

PARTE I

Introdução a redes e aplicações da Internet

Uma visão geral das redes e a interface que programas utilizam para comunicar pela Internet

CAPÍTULOS

1	Introdução	3
2	Tendências da Internet	17
3	Programação em redes e aplicações da Internet.	25
4	Aplicações tradicionais da Internet	45

Introdução

- 1.1 Crescimento das redes de computadores, 3
- 1.2 Por que as redes de computadores parecem complexas, 4
- 1.3 Os cinco aspectos-chave de redes de computadores, 4
- 1.4 Partes privadas e públicas da Internet, 8
- 1.5 Redes, interoperabilidade e padrões, 9
- 1.6 Conjuntos de protocolo e modelos em camada, 10
- 1.7 Como os dados atravessam as camadas, 12
- 1.8 Cabeçalhos e camadas, 13
- 1.9 ISO e Modelo de Referência OSI de Sete Camadas, 14
- 1.10 Organização do livro, 15
- 1.11 Resumo, 16

1.1 Crescimento das redes de computadores

As redes de computadores têm crescido explosivamente. A partir dos anos 1970, a comunicação via computador transformou-se em uma parte essencial de nossa infraestrutura. A ligação de computadores em rede é usada em cada aspecto dos negócios, incluindo propaganda, produção, transporte, planejamento, faturamento e contabilidade. Consequentemente, a maioria das corporações tem múltiplas redes. As instituições de ensino, em todos os níveis, do ensino fundamental à pós-graduação, estão utilizando redes de computadores para fornecer a estudantes e professores o acesso instantâneo a informações em bibliotecas online em todo o mundo. Órgãos governamentais em níveis federal, estadual e municipal utilizam redes, assim como as organizações militares. Em resumo, as redes de computadores estão em toda parte.

O crescimento contínuo da Internet global¹ é um dos fenômenos mais interessantes e empolgantes em redes. Em 1980, a Internet era um projeto de pesquisa que envolvia algumas dezenas de sites. Hoje, ela cresceu e se tornou um sistema de comunicação produtivo que alcança milhões de pessoas em todos os países povoados do mundo. Muitos usuários já têm acesso à Internet de alta velocidade por meio das conexões a cabo (cable modem), DSL, fibra óptica e tecnologias sem fio.

O crescimento das redes de computadores também gera um impacto econômico. As redes de dados têm disponibilizado novas formas de comunicação entre os indivíduos e já mudaram a comunicação no mundo dos negócios. Além disso, uma indústria inteira surgiu e desenvolve tecnologias de rede, produtos e serviços. A popularidade e a importância das redes de computadores têm produzido novos empregos para pessoas especializadas em redes. As empresas precisam de colaboradores para planejar, adquirir, instalar, operar e gerenciar os sistemas de hardware e software que compõem as redes de computadores e as inter-redes. A adoção do conceito de *computação em nuvem* demonstra que a computação está mudando das máquinas locais para centros de dados remotos.

¹ Neste livro, optamos por escrever Internet com “I” maiúsculo, pois nos referimos à Internet global.

Como resultado, a programação de computadores não está mais restrita a computadores individuais; agora os programadores desenvolvem aplicações que se comunicam por meio da Internet.

1.2 Por que as redes de computadores parecem complexas

Como as redes de computadores são dinâmicas e mudam rapidamente, o assunto parece complexo. Existem muitas tecnologias, e cada uma delas possui características que a distingue das outras. Muitas empresas criaram serviços e produtos que frequentemente usam tecnologias de maneiras não convencionais. Além disso, as redes de computadores parecem complexas porque tecnologias podem ser usadas e combinadas de muitas maneiras diferentes.

As redes de computadores podem ser especialmente confusas para um iniciante, porque não há nenhuma teoria de base que explique o relacionamento entre todas as partes. De fato, várias empresas têm criado padrões de redes, mas alguns padrões são incompatíveis entre si. Diversas empresas e grupos de pesquisa têm tentado definir modelos conceituais capazes de explicar as diferenças e as similaridades entre os sistemas de hardware e software das redes. Infelizmente, o conjunto de tecnologias é diverso e muda tão rapidamente que os modelos ou são tão simplistas que não distinguem os detalhes ou tão complexos que não ajudam a simplificar o assunto.

A falta de coerência no campo produz outro desafio para os iniciantes: não há nenhuma terminologia simples e uniforme para os conceitos relacionados às redes de computadores, então vários grupos tentam criar sua própria terminologia. Os pesquisadores utilizam terminologias cientificamente precisas. Os setores de marketing das empresas frequentemente associam um termo técnico genérico com um produto, ou inventam novos termos meramente para distinguir seus produtos ou serviços de seus concorrentes. Dessa forma, os termos técnicos são facilmente confundidos com os nomes de produtos populares. Para aumentar mais ainda a confusão, profissionais algumas vezes usam termos técnicos de uma tecnologia ao se referirem a uma característica análoga de outra tecnologia. Consequentemente, além de um grande conjunto de termos e de siglas que contêm muitos sinônimos, o jargão das redes de computadores contém termos que são frequentemente abreviados, mal empregados ou associados com produtos.

1.3 Os cinco aspectos-chave de redes de computadores

Para dominar a complexidade das redes de computadores, é preciso olhar além dos detalhes e concentrar-se em entender os cinco aspectos-chave do assunto:

- Aplicações e programação de redes
- Comunicação de dados
- Comutação de pacotes e tecnologias de redes
- Funcionamento de redes com TCP/IP
- Conceitos adicionais de funcionamento das redes e tecnologias

1.3.1 Aplicações e programação de redes

Os serviços e as facilidades das redes são requisitados pelos usuários por meio de aplicações de software – cada aplicação é um programa aplicativo em um computador que se comunica através da rede com outro programa aplicativo que roda em outro computador. Serviços de rede abrangem um conjunto variado de atividades, tais como e-mail, transmissão e recepção de arquivos, navegação na rede, chamadas telefônicas, acessos a bancos de dados distribuídos e videoconferência. Embora cada aplicação ofereça um serviço específico com sua própria interface, todas as aplicações podem se comunicar entre si através de uma rede simples ou de redes compartilhadas. A disponibilidade de uma rede unificada que suporta todas as aplicações facilita o trabalho do programador, porque ele precisa somente aprender a interface de rede e um conjunto básico de funções – esse mesmo conjunto de funções é usado por todos os programas que se comunicam através da rede.

Como veremos, é possível entender as aplicações das redes, e mesmo escrever o código que se comunica através da rede, sem compreender as tecnologias de hardware e software usadas para transferir dados de uma aplicação para outra. Isso sugere que, uma vez que um programador domine a interface, nenhum conhecimento adicional sobre a rede é necessário. Contudo, a programação na rede é análoga à programação convencional. Embora um programador convencional possa desenvolver aplicações sem entender compiladores, sistemas operacionais ou arquiteturas de computadores, conhecer o sistema pode ajudá-lo no desenvolvimento de programas mais confiáveis, sem erros e eficientes. De modo similar, conhecer o sistema de redes permite a um programador escrever um código melhor. Isso pode ser resumido:

Um programador que entende de tecnologias e mecanismos da rede pode escrever aplicações de rede mais rápidas, mais confiáveis e menos vulneráveis.

1.3.2 Comunicação de dados

O termo *comunicação de dados* se refere ao estudo de tecnologias e mecanismos de baixo nível usados para enviar informação através de um meio de comunicação físico, como um fio, uma onda de rádio ou um feixe de luz. Comunicação de dados, que tem como foco as maneiras com que fenômenos físicos transferem informação, é domínio principalmente da engenharia elétrica. Engenheiros projetam e constroem uma grande variedade de sistemas de comunicação. Muitas das ideias básicas que os engenheiros necessitam são derivadas das propriedades da matéria e da energia descobertas pelos físicos. Por exemplo, veremos que as fibras ópticas usadas para transferir dados em alta velocidade confiam nas propriedades da luz e na sua reflexão em um limite entre dois tipos de matéria.

Como lida com conceitos físicos, a comunicação de dados pode parecer irrelevante para a compreensão do trabalho em rede. Em particular, devido ao fato de muitos termos e conceitos estarem relacionados com fenômenos físicos, o assunto pode parecer útil somente para os engenheiros projetistas de facilidades de transmissão de baixo nível. Por exemplo, as técnicas de modulação que usam formas físicas de energia, como radiação eletromagnética, para transportar informações, parecem ser irrelevantes para o projeto e o uso de protocolos. Contudo, veremos que vários conceitos-chave que são a base para a comunicação de dados influenciam o projeto dos protocolos de comunicação. No caso

da modulação, o conceito de largura de banda está diretamente relacionado com o de velocidade de rede.

Como um caso específico, a comunicação de dados introduz a noção de multiplexação, que permite que informações de múltiplas fontes sejam combinadas para serem transmitidas através de um meio físico e mais tarde separadas para a entrega a vários destinatários. Veremos que multiplexação não está restrita à transmissão física – a maioria dos protocolos incorporam algumas formas de multiplexação. De modo similar, o conceito de criptografia introduz na comunicação de dados as formas básicas utilizadas na maioria das técnicas de segurança de redes. Essa importância pode ser resumida assim:

Embora lide com muitos detalhes de baixo nível, a comunicação de dados fornece uma fundamentação de conceitos com base nos quais o restante do trabalho em rede é construído.

1.3.3 Comutação de pacotes e tecnologias de redes

Na década de 1960, um novo conceito revolucionou a comunicação de dados: comutação de pacotes. A comunicação de redes tinha evoluído dos sistemas de telégrafo e telefone que conectavam pares de fios entre duas partes para formar um circuito de comunicação. Embora a conexão mecânica de fios estivesse sendo substituída por circuitos eletrônicos, o paradigma continuava o mesmo: é formado um circuito, e então a informação é enviada através dele. A comutação de pacotes mudou as redes de maneira fundamental e forneceu a base da Internet moderna: em vez de formar um circuito dedicado, pacotes e comutação permitem a múltiplos remetentes transmitir dados sobre uma rede compartilhada. A comutação de pacotes é construída com os mesmos mecanismos fundamentais de comunicação de dados utilizados no sistema de telefone, mas usa os mecanismos de uma maneira nova. A comutação de pacotes divide os dados em pequenos blocos, chamados pacotes, e inclui uma identificação do destinatário pretendido em cada pacote. Aparelhos localizados ao longo de cada rede têm informações sobre como alcançar cada possível destino. Quando o pacote chega em um dos aparelhos, este escolhe o caminho por onde enviar o pacote e assim ele eventualmente alcança o destino correto.

Na teoria, a comutação de pacotes é simples. Contudo, muitos projetos são possíveis, dependendo das respostas às questões básicas. Como um destino poderia ser identificado e como um remetente descobre a identificação de um destino? Qual o maior tamanho possível de um pacote? Como uma rede pode descobrir o fim de um pacote e o início de outro pacote? Se muitos computadores estão enviando pacotes para uma rede, como garantir que cada um tenha a mesma possibilidade de enviar? Como a comutação de pacotes pode adaptar-se a uma rede sem fio? Como as tecnologias de comutação de pacotes podem ser projetadas para atender às várias exigências de velocidade, distância e custos econômicos? Muitas respostas têm sido propostas e muitas tecnologias de comutação de pacotes têm sido criadas. De fato, quando alguém estuda redes comutadas de pacotes, chega a uma conclusão fundamental:

Como cada tecnologia de rede é criada para atender às várias exigências de velocidade, distância e custo econômico, existem muitas tecnologias de comutação de pacotes. As tecnologias diferem nos detalhes, tais como o tamanho dos pacotes e o método usado para identificar o destino.

1.3.4 Ligação inter-redes com TCP/IP

Na década de 1970, surgiu outra revolução na rede de computadores: o conceito de Internet. Muitos pesquisadores estudaram a comutação de pacotes em busca de uma tecnologia simples de comutação de pacotes que pudesse atender a todas as necessidades. Em 1973, Vinton Cerf e Robert Kahn concluíram que nenhuma tecnologia de comutação de pacotes simples poderia satisfazer todas as necessidades, especialmente porque, se isso fosse possível, seriam desenvolvidas tecnologias de baixa capacidade para as casas e os escritórios com custo extremamente baixo. A solução foi parar de tentar encontrar uma solução mais simples e, em vez disso, explorar a interconexão entre as muitas tecnologias de comutação de pacotes em busca de um funcionamento global. Eles propuseram o desenvolvimento de um conjunto de padrões para tal interconexão, e o resultado tornou-se conhecido como *família TCP/IP de protocolos da Internet* (usualmente abreviado como *TCP/IP*). O conceito, agora conhecido como *ligação inter-rede* (*internetworking*), é extremamente poderoso. Ele fornece a base para a Internet global e é um elemento importante do estudo do funcionamento das redes de computadores.

Uma das principais razões do sucesso dos padrões TCP/IP é a sua tolerância à heterogeneidade. Em vez de tentar definir detalhes sobre as tecnologias de comutação de pacotes, tais como os tamanhos dos pacotes e o método usado para identificar o destino, TCP/IP usa o enfoque de virtualização, que define pacotes independentes de rede e um esquema de identificação também independente de rede, e então especifica como os pacotes virtuais são mapeados dentro de cada rede subjacente.

A habilidade do TCP/IP de tolerar novas redes de comutação de pacotes é a maior razão para a evolução contínua das tecnologias de comutação de pacotes. À medida que a Internet cresce, computadores tornam-se mais poderosos e aplicações enviam mais dados, especialmente fotos e vídeos. Para acomodar o crescimento de uso, os engenheiros inventam novas tecnologias que podem transmitir mais dados e processar mais pacotes em um dado tempo. À medida que são inventadas, as novas tecnologias são incorporadas à Internet e às tecnologias existentes. Isto é, como a Internet tolera heterogeneidade, os engenheiros podem experimentar novas tecnologias de funcionamento de redes sem romper com as redes existentes. Para resumir:

A Internet é formada pela interconexão de múltiplas redes de comutação de pacotes. O funcionamento da Internet é substancialmente mais poderoso do que o de uma tecnologia simples de rede, porque o enfoque permite que novas tecnologias sejam incorporadas ao mesmo tempo sem exigir a substituição das tecnologias antigas como um todo.

1.3.5 Conceitos adicionais de funcionamento das redes e tecnologias

Além do hardware e dos protocolos usados para construir redes, um conjunto grande de tecnologias adicionais fornece importantes capacidades. Por exemplo, tecnologias de avaliação da performance da rede permitem que telefones IP e dados multimídia circulem na infraestrutura comutada de pacotes mantendo a rede segura. Facilidades de gerenciamento de rede convencional e *Software Defined Networking* (SDN) permitem a gerentes configurar e controlar as redes, e a Internet das Coisas (IoT, *Internet of Things*) torna isso possível através de sistemas instalados na Internet.

A SDN e a IoT se destacam por serem novas e terem recebido considerável atenção rapidamente. A SDN propõe um paradigma completamente novo para controlar e gerenciar os sistemas de rede. O projeto tem consequências econômicas e poderia promover uma mudança significativa na maneira como a rede funciona.

Outra mudança na Internet envolve o deslocamento da comunicação entre um ou mais humanos para a IoT, que permite que aparelhos com autonomia comuniquem-se sem a intervenção do ser humano. Por exemplo, tecnologias de automação das residências farão com que os aparelhos domésticos otimizem os custos de consumo de energia por meio de agendamento, para operar quando as taxas de energia são mais baratas (por exemplo, à noite). Como resultado, o número de aparelhos conectados à Internet crescerá drasticamente.

1.4 Partes privadas e públicas da Internet

Embora a Internet funcione como um sistema de comunicação simples, ela é composta por partes que são de propriedade e operada por indivíduos e organizações. Para ajudar no esclarecimento de propriedade e propósito, a indústria usa os termos *rede pública* e *rede privada*.

1.4.1 Rede pública

A *rede pública* funciona como um serviço que é disponibilizado para seus assinantes. Qualquer indivíduo ou instituição que pague a taxa de assinatura pode usar a rede. A companhia que fornece serviço de comunicação é conhecida como um *provedor de serviço*. O conceito de um provedor de serviço é muito abrangente e vai além dos *provedores de serviços de internet* (ISPs, *Internet Service Providers*). De fato, a terminologia foi criada pelas companhias que ofereciam serviço de telefone de voz analógico. Para resumir:

Uma rede pública é de propriedade de um provedor de serviço e fornece serviço para qualquer indivíduo ou organização que pague a taxa de assinatura.

É importante compreender que o termo *público* refere-se ao fato de o serviço estar disponível para todos de forma geral; no entanto, os dados que transitam na rede do referido serviço não estão disponíveis. Em particular, muitas redes públicas seguem regras estritas do governo que exigem do provedor a proteção contra a espionagem ocasional. Ou seja:

O termo público significa que o serviço está disponível para o público em geral; os dados transferidos através da rede pública não são revelados para pessoas não autorizadas.

1.4.2 Rede privada

A *rede privada* é controlada por um grupo particular. Embora isso possa parecer simples, a distinção entre partes pública e privada da Internet pode ser sutil, pois o controle nem sempre implica propriedade. Por exemplo, se uma empresa aluga um circuito de dados de um provedor que restringe o uso de circuito em termos de tráfego, o circuito torna-se parte da rede privada da empresa. Em síntese:

A rede é dita privada se o seu uso é restrito a um grupo. A rede privada pode incluir um circuito alugado de um provedor de serviço.

Vendedores de equipamentos de rede dividem redes privadas em quatro categorias:

- Consumidor
- Pequenos escritórios/escritórios domésticos
- Pequenos e médios negócios
- Grandes empresas

Como as categorias são relacionadas a vendas e mercado, a terminologia está definida de forma ambígua. Embora seja possível encontrar uma descrição qualitativa de cada tipo, não é possível encontrar uma definição exata. Por isso, os parágrafos abaixo fornecem uma definição ampla de tamanho e propósito, em vez de características detalhadas.

Consumidor. Uma das formas mais baratas de redes privadas é a rede proprietária de um indivíduo – se um indivíduo compra um comutador (*switch*) de rede barato e conecta uma impressora a um PC, ele cria uma rede privada. De modo análogo, um consumidor pode comprar e instalar um roteador wireless para ter em sua casa uma conexão Wi-Fi. Tal instalação é uma rede privada.

Pequenos escritórios/escritórios domésticos. (SOHO, *Small Office/Home Office*). Uma rede SOHO é ligeiramente maior do que uma rede de um consumidor. Uma rede SOHO típica conecta dois ou mais computadores, uma ou mais impressoras; ou um roteador conecta o escritório à Internet e, possivelmente, a outros aparelhos, tais como uma caixa registradora e uma máquina de verificação de cartão de crédito. A maioria das redes SOHO instaladas tem um sistema de força sobressalente, com baterias e outros mecanismos que permitem o funcionamento da rede sem interrupção.

Pequenos e médios negócios (SMB, *Small-to-Medium Business*). Uma rede SMB pode conectar muitos computadores dentro de vários escritórios em um mesmo edifício e pode incluir computadores para facilitar a produção (por exemplo, o departamento de expedição). Frequentemente, uma rede SMB contém vários circuitos de redes interconectados por roteador, usa uma Internet de banda larga de alta velocidade e pode incluir vários aparelhos wireless que fornecem conexões Wi-Fi.

Grandes empresas. Uma rede de grande empresa fornece a infraestrutura de TI necessária para as grandes organizações. Uma típica rede utilizada por uma grande empresa conecta vários lugares geograficamente distantes com vários prédios em cada lugar, usa muitos comutadores e roteadores e tem duas ou mais conexões de alta velocidade com a Internet global. Redes de grandes empresas normalmente incluem tecnologias de redes cabeadas e wireless.

Para resumir:

Uma rede privada pode servir tanto um consumidor individual quanto um pequeno escritório, um pequeno ou médio negócio ou uma grande empresa.

1.5 Redes, interoperabilidade e padrões

Comunicação sempre envolve pelo menos duas entidades, uma que envia a informação e outra que a recebe. De fato, veremos que a maioria dos sistemas de comunicação de

comutação de pacotes contém entidades intermediárias (isto é, aparelhos que passam para frente os pacotes). O ponto importante é que, para a comunicação ser bem sucedida, todas as entidades da rede devem estar de acordo com relação ao modo como a informação será representada e comunicada. Acordos de comunicação envolvem muitos detalhes. Por exemplo, quando duas entidades comunicam-se através de uma rede com fio, ambos os lados devem definir a voltagem a ser usada, a maneira exata com que os sinais elétricos são usados para representar dados, os procedimentos usados para iniciar e conduzir a comunicação e o formato das mensagens.

O termo *interoperabilidade* se refere à habilidade de duas entidades para comunicar-se. Se duas entidades podem se comunicar sem qualquer desentendimento, elas *interoperam* corretamente. Para assegurar que todas as partes da comunicação concordam de forma detalhada e seguem as mesmas regras, um conjunto exato de especificações é escrito abaixo. Para resumir:

A comunicação envolve várias entidades que devem concordar em detalhes a respeito da variação da voltagem elétrica usada para o formato e o significado das mensagens. Para assegurar que as entidades possam interoperar corretamente, as regras para todos os aspectos de comunicação são escritas abaixo.

Seguindo a terminologia diplomática, são usados os termos *protocolo de comunicação*, *protocolo de rede* ou *protocolo* para referenciar a especificação para a comunicação de rede. Um dado protocolo pode especificar detalhes de baixo nível, como o tipo de transmissão de rádio usada em uma rede sem fio, ou descrever mecanismos de alto nível, como a mensagem que dois programas aplicativos trocam. É dito que o protocolo pode definir um procedimento a ser seguido durante uma troca. Um dos mais importantes aspectos de um protocolo está relacionado com as situações nas quais um erro ou condição inesperada ocorre. Dessa forma, um protocolo normalmente explica a ação apropriada a ser realizada em cada possível condição anormal (isto é, a resposta é esperada, mas nenhuma resposta chega). Em síntese:

Um protocolo de comunicação especifica os detalhes para um aspecto da comunicação de computadores, incluindo as ações a serem realizadas quando erros ou situações inesperadas ocorrem. Um dado protocolo pode especificar detalhes de baixo nível, como a voltagem e os sinais que devem ser usados, ou os itens de alto nível, como o formato das mensagens que os programas aplicativos trocam.

1.6 Conjuntos de protocolo e modelos em camada

Um conjunto de protocolos deve ser construído cuidadosamente para assegurar que o sistema de comunicação resultante seja completo e eficiente. Para evitar duplicação de esforço, cada protocolo deve manipular a parte da comunicação que não seja manipulada por outros protocolos. Como é possível garantir que os protocolos trabalharão bem juntos? A resposta está no plano de projeto como um todo: em vez de serem criados de forma isolada, os protocolos são projetados como um todo, formando conjuntos cooperativos chamados de *suítes* ou *famílias*. Cada protocolo de uma suíte manipula um aspecto da comunicação; juntos, os protocolos de uma suíte cobrem

todos os aspectos de comunicação, incluindo falhas de hardware e outras condições excepcionais. Além disso, a suíte inteira é projetada para permitir que os protocolos trabalhem juntos eficientemente.

A abstração fundamental usada para coletar protocolos dentro de um todo unificado é conhecida como modelo em camadas. Na essência, um modelo em camadas descreve como todos os aspectos de um problema de comunicação podem ser particionados em peças que trabalham juntas. Cada peça é conhecida como camada; a terminologia se refere à organização dos protocolos na suíte, onde ficam distribuídos em uma sequência linear. Dividir os protocolos em camadas ajuda ambos projetistas e implementadores de protocolos a gerenciarem a complexidade por permitir que eles se concentrem em apenas um aspecto em um dado momento.

A Figura 1.1 ilustra o conceito, mostrando o modelo em camadas usado com os protocolos Internet. A aparência visual das figuras usadas para ilustrar camadas tem levado ao termo coloquial *pilha*. O termo é usado para referenciar o software do protocolo no computador, como na questão: “Em qual computador roda a pilha TCP/IP?”.

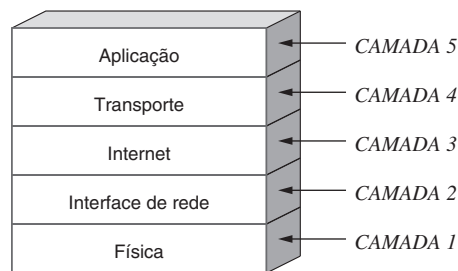


Figura 1.1 O modelo em camadas usado com os protocolos Internet (TCP/IP).

Os últimos capítulos o ajudarão a compreender melhor as camadas, porque explicam os protocolos em detalhe. O que vimos até agora é suficiente para entender o propósito geral de cada camada e como os protocolos são usados para a comunicação. A próxima seção resume o papel das camadas; a última seção examina como os dados passam através das camadas quando os computadores se comunicam.

Camada 1: física

Protocolos na camada *física* especificam detalhes sobre o meio de transmissão e o hardware associado. Todas as especificações relacionadas às propriedades elétricas, às frequências de rádio e aos sinais pertencem à camada 1.

Camada 2: interface de rede² ou MAC

Protocolos na camada *MAC* especificam os detalhes relativos à comunicação sobre uma rede simples e a interface entre o hardware da rede e a camada 3, a qual é implementada usualmente por software. Especificações sobre os endereços de rede, o tamanho máximo

² Embora o projetista do TCP/IP tenha usado o termo *interface de rede* e algumas organizações normatizadas prefiram o termo *link de dados*, o termo MAC é o mais utilizado na indústria.

do pacote que a rede pode suportar, os protocolos usados para acessar o meio e o endereçamento de hardware pertencem à camada 2.

Camada 3: Internet

Protocolos na camada *Internet* formam a base fundamental para a Internet. Protocolos da camada 3 especificam a comunicação entre dois computadores por meio da Internet (isto é, por meio de várias redes interconectadas). A estrutura de endereçamento da Internet, o formato dos pacotes da Internet, o método para dividir um grande pacote em pacotes menores para a transmissão e os mecanismos para relatar erros pertencem à camada 3.

Camada 4: transporte

Protocolos na camada de *transporte* viabilizam a comunicação de um programa aplicativo de um computador com um programa aplicativo em outro. Especificações que controlam a taxa máxima que um receptor pode aceitar dados, os mecanismos para evitar congestionamento de rede e as técnicas para assegurar que todos os dados são recebidos na ordem correta pertencem à camada 4.

Camada 5: aplicação

Protocolos na camada do topo da pilha TCP/IP especificam como um par de aplicações interage quando eles se comunicam. Os protocolos da camada 5 especificam detalhes sobre o formato e o significado das mensagens que aplicações podem trocar, assim como os procedimentos que devem ser seguidos durante a comunicação. Essencialmente, quando um programador constrói uma aplicação que se comunica através da rede, ele cria um protocolo da camada 5. Especificações para troca de e-mail, transferência de arquivo, navegação na Web, serviço de telefone por voz, aplicações em smartphone e videoconferência pertencem à camada 5.

1.7 Como os dados atravessam as camadas

Uma camada não é um conceito meramente abstrato que pode ajudá-lo a entender o que são protocolos. Implementações de protocolo seguem o modelo de camadas porque passam a saída de um protocolo para a entrada de um protocolo da próxima camada. Além disso, para ser eficiente, em vez de copiar um pacote inteiro, um par de protocolos nas camadas adjacentes passa um apontador para o pacote. Dessa forma, dados atravessam camadas eficientemente.

Para entender como os protocolos operam, considere dois computadores conectados em uma rede. A Figura 1.2 ilustra protocolos em camadas em dois computadores. Como a figura mostra, cada computador contém um conjunto de protocolos em camada.

Quando uma aplicação envia dados, eles são colocados dentro do pacote, e o pacote desce através de cada camada dos protocolos. Uma vez que tenha atravessado todas as camadas dos protocolos no computador que envia dados, o pacote deixa

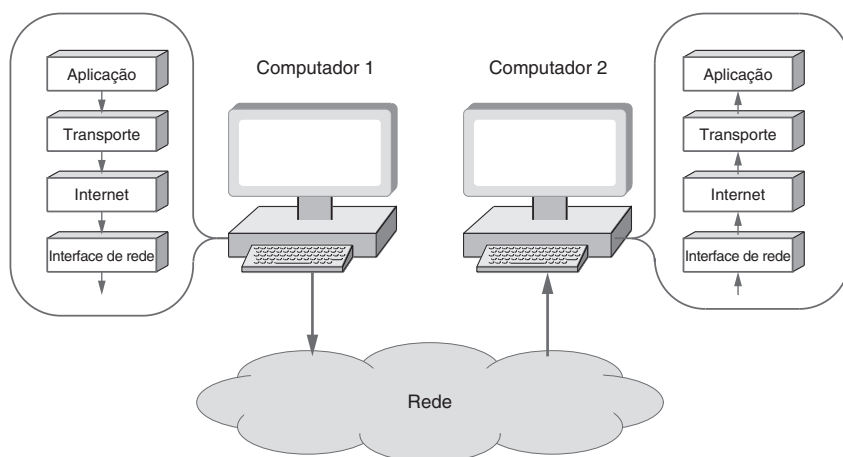


Figura 1.2 Ilustração de como os dados atravessam as camadas do protocolo quando computadores se comunicam através da rede. Cada computador tem um conjunto de protocolos em camada e dados atravessam cada camada.

o computador e é transmitido através da rede física³. Quando alcança o computador destinatário, o pacote sobe através das camadas dos protocolos. Se a aplicação no computador destinatário envia uma resposta, o processo é invertido. Isto é, a resposta desce através das camadas na sua forma de saída e sobe através das camadas no computador que recebe a resposta.

1.8 Cabeçalhos e camadas

Cada camada do software do protocolo executa um processamento que assegura que as mensagens chegam como esperado. Para executar tal processamento, o software do protocolo das duas máquinas troca informação. Para fazer isso, cada camada no computador remetente anexa informação extra dentro do pacote; a camada do protocolo correspondente no computador destinatário remove e usa essa informação.

A informação adicionada ao pacote pelo protocolo é conhecida como *cabeçalho* (*header*). Para compreender como os cabeçalhos aparecem, pense em um pacote viajando através da rede entre os dois computadores da Figura 1.2. Cabeçalhos são adicionados pelo software do protocolo conforme os dados descem através das camadas no computador remetente. Isto é, a camada de transporte anexa um cabeçalho, e então a camada Internet anexa um cabeçalho e assim por diante. Dessa forma, se há um pacote atravessando a rede, os cabeçalhos aparecerão na ordem ilustrada pela Figura 1.3.

Embora a figura mostre os cabeçalhos com o mesmo tamanho, na prática eles não têm um tamanho uniforme, e o cabeçalho da camada física é opcional. Você compreenderá a razão de tamanhos díspares quando examinarmos os conteúdos de cabeçalho. Também veremos que a camada física usualmente especifica como os sinais são usados

³ A Figura 1.2 mostra apenas uma rede. Quando estudarmos arquitetura de Internet, conheceremos dispositivos chamados *roteadores* e aprenderemos como as camadas de protocolos operam na Internet.

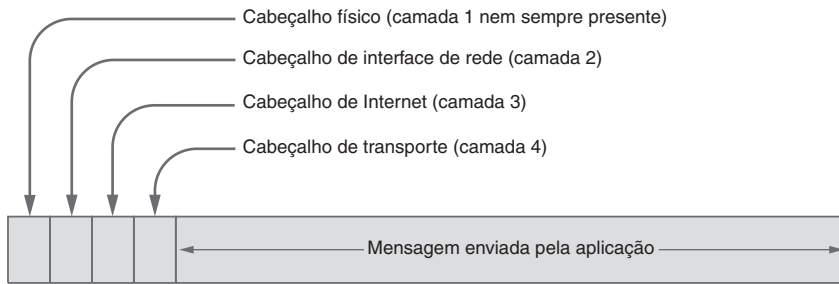


Figura 1.3 Cabeçalhos de protocolo agrupados que aparecem em um pacote quando ele é transferido através de uma rede entre dois computadores. No diagrama, o início do pacote (o primeiro bit enviado pela rede) é mostrado na esquerda.

para transmitir dados, o que significa que o pacote não contém um cabeçalho explícito na camada física.

1.9 ISO e Modelo de Referência OSI de Sete Camadas

Ao mesmo tempo que os protocolos da Internet estavam sendo desenvolvidos, duas grandes corporações de padronização criaram conjuntamente um modelo de referência alternativo. Elas também criaram o conjunto OSI de protocolos inter-rede como competidor dos protocolos Internet. As organizações são:

- International Organization for Standardization (ISO)
- Telecommunication Standardization Sector of the International Telecommunications Union (ITU)⁴

O modelo de camadas ISO é conhecido como *Open Systems Interconnection Seven-Layer Reference Model*. Uma confusão surgiu na terminologia devido ao acrônimo dos protocolos, OSI, e o acrônimo da organização, ISO, que são parecidos. Essa confusão é a provável causa de que sejam encontradas ambas as denominações: *modelo de sete camadas OSI* e *modelo de sete camadas ISO*.

Com o tempo, ficou claro que a tecnologia TCP/IP é tecnicamente superior à OSI e, em poucos anos, os esforços para desenvolver e implantar os protocolos OSI foram interrompidos. As corporações de padronização ficaram com o modelo de sete camadas, que não inclui uma camada Internet. Consequentemente, por vários anos elas têm tentado estender as definições do modelo de sete camadas para igualá-lo ao TCP/IP. Elas argumentam que a camada 3 poderia ser considerada uma camada Internet e que alguns elementos do protocolo de suporte podem ser colocados dentro das camadas 5 e 6. Talvez o mais irônico da história seja que muitos departamentos de marketing e mesmo engenheiros ainda se referem às aplicações como *protocolos de sete camadas*, mesmo sabendo que os protocolos Internet usam somente cinco camadas e que as camadas 5 e 6 dos protocolos ISO são desnecessárias.

⁴ Quando o padrão foi criado, a ITU era conhecida como *Consultative Committee for International Telephone and Telegraph* (CCITT).

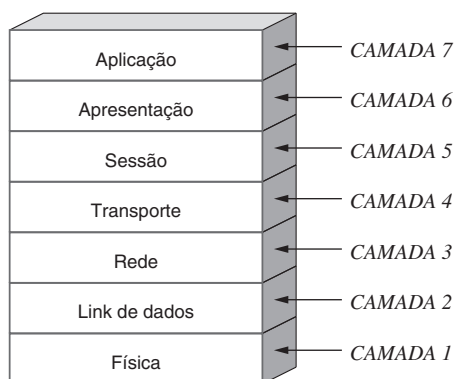


Figura 1.4 O modelo de sete camadas OSI padronizado pela ISO.

1.10 Organização do livro

Este livro está dividido em cinco partes maiores. Depois de uma breve introdução, os capítulos da primeira parte introduzem aplicações em rede e programação em redes. Além de ler os textos, leitores que tenham acesso a computadores são encorajados a construir e usar programas aplicativos que utilizam a Internet. As outras quatro partes explicam como funcionam as tecnologias. A segunda parte descreve a comunicação de dados e a transmissão de informação. Ela explica como energias elétrica e eletromagnética podem ser usadas para transmitir informação através dos fios e através do ar, além de mostrar como os dados são transmitidos.

A terceira parte do texto foca na comutação de pacotes e nas tecnologias de pacotes. Ela explica por que redes de computadores usam pacotes, descreve o formato geral dos pacotes, examina como eles são codificados para transmissão e mostra como cada pacote é enviado através da rede para seu destino. A terceira parte do livro também introduz categorias básicas de redes de computadores, como redes locais (LANs, *Local Area Networks*) e redes de longo alcance (WANs, *Wide Area Networks*). Os capítulos descrevem as propriedades de cada categoria e discutem exemplos de tecnologias.

A quarta parte do texto aborda a ligação inter-redes e o conjunto associado de protocolos da Internet TCP/IP. O texto descreve a estrutura da Internet e dos protocolos TCP/IP. Ele explica o esquema de endereçamento IP e o mapeamento entre endereços Internet e endereços de hardware. Ele também discute o roteamento Internet e os protocolos de roteamento. A quarta parte inclui a descrição de vários conceitos fundamentais, incluindo: encapsulamento, fragmentação, congestionamento e controle de fluxo, conexões virtuais, endereçamentos IPv4 e IPv6, tradução de endereço, *bootstrapping* e vários protocolos de suporte.

A quinta parte do texto discorre sobre uma variedade de tópicos que pertencem à rede como um todo, e não às suas partes individuais. Depois de um capítulo sobre desempenho de rede, outros capítulos abordam tecnologias emergentes, segurança de rede, gerenciamento de rede e as recentes *software defined networking* e Internet das Coisas.

1.11 Resumo

O grande conjunto de tecnologias, produtos e esquemas de interconexão tornam a rede um assunto complexo. Existem cinco aspectos-chave: aplicações em rede e programação em rede, comunicação de dados, comutação de pacotes e tecnologias de rede, ligação inter-redes com TCP/IP e tópicos que transpassam as camadas, tais como segurança e gerenciamento de rede.

Como há várias entidades envolvidas na comunicação, elas devem concordar nos detalhes, incluindo as características elétricas, tal como voltagem, o formato e o significado de todas as mensagens. Para garantir a interoperabilidade, cada entidade é construída para obedecer um conjunto de protocolos de comunicação que especifica todos os detalhes necessários para a comunicação. Para assegurar que os protocolos trabalhem juntos e lidem com todos os aspectos da comunicação, um conjunto inteiro de protocolos é concebido ao mesmo tempo. A abstração principal em torno da qual são construídos os protocolos é conhecida como *modelo em camadas*. Camadas ajudam a reduzir a complexidade por permitir que um engenheiro foque em um aspecto da comunicação em um certo momento, sem se preocupar com outros aspectos. Os protocolos TCP/IP usados na Internet seguem o modelo de referência de cinco camadas; as companhias de telefone e a Internacional Standards Organization (ISO) propuseram um modelo de referência de sete camadas.

Exercícios

- 1.1 Procure identificar na Web razões para o crescimento da Internet nos últimos anos.
- 1.2 Liste dez indústrias que dependem de redes de computadores.
- 1.3 De acordo com o texto, é possível desenvolver aplicações para a Internet sem entender a arquitetura da Internet e das tecnologias? Explique sua resposta.
- 1.4 A que aspectos das redes de computadores a *comunicação de dados* se relaciona?
- 1.5 O que é comutação de pacotes e por que ela é relevante para a Internet?
- 1.6 Forneça um breve histórico da Internet descrevendo quando e como ela iniciou.
- 1.7 O que é interoperabilidade e por que ela é especialmente importante para a Internet?
- 1.8 O que é um protocolo de comunicação?
- 1.9 O que é um conjunto de protocolo e qual é a vantagem dele?
- 1.10 Descreva o modelo em camadas TCP/IP e explique como foi criado.
- 1.11 Liste as camadas do modelo TCP/IP e explique resumidamente cada uma delas.
- 1.12 Explique como os cabeçalhos são adicionados e removidos à medida que os dados passam através das pilhas de protocolos em camadas.
- 1.13 Liste as maiores organizações de padronização que criam padrões para comunicação de dados e redes de computador.