figura 15.4** Ilustração do cabearamento Thicknet do Ethernet original.

## 15.8 Cabos Ethernet Thinnet

Uma segunda geração de cabearamento Ethernet foi elaborada para utilizar um cabo coaxial mais fino e flexível do que o Thicknet. Formalmente chamado *10Base2* e informalmente conhecido como *Ethernet com cabo coaxial fino*, *Ethernet Thinwire* ou *Thinnet*, o esquema de cabearamento difere muito do Thicknet. Em vez de usar conexões AUI entre um computador e um transceptor, o Thinnet integra um transceptor diretamente na placa de rede, e o cabo coaxial passa de um computador para outro. A Figura 15.5 ilustra o cabearamento com coaxial fino.



**Figura 15.5** Ilustração do cabearamento Ethernet de segunda geração conhecido como Thinnet.

O Thinnet tinha vantagens e desvantagens. As principais vantagens eram em relação ao menor custo global e à facilidade de instalação. Nenhum transceptor externo era necessário, e o cabo Thinnet podia ser instalado em um caminho conveniente (por exemplo, através de uma mesa entre computadores, sob o piso ou num eletroduto). A principal desvantagem surgiu porque toda a rede era vulnerável – se um usuário desconectasse um segmento da rede para trocar fios ou mover um computador, toda a rede parava de funcionar.

## 15.9 Ethernet de par trançado e hubs

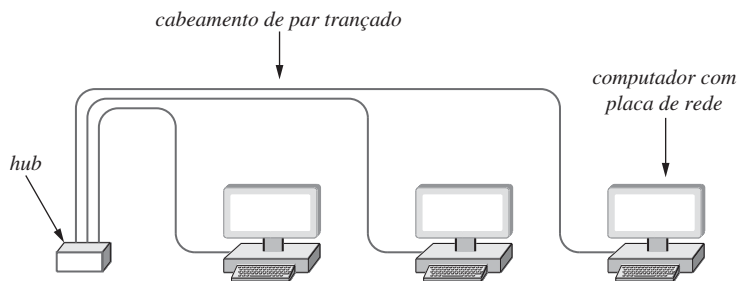
A terceira geração de cabearamento Ethernet provocou uma mudança drástica de duas maneiras:



- No lugar do cabo coaxial, a terceira geração utiliza um dispositivo central separado dos computadores ligados à rede.
- Em vez de cabeamento pesado e blindado, a terceira geração utiliza par trançado<sup>3</sup>.

Como não usa cabo coaxial, a terceira geração é informalmente conhecida como *Ethernet de par trançado* e substitui as outras versões. Assim, uma Ethernet não é mais um cabo, mas um dispositivo eletrônico no qual os computadores se conectam.

Na versão original da rede Ethernet de par trançado, o dispositivo eletrônico central é conhecido como *hub* (concentrador). Hubs estavam disponíveis numa variedade de tamanhos, com o custo proporcional ao tamanho. Um pequeno hub tinha quatro ou oito *portas*, e cada uma podia ligar um computador ou outro dispositivo (por exemplo, uma impressora). Hubs maiores possibilitavam centenas de conexões. A Figura 15.6 ilustra o esquema.



**Figura 15.6** Ilustração da terceira geração da Ethernet, com cabeamento de par trançado.

Os componentes eletrônicos em um hub emulam um cabo físico, fazendo todo o sistema funcionar como uma Ethernet convencional. Por exemplo, um computador ligado a um hub usa CSMA/CD para acessar a rede, recebe uma cópia de cada quadro e usa o endereço em um quadro para determinar se deve processá-lo ou ignorá-lo. Além disso, a terceira geração da Ethernet manteve o mesmo formato de quadro das versões anteriores. Na verdade, o software do computador não consegue distinguir entre Ethernet grosso, Ethernet fino e Ethernet de par trançado – a interface de rede em um computador lida com os detalhes e esconde as diferenças. Para resumir:

*Embora o cabeamento Ethernet de terceira geração use um dispositivo eletrônico em vez de um cabo compartilhado, o formato dos pacotes que os computadores transmitem e recebem permanece o mesmo.*

## 15.10 Topologia física e lógica da Ethernet

Lembre-se de que LANs são classificadas de acordo com sua topologia (ou seja, sua forma geral). A Figura 13.7 resume as principais topologias existentes. Surge a pergunta: qual a topologia da Ethernet? Surpreendentemente, a resposta é complexa.

Claramente, a versão original da Ethernet, Thicknet, seguia uma topologia de barramento. De fato, a Ethernet original é frequentemente citada como um exemplo clás-

<sup>3</sup> Versões mais recentes da Ethernet que operam mais rápido do que 1 gigabit por segundo requerem fibras ópticas em vez de pares trançados de fios de cobre.

sico de topologia de barramento. Pode parecer que a terceira geração da Ethernet segue uma topologia em estrela. Na verdade, o termo *hub* surgiu para esclarecer o conceito de ponto de interligação central. Como um hub emula um cabo físico, o sistema parece funcionar como se os computadores se conectassem em um cabo. Na verdade, os profissionais brincam que um hub realmente fornece um:

“barramento em uma caixa”

Para entender a topologia da Ethernet de par trançado, é preciso distinguir entre as topologias *lógica* e *física*. Logicamente, a Ethernet de terceira geração emprega uma topologia de barramento; fisicamente, no entanto, o cabeamento utilizado com a Ethernet de terceira geração segue uma topologia em estrela. Ou seja:

*Distinguir entre topologias lógica e física nos permite entender que a Ethernet de terceira geração usa uma topologia física estrela, mas logicamente age como um barramento.*

## 15.11 Cabeamento em um prédio de escritórios

Os estilos de cabeamento utilizados para LANs fazem pouca diferença em uma sala ou laboratório. Quando utilizado num prédio de escritórios, no entanto, o tipo de cabeamento faz uma grande diferença em termos de tipo e número de fios necessários, de distância e de custo. As três versões do cabeamento Ethernet ilustram as três principais formas que as LANs usam. A Figura 15.7 ilustra o cabeamento em um andar de um prédio de escritórios.

Na figura, note que a Ethernet de terceira geração requer muitos cabos individuais para ligar escritórios e o ponto central, conhecido como *rack de cabos* (*wiring closet*). Assim, um rack de cabos pode receber centenas de cabos conectados a um grande dispositivo eletrônico. A rotulagem cuidadosa dos cabos é um requisito fundamental para evitar problemas.

## 15.12 Taxa de transmissão das redes Ethernet e tipo de cabeamento

Desde que a Ethernet de par trançado surgiu pela primeira vez, melhorias significativas foram feitas na qualidade e na blindagem dos cabos de par trançado; como resultado, a taxa de transmissão de dados no par trançado aumentou. A Figura 15.8 resume os três tipos de Ethernet de par trançado e o cabo usado com cada um deles.

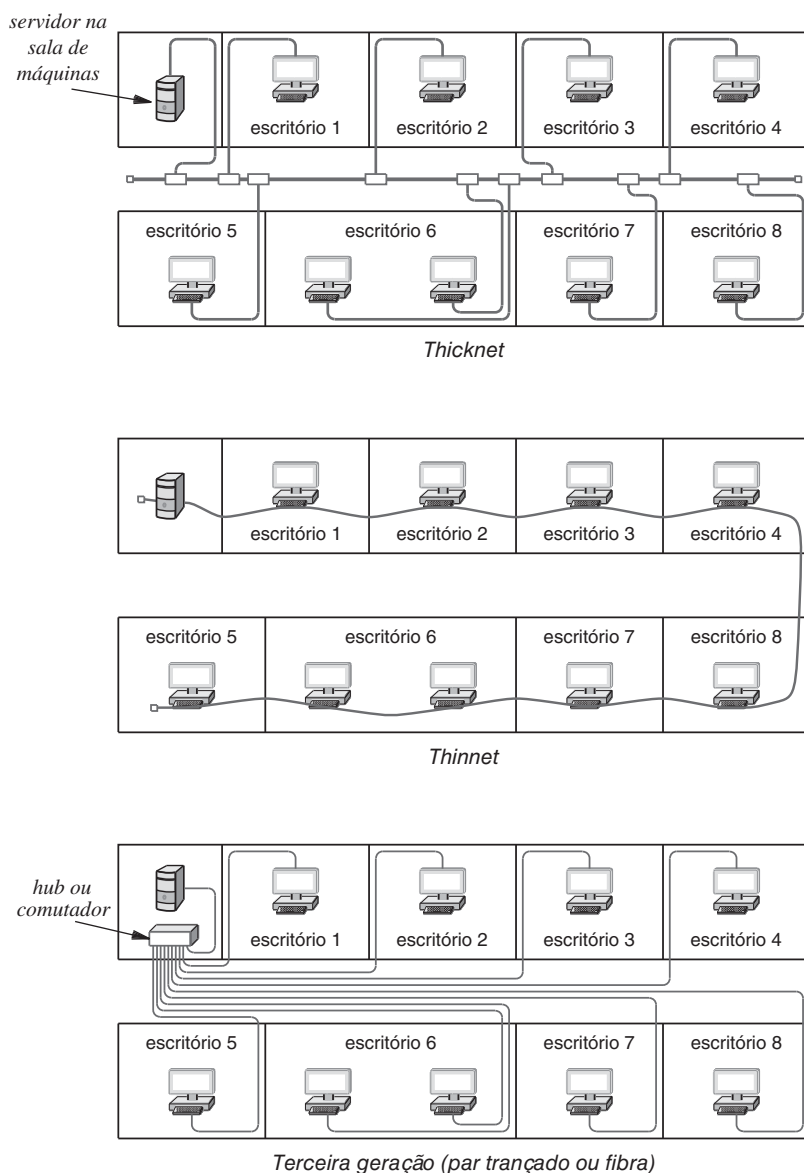
Como mostra a figura, a primeira versão da Ethernet de par trançado recebeu o nome de *10BaseT*, onde o valor 10 designa que a velocidade é de 10 Mbit/s. Uma versão mais recente chamada *Fast Ethernet* usa uma velocidade de 100 Mbit/s e foi chamada *100BaseT*. Uma terceira versão, chamada *Gigabit Ethernet*, opera em 1 Gbit/s (ou seja, 1.000 Mbit/s). Os profissionais muitas vezes abreviam o nome para *Gig-E*.

O Capítulo 17 explica que as tecnologias Ethernet de maior velocidade usam um dispositivo eletrônico conhecido como *comutador* (*switch*)\*, em vez de um hub. Além

---

\* N. de T.: O comutador agrega certa inteligência na comunicação entre as máquinas, encaminhando os pacotes somente ao destinatário dos mesmos, e não a todos.





**Figura 15.7** Ilustração de vários esquemas de fiação de rede local que têm sido utilizados em prédios de escritórios.

disso, para manter a compatibilidade, os novos padrões especificam que as interfaces devem detectar automaticamente a velocidade da rede e se adaptar para operar com os dispositivos mais antigos. Assim, se alguém conecta um cabo Ethernet entre um dispositivo antigo que utiliza 10BaseT e um dispositivo novo que usa 1000BaseT, o novo dispositivo utilizará *autodetecção* e se adaptará para utilizar 10 Mbit/s.

Designação	Nome	Taxa de transmissão	Cabo utilizado
10BaseT	Ethernet de par trançado	10 Mbit/s	Categoria 5
100BaseT	Fast Ethernet	100 Mbit/s	Categoria 5E
1000BaseT	Gigabit Ethernet	1 Gbit/s	Categoria 6

**Figura 15.8** Três tipos de Ethernet de par trançado, suas taxas de dados e o cabo utilizado em cada tipo.

## 15.13 Conectores e cabos para o par trançado

A Ethernet de par trançado utiliza conectores *RJ45*, que são versões maiores dos conectores *RJ11* usados para telefonia. Um conector *RJ45* só pode ser ligado a uma tomada de um jeito, e uma peça física mantém o conector no lugar. Assim, os conectores não podem ser conectados de forma incorreta e, uma vez inseridos, não caem.

Os cabos podem ser adquiridos em vários comprimentos, já com os conectores *RJ45* montados em cada extremidade, o que significa que a maioria dos usuários não precisa fazer seu próprio cabo. No entanto, surge uma confusão, porque há dois tipos de cabos: *direto* e *cruzado*. Um cabo *cruzado* é utilizado para ligar dois computadores e conectar um pino numa extremidade a um pino diferente na outra extremidade. Um cabo *direto*, usado entre um computador e um comutador, liga cada pino de uma extremidade do *RJ45* exatamente no mesmo pino da outra extremidade; desse modo, o pino 1 é ligado no pino 1 e assim por diante. Embora interfaces de rede mais sofisticadas possam detectar um cabo cruzado e se adaptar, muitas não funcionarão corretamente se o cabo cruzado for utilizado quando um cabo direto for necessário.

Para ajudar os técnicos a fazer as conexões corretas, fios individuais em um cabo Categoria 5 ou Categoria 6 são revestidos com plástico colorido. A Figura 15.9 lista os códigos de cores usados com um cabo direto<sup>4</sup>.

Pino RJ45	Cor do fio	Função
1	branco-verde	TX_D1+
2	verde	TX_D1–
3	branco-laranja	RX_D2+
4	azul	BI_D3+
5	branco-azul	BI_D3–
6	laranja	RX_D2–
7	branco-marrom	BI_D4+
8	marrom	BI_D4–

**Figura 15.9** Lista de códigos de cores usados num conector *RJ45*.

<sup>4</sup> As abreviações na figura especificam se um pino é utilizado para *Transmitir (TX)*, para *Receber (RX)* ou para a comunicação *Bidirecional (BI)* e especificam um dos quatro caminhos de dados (D1-D4) em que o pino é usado.

## 15.14 Resumo

A tecnologia Ethernet, desenvolvida na década de 1970, tornou-se o padrão de fato para redes locais cabeadas. Um quadro Ethernet começa com um cabeçalho de 14 bytes, que contém um endereço de destino de 48 bits, um endereço de origem de 48 bits e um campo de tipo de 16 bits. Embora o padrão IEEE 802.3 tenha tentado definir um novo formato de quadro com um cabeçalho adicional de 8 bytes, a versão IEEE é raramente usada.

O campo tipo do cabeçalho Ethernet é usado para demultiplexação após um quadro chegar ao destino. Ao criar um quadro, um remetente especifica o tipo; um destinatário usa o tipo para determinar qual módulo deve processá-lo.

Embora o formato do quadro Ethernet e o esquema de endereçamento tenham se mantido inalterados desde a primeira norma, os cabos utilizados para Ethernet e o esquema de conexão mudaram drasticamente. Houve três versões principais de cabeamento. O Thicknet usava um cabo coaxial grande com transceptores separando este dos computadores. O Thinnet usava um cabo coaxial flexível que passava de computador em computador, e a interface de rede em cada computador continha um transceptor. A terceira geração substituiu o cabo único compartilhado por um dispositivo eletrônico chamado de hub (ou comutador) e passou a utilizar cabos de par trançado (ou fibra óptica para maior velocidade) entre um computador e o *hub* (ou *comutador*). No caso do hub, o sistema resultante tem uma topologia física de estrela e uma topologia lógica de barramento.

Da mesma forma que as versões anteriores das redes Ethernet, a primeira tecnologia de par trançado operava a 10 Mbit/s; ela foi denominada 10BaseT. Uma versão nomeada formalmente de 100BaseT opera a 100 Mbit/s e é conhecida comercialmente como *Fast Ethernet*. Uma terceira versão, chamada *Gigabit Ethernet* ou *Gig-E*, opera a 1.000 Mbit/s, o que equivale a 1 Gbit/s. O hardware para as redes Ethernet de maior velocidade detecta automaticamente quando um dispositivo de baixa velocidade está conectado e reduz sua velocidade de acordo com ele.

## Exercícios

- 15.1 Qual o tamanho máximo do quadro Ethernet, incluindo o CRC?
- 15.2 Como é utilizado o campo tipo do cabeçalho Ethernet?
- 15.3 Em um quadro Ethernet 802.3, qual o tamanho máximo da carga útil?
- 15.4 Como um receptor pode saber se um quadro Ethernet usa o padrão 802.3?
- 15.5 Quando o cabeçalho LLC/SNAP é usado, onde ele é colocado?
- 15.6 Como um computador se liga a uma Ethernet Thicknet?
- 15.7 Como os computadores se ligavam a uma Ethernet Thinnet?
- 15.8 O que é um hub Ethernet e qual o cabeamento utilizado nele?
- 15.9 Procure comutadores e hubs na Web. Se você pudesse escolher entre um hub ou um comutadores que opere na mesma taxa de transmissão pelo mesmo preço, qual escolheria? Por quê?
- 15.10 Cite um exemplo de uma rede com diferentes topologias físicas e lógicas.
- 15.11 Qual estilo de cabeamento Ethernet requer mais fios físicos em um prédio de escritórios?
- 15.12 Qual categoria de cabeamento de par trançado é necessário para uma rede de 10 Mbit/s? E 100 Mbit/s? E 1.000 Mbit/s?

Encerra aqui o trecho do livro disponibilizado para esta Unidade de Aprendizagem. Na Biblioteca Virtual da Instituição, você encontra a obra na íntegra.

