

A maior rede de computadores do mundo, a internet, tem mais de um bilhão de usuários. Usando meios de transmissão com e sem fio, esse sistema conecta computadores de pequeno e grande porte, permite que usuários compartilhem uma enorme quantidade de informações, e possibilita a comunicação entre pessoas que vivem em locais distantes. Este capítulo tem como tema é o objetivo principal deste livro. Nesse capítulo, entretanto, temos dois objetivos. O primeiro é fornecer uma visão geral da internet como uma *internetwork* (rede de redes) e discutir os componentes que a compõem. Parte do nosso primeiro objetivo é também introduzir o modelo de camadas de protocolo e adquirir uma visão inicial sobre a pilha de protocolos TCP/IP. Em outros palavras, o primeiro objetivo é preparar o leitor para os demais capítulos do livro. O nosso segundo objetivo é proporcionar informações pertinentes que não são, entretanto, necessárias para compreender o restante do livro. Dividimos este capítulo em quatro seções.

- Na primeira seção, introduzimos o conceito de redes locais (LANs – Local Area Networks) e redes de longa distância (WANs – Wide Area Networks) e apresentamos as definições básicas destes dois tipos de redes. Definimos uma *internetwork*, ou internet, como uma combinação de LANs e WANs. Também mostramos como uma conexão pode ser criada entre duas redes locais e como uma conexão pode ser criada entre duas redes de longa distância. Em seguida, introduzimos a internet como um conjunto de redes globais composta por *backbones* (espinha dorsal), provedores de rede e redes de clientes.
- Na segunda seção, usamos o conceito de protocolos em camadas para mostrar como a tarefa de se realizar pela internet é dividida em tarefas menores. Discutimos as cinco camadas que compõem a pilha de protocolo TCP/IP e introduzimos seus atributos e os protocolos delas envolvidos. Discutimos também dois conceitos desse modelo: encapsulamento/dencapsulamento e multiplexação/demultiplexação.
- Na terceira seção, mostramos uma breve história da internet para os leitores interessados. Essa seção pode ser ignorada sem que haja perda de continuidade do texto.
- Na quarta seção, apresentamos a administração da internet e definimos os seus papéis e respectivos tempos de resposta. Essa seção é apenas informativa e não é necessária para compreender o restante do livro.

1.1 VISÃO GERAL DA INTERNET

Embora o objetivo deste livro seja discutir a internet, um sistema que interliga bilhões de computadores, vamos começar com uma visão geral da internet. Primeiro, vamos definir a internet (*internetwork*), uma combinação de redes. Portanto, começamos nossa jornada definindo uma rede. Em seguida, mostramos como podemos conectar redes para criar pequenas *inter-redes* e, por fim, mostraremos a estrutura da internet e abreviemos o caminho para estudar nos próximos dez capítulos.

1.1.1 Redes

Uma rede é a interligação de um conjunto de dispositivos capazes de se comunicar. Nesta definição, um dispositivo pode ser um *host* (ou um sistema final, como às vezes é chamado), tal como um grande computador, *desktop*, *laptop*, estação de trabalho, telefone celular ou sistema de segurança. Um dispositivo nessa definição também pode ser um dispositivo de conexão, tal como um roteador, que liga uma rede a outras redes, um *switch* (ou comutador) que liga dispositivos entre si, um concentrador de rede que conecta vários dispositivos a uma única rede, ou um dispositivo ativo em uma rede são conectados usando meios de transmissão com ou sem fio, como cabo ou ar. Quando conectamos dois computadores em casa usando um roteador *plug-and-play*, criamos uma rede, embora muito pequena.

Rede local

Uma rede local LAN – Local Area Network) geralmente é uma propriedade privada e conecta computadores e dispositivos de uma única organização. Uma LAN pode ser simples como apenas dois computadores e uma impressora no escritório da casa de alguém, ou pode se estender por toda a empresa e incluir dispositivos de áudio e vídeo. Cada *host* em uma LAN possui um identificador, ou seja, um endereço que o define de forma única na LAN. Um pacote enviado de um *host* para outro carrega tanto o endereço do *host* de origem como o de destino.

No passado, todos os *hosts* em uma rede eram conectados por meio de um cabo compartilhado, o que era conhecido como rede de barramento. Hoje, a maioria das LANs usa um mecanismo de conexão indelével por meio de um *switch*, que é capaz de reconhecer o endereço de destino do pacote e encaminhá-lo a seu destino sem enviá-lo a todos os outros *hosts*. O *switch* alivia o tráfego na LAN e permite que mais de um par de *hosts* se comuniquem uns com os outros ao mesmo tempo, caso não haja uma fonte ou destino em comum entre cada par. Note que essa definição não define o número mínimo ou máximo de *hosts* em uma LAN. A Figura 1.1 mostra uma LAN usando um cabo compartilhado ou um *switch*.

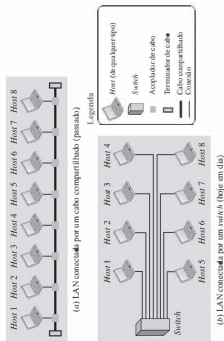


Figura 1.1 LAN isolada no passado e hoje em dia.

LANs serão discutidas em mais detalhes nos Capítulos 5 e 6.

Quando LANs eram usadas isoladamente (o longo do tempo, foram projetadas para permitir que dispositivos se comuniquem no mesmo espaço físico), eram projetadas para permitir que dispositivos se comuniquem no mesmo espaço físico, eram projetadas para permitir que dispositivos se comuniquem no mesmo espaço físico, eram projetadas para permitir que dispositivos se comuniquem no mesmo espaço físico.

Rede de longa distância

Uma rede de longa distância (WAN – Wide Area Network) é também uma interligação de dispositivos capazes de se comunicar. No entanto, existem algumas diferenças entre uma LAN e uma WAN. A LAN normalmente tem tamanho limitado, estendendo-se por um escritório, edifício ou campus, um país, ou mesmo o mundo. Uma LAN geralmente usa uma WAN interliga dispositivos de conexão como *switches*, roteadores ou modems. Uma LAN normalmente é propriedade privada da organização que a utiliza, para sua vez, costuma ser criada e operada por empresas de comunicação e alugado por uma organização que a utiliza. Encontramos dois exemplos distintos de WANs hoje em dia: WANs ponto a ponto e WANs comutadas (ou WANs de comutação).

WAN ponto a ponto

Uma WAN ponto a ponto é uma rede que conecta dois dispositivos de comunicação usando um único enlace de rede. Veremos exemplos de WANs ponto a ponto quando discutirmos as conexões entre as redes. A Figura 1.2 mostra um exemplo de uma WAN ponto a ponto.



Figura 1.2 WAN ponto a ponto.

WAN comutada

Uma WAN comutada é uma rede com mais de duas extremidades. A WAN comutada, como veremos em breve, é utilizada na *backbone* das comunicações globais atuais. Podemos dizer que uma WAN comutada é uma combinação de várias WANs ponto a ponto que são ligadas por meio de *switches*. A Figura 1.3 mostra um exemplo de uma WAN comutada.

Interconexão de redes: internetwork

Atualmente, é raro ver uma LAN ou WAN isolada, pois elas são conectadas umas às outras. Quando duas ou mais redes estão conectadas, elas criam uma *internetwork* ou *internet*. Como exemplo, suponhamos que uma organização tem dois escritórios: um na costa oeste e outro na costa leste dos Estados Unidos. Cada escritório tem uma LAN que permite que todos os funcionários naquele escritório se comuniquem entre si. Para que a comunicação entre funcionários de diferentes escritórios seja possível, os dois escritórios precisam estar conectados. Uma WAN comutada pode ser usada para conectar as duas LANs. Agora, a empresa tem uma *internetwork*, ou uma internet privada (com 1 minúsculo). A comunicação entre os escritórios não é possível. A Figura 1.4 mostra essa internet.

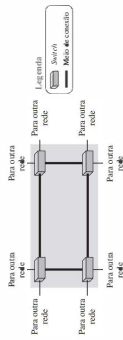


Figura 1.3 WAN comutada.

WANs serão discutidas em mais detalhes nos Capítulos 5 e 6.

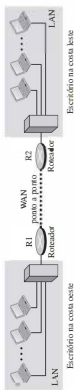


Figura 1.4 Internet comutada composta de duas LANs e uma WAN ponto a ponto.

Quando um *host* no escritório da costa oeste envia uma mensagem para outro *host* no mesmo escritório, o roteador bloqueia a mensagem para ser enviada ao destino. Por outro lado, quando um *host* na costa oeste envia uma mensagem a um *host* na costa leste, o roteador R1 encaminha o pacote para o roteador R2, e o pacote chega ao seu destino.

A Figura 1.5 mostra outra internet com várias LANs e WANs conectadas. Uma das WANs é uma WAN comutada com quatro *switches*.

1.1.2 Comutação

Dizemos que uma internet é uma combinação de enlaces (ou *links*) e *switches*, como os *switches* da camada de enlace e os roteadores que atuam na camada de rede. Na verdade, uma internet é uma combinação de enlaces e dispositivos de comutação. Os dispositivos de comutação são os *switches* da camada de enlace e os roteadores da camada de rede. Os dispositivos de comutação são os *switches* da camada de enlace e os roteadores da camada de rede. Os dispositivos de comutação são os *switches* da camada de enlace e os roteadores da camada de rede.

Rede de comutação de circuitos

Em uma rede de comutação de circuitos, uma conexão dedicada, chamada de circuito, está sempre disponível entre os dois sistemas finais; o *switch* apenas ativa ou desativa esta conexão. A Figura 1.6 mostra uma rede comutada muito simples que conecta quatro telefones em cada uma de suas extremidades. Usamos aparelhos telefônicos em vez de computadores como sistemas finais porque,

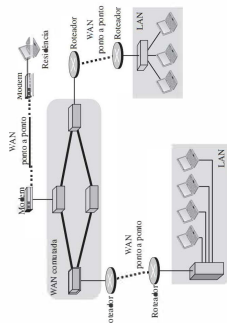


Figura 1.5 Rede compartilhada por quatro WANs e três LANs.

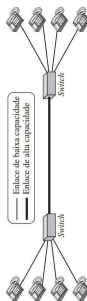


Figura 1.6 Rede de comutação de circuitos.

no passado, a comutação de circuitos era muito comum nas redes telefônicas, embora parte da rede de telefonia atual seja uma rede de comutação de pacotes.

Na figura anterior, os quatro telefones de cada lado são ligados a um *switch* que liga um aparelho telefônico de um lado a um aparelho telefônico no outro lado. A linha grossa ligando os dois *switch*s é um enlace de comutação de alta capacidade que pode manter quatro transmissões de voz simultâneas. Os *switch*s são usados no exemplo para executar tarefas de encaminhamento, mas não têm capacidade de armazenamento.

Vejam os dois casos. No primeiro, todos os aparelhos telefônicos estão ocupados; quatro pessoas de um lado estão falando com quatro pessoas do outro; a capacidade da linha grossa é totalmente utilizada. No segundo caso, apenas um aparelho telefônico de um lado está ligado a um aparelho telefônico do outro; os outros três aparelhos de cada lado estão esperando. Se a capacidade da linha grossa é alta, a capacidade da linha grossa é suficiente para manter as quatro transmissões de voz simultâneas. No entanto, a capacidade da linha grossa é insuficiente para manter as quatro transmissões de voz simultâneas. A capacidade da linha grossa é insuficiente para manter as quatro transmissões de voz simultâneas. A capacidade da linha grossa é insuficiente para manter as quatro transmissões de voz simultâneas.

falha quando todos os aparelhos telefônicos de um lado forem conectados com todos os aparelhos telefônicos de outro.

Rede de comutação de pacotes

Em uma rede de computadores, a comunicação entre dois sistemas finais é feita usando blocos de dados chamados *pacotes*. Em outras palavras, em vez da comunicação contínua que observamos entre dois aparelhos telefônicos quando estão sendo usados, vemos a troca de pacotes de dados individuais entre os dois computadores. Isso permite que os *switch*s desempenhem funções tanto de roteamento quanto de comutação de pacotes. Os *switch*s podem armazenar pacotes e encaminhá-los para o destino que pode ser armazenado e enviado posteriormente. A Figura 1.7 mostra uma pequena rede de comutação de pacotes que conecta quatro computadores de um local com quatro computadores de outro local.

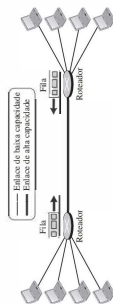


Figura 1.7 Rede de comutação de pacotes.

Um roteador em uma rede de comutação de pacotes tem uma fila que pode armazenar e encaminhar pacotes. Agora, suponha que a capacidade da linha grossa seja apenas duas vezes a capacidade da linha de dados conectando os computadores aos roteadores. Se apenas dois computadores (um de cada lado da rede) precisam se comunicar um com o outro, não há espera na entrega dos pacotes. No entanto, se os pacotes chegam a um roteador quando a linha grossa já está cheia, os pacotes são armazenados na fila. Quando a fila estiver vazia, os pacotes são encaminhados em ordem em que chegaram. Esses dois exemplos simples mostram que uma rede de comutação de pacotes é mais eficiente do que uma rede de comutação de circuitos, mas que os pacotes podem sofrer alguns atrasos.

Neste livro, discutiremos principalmente sobre as redes de comutação de pacotes. No Capítulo 4, falaremos sobre redes de comutação de pacotes com mais detalhes, discutindo o desempenho de tais redes.

1.1.3 A Internet

Conforme discutimos anteriormente, uma internet (note o minúsculo) consiste em duas ou mais redes que podem comunicar-se entre si. A internet mais conhecida é aquela chamada de *Internet* (com *Internet* maiúsculo) composta por milhares de redes interconectadas. A Figura 1.8 mostra uma visão conceitual (não geográfica) da Internet.

A figura mostra a Internet como vários *backbones*, redes de provedores e redes de clientes. No nível superior, os *backbones* (as equidades dorsais da Internet) são redes grandes e de propriedade pública que conectam as partes da Internet. No nível inferior, os *backbones* são redes menores e de propriedade privada que conectam as partes da Internet. No segundo nível, encontramos as redes menores chamadas *redes de provedores*, de *rede de acesso* e de *rede de usuário*.

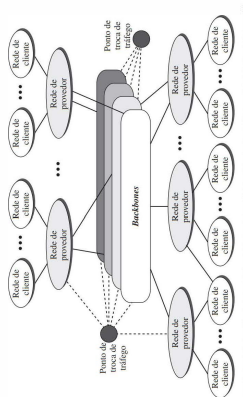


Figura 1.8 Internet hoje em dia.

que usam os serviços dos *backbones* mediante o pagamento de uma taxa. As redes de provedores estão conectadas aos *backbones* e a ligam a outras redes de provedores. As *redes de clientes* são as redes na borda da Internet que efetivamente usam os serviços prestados pela Internet. Elas pagam pelo acesso à Internet.

Os *backbones* e as redes de provedores são também chamados **Provedores de Serviços de Internet** (ISPs – Internet Service Providers). Os *backbones* são frequentemente denominados ISPs internacionais e as redes de provedores, ISPs nacionais ou regionais.

1.1.4 Acessando a Internet

A Internet atual é um conjunto de redes que permite que qualquer usuário se torne parte dela, desde que esteja fisicamente conectado a um ISP. A ligação física costuma ser feita por meio de uma WAN (Wide Area Network). Não é necessário ser técnico para acessar a Internet, mas é útil ter uma compreensão dos detalhes técnicos dessa conexão para os Capítulos 6 e 7.

Usando redes de telefonia

Atualmente, a maioria das residências e pequenas empresas têm serviços de telefonia, o que significa que estão conectadas a uma rede telefônica. Uma vez que a maioria das redes de telefonia já está conectada à Internet, uma opção de conexão para residências e pequenas empresas é usar uma linha de voz e a central telefônica por uma WAN ponto a ponto. Isso pode ser feito de duas maneiras.

- **Serviço discado.** Também conhecido como *dialup*, a primeira solução é adicionar um modem à linha telefônica para converter dados em voz. O *software* instalado no computador cria uma conexão com o provedor de serviços de Internet. O *software* também pode ser desenhado à medida que a linha é usada para conectar com a Internet; ela não pode ser usada para ligações telefônicas (voz). Esse recurso só é útil para pequenas

residências e empresas com ligação ocasional com a Internet. Discutiremos o serviço discado no Capítulo 5.

- **Serviço DSL.** Desde o advento da Internet, algumas companhias telefônicas têm atualizado suas linhas para poder fornecer serviços de Internet com maior velocidade para residências ou pequenas empresas. O serviço DSL também permite que a linha seja usada simultaneamente para comunicação de voz e dados. Discutiremos o serviço DSL no Capítulo 5.

Usando redes a cabo

Nas últimas duas décadas, cada vez mais consumidores começaram a usar os serviços de TV a cabo em vez de antenas para receber transmissões de TV. As empresas de TV a cabo têm atualizado as suas redes de cabo e criado conexões à Internet. Uma residência ou uma pequena empresa pode ser conectada à Internet usando esse serviço que fornece uma velocidade de conexão mais elevada, mas que também é mais caro. Isso ocorre devido ao número de vizinhos que usam o mesmo cabo. Discutiremos as redes de cabo no Capítulo 5.

Usando redes sem fio

Recentemente, a conectividade sem fios tem se tornado cada vez mais popular. Uma casa ou uma pequena empresa pode usar uma combinação de conexões sem fio e cabeadas para acessar a Internet. Como a conectividade WANs sem fio, através delas uma casa ou uma pequena empresa pode ser conectada à Internet. Discutiremos acesso sem fio no Capítulo 6.

Conexão direta à Internet

Uma grande organização ou uma grande corporação pode usar um *ISP local* e se conectar à Internet. Isso pode ser feito se a empresa alugar uma WAN de alta velocidade de um provedor de serviços de telecomunicações e conectar-se a um ISP regional. Por exemplo, uma grande universidade com vários *campi* pode criar uma *internetwork* e então conectar esta *internetwork* à Internet.

1.1.5 Hardware e Software

Apresentamos uma visão geral da estrutura da Internet, composta de redes grandes e pequenas, conectadas entre si por meio de dispositivos de conexão. Deve ficar claro, entretanto, que nada vai acontecer se simplesmente conectarmos essas peças. Para que a comunicação aconteça, precisamos de *software* que permita que os computadores se comuniquem e que seja necessário tanto um computador como um programa. Na próxima seção, discutiremos como essas combinações de *hardware* e *software* são coordenadas entre si usando *protocolos em camadas*.

1.2 PROTOCOLO EM CAMADAS

Uma palavra que ouímos o tempo todo quando falamos sobre a Internet é *protocolo*. Um *protocolo* é uma série de regras que permitem que os computadores se comuniquem. Um *protocolo* é simples, talvez seja necessariamente um protocolo simples; quando a comunicação é complexa, talvez seja preciso dividir a tarefa em diferentes camadas, tornando necessário o uso de um protocolo em cada camada, ou um *protocolo em camadas*.

1.2.1 Cenários

Vamos descrever dois cenários simples para entender melhor a necessidade de um protocolo em camadas.

Primeiro cenário

No primeiro cenário, a comunicação é tão simples que pode acontecer em apenas uma camada. Suponha que Maria e Ana estejam conversando diretamente entre si, como mostrado na Figura 1.9.



Figura 1.9 Protocolo em uma camada.

Alé mesmo neste cenário simples, podemos ver que um conjunto de regras deve ser seguido. Primeiro, Maria e Ana sabem que devem cumprimentar uma à outra quando se encontram. Segundo, sabem que devem limitar seu vocabulário ao nível de sua amizade. Terceiro, cada uma delas sabe que deve se calar enquanto a outra estiver falando. Quarto, cada uma delas sabe que a conversa deve ser um diálogo, não um monólogo: ambas devem ter oportunidade de falar sobre o assunto em questão. Quinto, elas devem trocar algumas palavras agradáveis quando partem.

Podemos ver que o protocolo usado por Maria e Ana é diferente da comunicação entre um professor e uma turma de alunos. No primeiro caso, o professor transmite uma mensagem para todos os alunos ao mesmo tempo, exceto quando um aluno tem uma pergunta, situação na qual o protocolo dita que o aluno deve levantar a mão e aguardar permissão para falar. Neste caso, a comunicação costuma ser muito formal e limitada ao assunto ensinado.

Segundo cenário

No segundo cenário, vamos supor que Ana recebeu uma oferta para assumir um cargo mais elevado em uma empresa e decidiu avisar Maria. Como a empresa é bastante distante de Maria, as duas amigas ainda precisam continuar a se comunicar e trocar ideias porque chegaram a um projeto inovador para iniciar um novo negócio quando ambas se aposentarem. Elas decidem continuar suas conversas usando cartas enviadas por correio. No entanto, não querem que suas ideias sejam reveladas a outras pessoas caso as cartas sejam interceptadas. Elas entram em acordo sobre uma técnica de cifra de decifração. A receitante da carta cifra seu conteúdo para não legi-lo para um inimigo, e a destinatária da carta decifra o conteúdo para obter o texto original. Desta forma, elas podem se comunicar sem problemas. Maria e Ana usam uma técnica que torna difícil decifrar a carta sem os códigos. Agora podemos dizer que a comunicação entre Maria e Ana envolve três camadas, conforme mostrado na Figura 1.10. Supomos que Ana e Maria têm, cada uma, três máquinas (ou robôs) que podem executar a tarefa de cada camada.

Vamos supor que Maria envia a primeira carta para Ana. Maria fala com a máquina na terceira camada, como se fosse Ana, para criar uma mensagem (texto) para a primeira camada. Ela então envia a mensagem para a máquina da segunda camada, que a comunica com a máquina da segunda camada de Ana. A máquina da segunda camada pega o texto

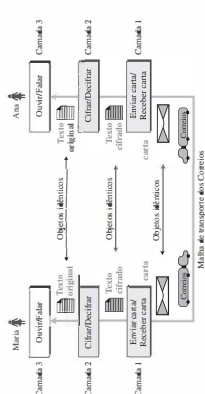


Figura 1.10 Protocolo de três camadas.

original, aplica o método de cifração, criando o texto cifrado que é passado para a máquina da primeira camada. A máquina da primeira camada, presumivelmente um robô, pega o texto cifrado, coloca-o em um envelope, adiciona os endereços do remetente e do destinatário, e envia o envelope pelo correio.

No envio, a primeira camada pega a carta da caixa de correio dela, recebe-a e entrega à máquina da segunda camada. A máquina da segunda camada decifra a mensagem, criando o texto original, e passa esta para a máquina da terceira camada. A máquina da terceira camada pega o texto original e o lê como se fosse Maria quem estivesse falando.

O uso de protocolos em camadas não permite dividir uma tarefa complexa em várias tarefas menores, mas sim dividir uma tarefa complexa em várias tarefas menores que podem ser feitas por todas as três máquinas. No entanto, se Maria e Ana decidirem que a cifração é feita por esta máquina não é suficiente para proteger seu segredo, elas teriam que tocar a máquina interna. Já da forma apresentada, elas poderiam trocar apenas a máquina da segunda camada, as outras duas podem continuar sendo as mesmas. Isto é chamado de *modularidade*. A modularidade neste caso significa que as camadas são independentes. Uma camada (módulo) pode ser definida como uma caixa que contém entradas e saídas, sem qualquer preocupação sobre como as entradas são transformadas em saídas. Uma máquina pode ser definida como um conjunto de módulos que podem executar uma única tarefa. Ana e Maria podem comprar uma máquina da segunda camada de dois fabricantes diferentes. Contudo, que as duas máquinas criem o mesmo texto cifrado a partir do mesmo texto original e vice-versa, elas cumprem o seu trabalho.

Uma das vantagens da divisão de protocolos em camadas é que isto nos permite separar os serviços de suas implementações. Uma camada deve ser capaz de receber um conjunto de serviços e implementar um conjunto de serviços. Uma camada deve ser capaz de enviar um conjunto de serviços e implementar um conjunto de serviços. Por exemplo, Maria pode decidir não comprar a máquina (robô) para a primeira camada, ela pode fazer o trabalho sozinha. Contudo que Maria execute as tarefas previstas pela primeira camada, em ambos os sentidos, o sistema de comunicação funciona.

Outra vantagem de usar um protocolo em camadas, a qual não pode ser vista em nossos exemplos simples, mas aparece quando discutimos protocolos em Internet, é que a comunicação nem sempre usa apenas dois sistemas finais; existem sistemas intermediários que processam apenas de algumas camadas, não de todas. Se não fossem usados os protocolos em camadas,

tráfego, que tem cada sistema interconectado ao complexo quanto os sistemas finais, o que deixa pouco espaço para a implementação de protocolos.

Existe alguma vantagem em usar protocolos em camadas? Pode-se argumentar que ter uma única camada torna o trabalho mais fácil. Não há necessidade de fazer com que cada camada forneça um serviço para a camada superior e passe serviço para a camada inferior. Por exemplo, Ana e Marta poderiam encontrar ou construir uma máquina que pudesse realizar todas as três tarefas. No entanto, como mencionado anteriormente, se um dia elas descobrissem que o seu código foi quebrado, cada uma teria que substituir toda a máquina com um novo código em vez de mudar apenas a máquina na segunda camada.

Princípios de protocolos em camadas

Vamos discutir alguns princípios de protocolos em camadas. O primeiro princípio diz que, se quisermos que a comunicação seja bidirecional, precisamos projetar cada camada de modo que ela seja capaz de executar duas tarefas opostas, uma em cada direção. Por exemplo, a tarefa da terceira camada é cifrar e decifrar. A primeira camada precisa enviar e receber cartas.

O segundo princípio importante é que os dois objetos em cada camada em ambos os lados devem ser idênticos. Por exemplo, o objeto na camada 3 em ambos os lados deve ser uma carta em texto original; na camada 2, em ambos os lados o objeto deve ser uma carta contendo texto cifrado; e na camada 1, em ambos os lados o objeto deve ser uma carta.

Conexões lógicas

Após seguir os dois princípios anteriores, podemos pensar sobre a conexão lógica entre cada camada, como mostrado na Figura 1.11. Isso significa que temos comunicação de uma camada para a outra. Marta e Ana podem pensar como se existisse uma conexão (imagética) em cada camada lógica, através da qual elas podem enviar o objeto criado daquela camada. Veremos que o conceito de conexão lógica vai nos ajudar a entender melhor a tarefa das camadas que encontramos nas comunicações e redes de dados.



Figura 1.11 Conexão lógica entre camadas e em sistemas finais.

1.2.2 A pilha de protocolos TCP/IP

Após que conhecemos o conceito de protocolos em camadas e discutimos a comunicação lógica entre as camadas do nosso segundo cenário, podemos introduzir o TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol, ou Protocolo de Controle de Transmissão/Protocolo de Internet).

O TCP/IP consiste em uma pilha de protocolos (um conjunto de protocolos organizados em diferentes camadas) usados internamente. É um modelo hierárquico de protocolos em camadas interativos, cada um dos quais provido uma funcionalidade específica. O termo *hierárquico* significa que cada protocolo do nível superior é apoiado pelos serviços fornecidos por um ou mais protocolos dos níveis abaixo dele. A pilha de protocolos TCP/IP original foi definida como quatro camadas de *software* construídas sobre o *hardware*. Hoje, no entanto, o TCP/IP é visto como um modelo de cinco camadas. A Figura 1.12 mostra ambas as configurações.

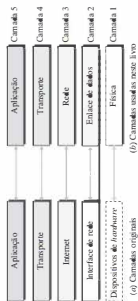


Figura 1.12 Camadas da pilha de protocolos TCP/IP.

Arquitetura em camadas

Para mostrar como as camadas da pilha de protocolos TCP/IP estão envolvidas na comunicação entre dois *hosts*, assumimos que queremos usar esta pilha em uma pequena internet composta de três LANs, cada uma contendo um *switch* de camada de enlace. Também assumimos que os enlaces estão conectados por um roteador, como mostrado na Figura 1.13.

Vamos supor que o computador A se comunica com o computador B. Como mostra a figura, temos cinco dispositivos comunicando-se na presente comunicação: *host* de origem (computador A), *switch* de camada de enlace de origem (roteador A), *switch* de camada de enlace no enlace 2, *switch* de camada de enlace de destino (roteador B) e *host* de destino (computador B). Cada dispositivo depende do papel daquele dispositivo na Internet. Os dois *hosts* estão envolvidos em todas as cinco camadas; o *host* de origem precisa criar uma mensagem na camada de aplicação e enviá-la para as camadas inferiores de modo que esta mensagem seja fisicamente enviada ao *host* de destino. O *host* de destino precisa receber a comunicação na camada física e então entregá-la através das outras camadas para a camada de aplicação. Os dois *switches* não há uma camada de transporte ou de rede, pois eles não precisam lidar com a comunicação de uma máquina para outra. Assim, cada aplicação em um roteador quando este é usado apenas para roteamento. Apesar de os roteadores estarem sempre envolvidos em uma camada de rede, há o roteamento de camadas de enlace e físicas, onde *n* é o número de enlaces aos quais o roteador está conectado. A razão é que cada enlace pode usar o seu próprio protocolo da camada de enlace de rede física. Por exemplo, na figura anterior, o roteador está envolvido em três enlaces, mas a mensagem enviada da origem A para o destino B está envolvida em dois. Cada enlace pode usar usando diferentes protocolos; a camada de aplicação pode usar um protocolo diferente para cada enlace. Assim, cada aplicação pode usar protocolos e estratégias ao enlace 2 usando outro par de protocolos.

Um *switch* de camada de enlace em um enlace, por outro lado, está envolvido apenas em duas camadas, a de enlace de dados e a física. Apesar de cada *switch* de figura anterior possuir duas conexões diferentes, as conexões estão no mesmo enlace, o qual usa apenas um conjunto de protocolos. Isso significa que, ao contrário de um roteador, um *switch* de camada de enlace está envolvido apenas em um enlace de dados e em uma camada física.

protecedor. Em outras palavras, o domínio da ação das três camadas mais altas é a internet e o domínio da ação das duas camadas mais baixas é o enlace.

Quatro maneiras de envolver as correntes lógicas é considerando a unidade de dados criada a partir de cada camada. Nas três camadas superiores, a unidade de dados (pacotes) não deve ser alterada por cada camada. Nas duas camadas inferiores, o pacote criado pelo processador rotaciona ou *switch* de camada de enlace. Nas duas camadas inferiores, o pacote criado pelo *host* é alterado apenas nos roteadores, e não nos links. *switch* de camada de enlace.

Note que, embora a conexão lógica na camada de rede seja entre os dois *hosts*, só podemos dizer que objetos idênticos existem entre dois saltos nesse caso, porque um roteador pode fragmentar uma mensagem em objetos diferentes a cada caminho que ela toma.

Note que o enlace entre dois saltos não altera o objeto.

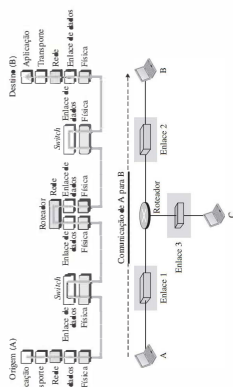


Figura 1.13 Comunicação através de uma internet.

Camada na pilha de protocolos TCP/IP

Depois da introdução anterior, vamos discutir brevemente as funções e deveres das camadas da pilha de protocolos TCP/IP. Cada camada é discutida em detalhes nos próximos seis capítulos do livro. Para entender melhor as funções de cada camada, precisamos refletir sobre as conexões lógicas entre as camadas. A Figura 1.14 mostra as conexões lógicas na nossa internet simples.

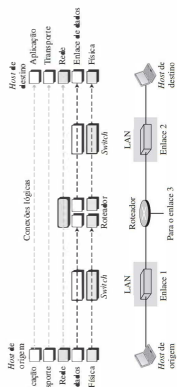


Figura 1.14 Conexões lógicas entre camadas da pilha de protocolos TCP/IP

O uso de conexões lógicas facilita a reflexão sobre a função de cada camada. Como mostra a figura, a função das camadas de aplicação, transporte e de rede é fim a fim. No entanto, a função das camadas de enlace de dados e física é salto a salto, sendo que um salto (ou *hop*) é um *host* ou

Descrição de cada camada no TCP/IP

Entendido o conceito de comunicação lógica, estamos prontos para discutir brevemente a função de cada camada. Nossa discussão neste capítulo será bastante breve, mas voltaremos à função de cada camada nos próximos seis capítulos.

Camada de aplicação

Como mostrado na Figura 1.14, a conexão lógica entre as duas camadas de aplicação é fim a fim. As duas camadas de aplicação trocam *messages* entre si como se não houvesse uma ponte entre elas. Entretanto, é importante ter em mente que a comunicação é feita através de todas a camadas.

A comunicação na cadeia de aplicação se dá entre dois *processos* (dois programas em execução nessa cadeia). Para se comunicar, um processo envia um pedido para o outro processo e recebe uma resposta. A comunicação processo a processo é a função da camada de aplicação. A comunicação entre o cliente e o servidor é feita através de todas as camadas.

recebe uma resposta. A comunicação processo e a resposta vai criando um aplicativo. A chamada de aplicação na Internet inclui muitos protocolos predefinidos, mas o usuário também pode criar um par de processos para serem executados nos dois hosts. No Capítulo 2, vamos explorar essa situação.

O Protocolo de Transferência de Hipertexto (HTTP – HyperText Transfer Protocol) é um mecanismo de acesso à World Wide Web (WWW). O Protocolo Simples de Transferência de Correio (SMTP – Simple Mail Transfer Protocol) é o principal protocolo utilizado no serviço de correio eletrônico.

debrilhante (especial). O Protocolo de Transferência de Arquivos (FTP - File Transfer Protocol) é usado para transferir arquivos em *host*s distantes. A Rede de Terminais (TELNET - Terminal Network) e o SSH (Secure Shell) são usados para acessar uma máquina remotamente. O Protocolo Simples de Gerenciamento de Rede (SNMP - Simple Network Management Protocol) é usado por um administrador para gerenciar a Internet nos níveis global e local. O Sistema de Nomes de Domínio (DNS - Domain Name System) é usado por outros protocolos para localizar o endereço de camadas de rede de um computador. O Protocolo de Gerenciamento de Grupos Internet (IGMP - Internet Group Management Protocol) é usado para agrupar participantes a um grupo. Discutiremos a maioria dos protocolos no Capítulo 2 e alguns em outros capítulos.

Camada de transporte

A conexão lógica na camada de rede também é fim a fim. A camada de transporte *no host* de origem recebe a mensagem da camada de aplicação, a encapsula em um pacote da camada de transporte (denominado um *segmento* ou um *datagrama de usuário*, dependendo do protocolo) e a envia através da conexão lógica (magistral) para a camada de rede *no host* de destino. Em outras palavras, a camada de transporte é responsável por prover serviços para a camada de aplicação: garantir que a mensagem de um usuário seja entregue *no host* de origem e enviada para o destinatário correto na camada de rede. Podemos pensar na camada de transporte como sendo a separação de tarefas, e de vezes, algo que discutimos anteriormente. A camada de transporte deve ser independente da camada de aplicação. Além disso, vamos ver que temos mais de um protocolo na camada de transporte, o que significa que cada aplicativo pode usar o protocolo que mais satisfaz às suas necessidades.

Como os usuários, os sistemas e algoritmos protocolos da camada de transporte na Internet, cada um projetado para alguma tarefa específica. O principal protocolo, o TCP (Transmission Control Protocol, ou Protocolo de Controle de Transmissão), é um protocolo orientado a conexão que inicialmente estabelece uma conexão lógica entre as camadas de transporte dos dois *hosts* antes de transferir dados. Ele cria um canal lógico entre duas camadas TCP para transferir um fluxo de bytes. O TCP provê controle de fluxo (harmonizando a taxa de envio de dados do *host* de origem e a taxa de recepção de dados do *host* de destino para impedir que este fique sobrecarregado), controle de erros (para garantir que os dados não sejam corrompidos ou perdidos) e controle de congestionamento para reduzir a perda de segmentos devido a congestionamentos na rede. O outro protocolo comum, o UDP (User Datagram Protocol, ou Protocolo de Datagramas de Usuário), é um protocolo não orientado a conexão que transmite diagramas de usuário sem antes criar uma conexão lógica. No UDP, cada diagrama de usuário é uma entidade independente sem qualquer relação com os diagramas de usuário anteriores ou próximos (o significado, do termo *datagrama* vem daí). O UDP não oferece controle de fluxo, controle de erros ou controle de congestionamento. A sua simplicidade, que se traduz em reduzido *overhead* (carga computacional adicional), é atrativa para um aplicativo que precisa enviar mensagens curtas e não consegue realimentar a retransmissão de pacotes enviada no TCP quando um pacote é corrompido ou perdido. Um protocolo mais recente, o SCTP (Stream Control Transmission Protocol, ou Protocolo de Controle de Fluxo de Transmissão) foi concebido para atender às novas aplicações que estão surgindo na área de multimídia. Vamos discutir UDP e TCP no Capítulo 3 e SCTP no Capítulo 5.

Camada de rede

A camada de rede é responsável por criar uma conexão entre o computador de origem e o computador de destino. Como a camada de transporte, a camada de rede também pode ser responsável por haver vários roteadores da origem ao destino, os roteadores no caminho são responsáveis por encontrar a melhor rota para cada pacote. Podemos dizer que a camada de rede é responsável pela comunicação *host a host* e pelo roteamento de pacotes através de possíveis rotas. No entanto, podemos nos perguntar por que precisamos da camada de rede. Poderíamos ter adicionado a função de roteamento à camada de transporte e removido esta camada. Um dos motivos, como dissemos

antes, é a separação das diferentes tarefas entre as diferentes camadas. A segunda razão é que assim os roteadores não precisam das informações de aplicação e transporte. Separar as tarefas nos permite usar um menor número de protocolos nos roteadores.

A camada de rede da Internet inclui o protocolo principal, chamado IP (Internet Protocol, ou Protocolo Internet), que define o formato do pacote, denominado *datagrama* na camada de rede. O IP também define o formato e a estrutura de endereços usados nesta camada. O IP também é responsável pela comunicação de um pacote de sua origem até seu destino, o que é conseguido por meio de encaminhamento de pacotes. O IP não garante a entrega dos pacotes, mas garante que os pacotes não sejam destruídos. O IP é um protocolo não orientado a conexão que não fornece qualquer serviço de controle de fluxo ou controle de erro, ou controle de congestionamento. Isso significa que se qualquer um dos serviços for necessário para um aplicativo, este deve usar os serviços do protocolo da camada de transporte. A camada de rede também inclui protocolos de roteamento *unicast* (um para um) e *multicast* (um para muitos). Um protocolo de roteamento não participa no roteamento (que é de responsabilidade do IP), mas cria tabelas de roteamento para os roteadores de modo a ajudá-los no processo de encaminhamento.

A camada de rede também apresenta alguns protocolos auxiliares que ajudam o IP nas tarefas de controle e roteamento. O ICMP (Internet Control Message Protocol, ou Protocolo de Mensagens de Controle da Internet) ajuda o IP a reclarificar alguns problemas durante o roteamento de pacotes. O IGMP (Internet Group Management Protocol, ou Protocolo de Gerenciamento de Grupos Internet) é outro protocolo que ajuda o IP, neste caso em tarefas de *multicast*. O DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol, ou Protocolo de Configuração Dinâmica de Host) é responsável por atribuir o endereço de rede de uma máquina a uma interface de rede *no host*. O ARP (Address Resolution Protocol, ou Protocolo de Resolução de Endereços) é um protocolo que ajuda o IP a localizar o endereço da camada de enlace de um *host* ou de roteador quando o seu endereço de camada de rede é dado. Discutimos ICMP, IGMP e DHCP no Capítulo 4, mas discutiremos ARP no Capítulo 5.

Camada de enlace de dados

Vimos que uma Internet é composta de vários enlaces (LANs e WANs) conectados por roteadores. Pode haver várias conjunções sobrepostas de enlaces pelos quais um diagrama pode viajar da origem até o destino. Os roteadores são responsáveis por escolher os *melhores* enlaces; no entanto, os roteadores não sabem qual é o melhor enlace. O melhor enlace é aquele que oferece o menor tempo de resposta por pagar o diagrama e movê-lo através do enlace. Esse pode ser uma LAN cabada usando um *switch* de camada de enlace, uma LAN sem fio, uma WAN cabada ou uma WAN sem fio. Pode também haver diferentes protocolos usados em qualquer tipo de enlace. Em cada caso, a camada de enlace de dados é responsável por mover o pacote através do enlace.

O TCP/IP não define um protocolo específico para a camada de enlace de dados; ele suporta todos os protocolos pontuados e proprietários. Qualquer protocolo que seja capaz de receber o pacote da camada de rede e movê-lo através do enlace para a próxima camada de rede é suportado. O protocolo da camada de enlace de dados é responsável por mover o pacote da camada de rede para a camada de enlace de dados e encapsulá-lo em um pacote chamado de *quadro* (também denominado *frame*).

Cada protocolo da camada de enlace pode fornecer um serviço distinto. Alguns protocolos da camada de enlace fornecem completa detecção e correção de erros, enquanto outros apenas apontam corrupção de erros. Discutiremos enlaces cabeados no Capítulo 5 e enlaces sem fio no Capítulo 6.

Camada física

Podemos dizer que a camada física é responsável por transportar os bits individuais de um pacote de um computador para o próximo. Como a camada de rede, a camada física também pode ser responsável por haver vários roteadores da origem ao destino, os roteadores no caminho são responsáveis por encontrar a melhor rota para cada pacote. Podemos dizer que a camada física é responsável pela comunicação *host a host* e pelo roteamento de pacotes através de possíveis rotas. No entanto, podemos nos perguntar por que precisamos da camada de rede. Poderíamos ter adicionado a função de roteamento à camada de transporte e removido esta camada. Um dos motivos, como dissemos

dos meios de transmissão, mas podemos pensar como se a unidade lógica entre duas camadas fosse dois dispositivos, *host* e *router*. Existem dois modelos para a transmissão de dados em um sinal. Vamos discutir no Capítulo 7, quando discutiremos a camada física e os meios de transmissão.

Encapsulamento e desencapsulamento

Um conceito importante relacionado a protocolos em camadas na Internet é o encapsulamento/ desencapsulamento. A Figura 1.16 mostra esse conceito para a pequena internet da Figura 1.13. O encapsulamento ocorre quando os dados são enviados de um dispositivo para outro dispositivo. O desencapsulamento ocorre quando os dados são recebidos por um dispositivo. Na Figura 1.16, mostramos o encapsulamento no *host* de origem, o desencapsulamento no *host* de destino e encapsulamento/ desencapsulamento no roteador.

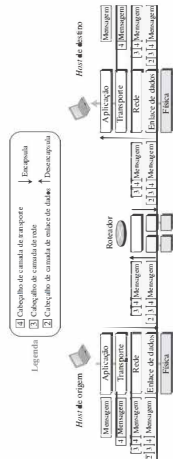


Figura 1.16 Encapsulamento/ desencapsulamento.

Encapsulamento no *host* de origem

Na origem, temos apenas o encapsulamento.

1. Na camada de aplicação, os dados a serem trocados são denominados uma *mensagem*. A mensagem normalmente não contém um *header* (cabeçalho) ou *trailer* (rodapé) mas, se for o caso, o conjunto completo de dados corresponde à mensagem. A mensagem é passada para a camada de transporte.
2. A camada de transporte trata a mensagem como o *payload*, a carga útil, com a qual a mensagem é enviada ao destino. Ela adiciona um *header* e um *trailer* para a mensagem de transporte, o qual contém os identificadores do aplicativo de origem e destino que desejam se comunicar, além das informações extras necessárias para a entrega. Em fim, a mensagem, tal como informações necessárias para controle de fluxo, erro ou congestionamento. O resultado é o pacote da camada de transporte, que é chamado de *segmento* (no TCP) ou *datagrama de usuário* (no UDP). A camada de transporte passa, então, o pacote para a camada de rede.
3. A camada de rede trata o pacote da camada de transporte como *payload* e adiciona seu próprio cabeçalho e encarga útil. O cabeçalho contém os endereços do *host* de origem e destino, além das informações adicionais para verificação de erro na entrega.

info mais sobre fragmentação, e assim por diante. O resultado é o pacote da camada de rede, chamado de *datagrama*. A camada de rede passa, então, o pacote para a camada de enlace de dados.

4. A camada de enlace de dados trata o pacote da camada de rede como *payload* e adiciona o seu próprio cabeçalho, o qual contém os endereços da camada de enlace do *host* e do próximo salto (o roteador). O resultado é o pacote da camada de enlace, que é chamado de *quadro*. O quadro é passado para a camada física para transmissão.

Desencapsulamento e encapsulamento no roteador

No roteador, temos tanto desencapsulamento como encapsulamento, porque o roteador está ligado a dois ou mais enlaces.

1. Após o conjunto de *bits* ser entregue à camada de enlace de dados, esta desencapsula o datagrama a partir do quadro e passa tal datagrama para a camada de rede.
2. A camada de rede apenas inspeciona os endereços de origem e de destino no cabeçalho do datagrama e consulta sua tabela de roteamento para encontrar o próximo salto para o qual o datagrama deve ser entregue. O conteúdo do datagrama não deve ser alterado pela camada de rede no roteador a menos que seja necessário fragmentar o datagrama caso de seja grande demais para passar pelo enlace seguinte. O datagrama é então passado para a camada de enlace de dados e o enlace seguinte.
3. A camada de enlace de dados de enlace seguinte encapsula o datagrama em um quadro e passa o resultado para a camada física para transmissão.

Desencapsulamento no *host* de destino

No *host* de destino, cada camada apenas desencapsula o pacote recebido, remove o *payload* e entrega esta carga útil para o processo da camada imediatamente superior, até a mensagem chegar à camada de aplicação. É importante ressaltar que o desencapsulamento no *host* envolve a verificação de erros.

Endereçamento

Cabe mencionar outro conceito relacionado com protocolos em camadas na Internet: *endereçamento*. Como discutimos anteriormente, nesse modelo existe a comunicação lógica entre os pares, mas não necessariamente física. Quando os dados são enviados de um dispositivo para outro, a origem e o endereço de destino. Embora pareça que precisamos de cinco pares de endereços em par por camada, normalmente temos apenas quatro, porque a camada física não precisa de endereços; a unidade de dados trocados na camada física é o *bit*, o qual definitivamente não pode ter um endereço. A Figura 1.17 mostra o endereçamento em cada camada.

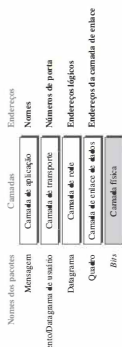


Figura 1.17 Endereçamento na pilha de protocolos TCP/IP.

Como mostra a figura, existe uma relação entre a camada, o endereço utilizado naquela camada e o nome da camada. No exemplo, a camada de aplicação é a camada de e-mail, a camada de transporte, a camada de rede, a camada de enlace e a camada física. Na camada de transporte, os endereços são chamados de números de porta e definem os programas da camada de aplicação no origem e no destino. Os números de porta são endereços locais que permitem fazer a distinção entre os vários programas sendo executados ao mesmo tempo. Na camada de rede, os endereços são globais, tendo toda a Internet como escopo. Um endereço da camada de rede define univoicamente a conexão de um dispositivo com a Internet. Os endereços da camada de enlace, às vezes chamados endereços MAC, são endereços definidos localmente, cada um dos quais determina um host ou roteador específico em uma rede (LAN ou WAN). Falaremos mais sobre esses endereços em futuros capítulos.

Multiplexação e demultiplexação

Como a pilha de protocolos TCP/IP usa vários protocolos em algumas camadas, podemos dizer que temos multiplexação na origem e demultiplexação no destino. Multiplexação, neste caso, significa que um protocolo em uma camada pode encapsular um pacote de vários protocolos da camada imediatamente superior (um de cada vez); demultiplexação significa que um protocolo pode decapsular e entregar um pacote para vários protocolos da camada imediatamente superior (um de cada vez). A Figura 1.18 mostra o conceito de multiplexação e de demultiplexação nas três camadas mais altas.

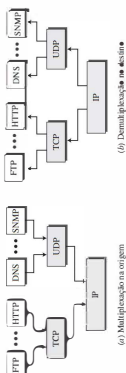


Figura 1.18 Multiplexação e demultiplexação

Para ser capaz de multiplexar e demultiplexar, um protocolo precisa ter um campo em seu cabeçalho que indique a origem e o destino da conexão. No caso do TCP, esse campo é o número de porta. Assim, tanto o TCP quanto o UDP podem aceitar mensagens de vários protocolos da camada de aplicação. Na camada de rede, o IP pode aceitar um segmento do TCP ou um datagrama de usuário do UDP. O IP pode também aceitar um pacote de outros protocolos, tais como ICMP (ping) e assim por diante. Na camada de enlace de dados, um quadro pode carregar uma carga útil proveniente de protocolos IP ou outros protocolos, como ARP (ver Capítulo 5).

1.2.3 Modelo OSI

Embora, quando se fala da Internet, todo mundo discuta sobre a pilha de protocolos TCP/IP, esta não é a única pilha de protocolos que existe. Em 1974, o Conselho de Padrões da Organização para a padronização (ISO - International Organization for Standardization) formou um órgão multinacional dedicado a criar normas internacionais acerca da comunicação. Quase três quartos dos países do

mundo estão representados na ISO. Um modelo ISO que abrange todos os aspectos das redes de comunicação foi desenvolvido pelo **Instituto de Estudos Avançados (OSI - Open Systems Interconnection)**. Ele foi introduzido pela primeira vez no final de 1970.

OSI e a organização OSI e o mundo.

Um **sistema aberto** é um conjunto de protocolos que permite que quaisquer dois sistemas diferentes se comuniquem independentemente de suas arquiteturas subjacentes. O objetivo do modelo OSI é facilitar a comunicação entre sistemas diferentes sem a necessidade de mudanças na lógica do **hardware** e **software** subjacentes. O modelo OSI não é um protocolo, é um modelo para compreender e projetar uma arquitetura de rede que seja flexível, robusta e interoperável e foi criado com o objetivo de se tornar a base para a criação dos protocolos da pilha OSI.

O modelo OSI é uma estrutura em camadas para a concepção de sistemas de rede, que permitia a comunicação entre sistemas de rede diferentes. Ele divide a comunicação em sete camadas separadas, porém relacionadas, cada uma das quais definindo uma parte do processo de transferência de informação ao longo de uma rede (ver a Figura 1.19).



Figura 1.19 Modelo OSI

OSI versus TCP/IP

Quando comparamos os dois modelos, percebemos que duas camadas, sessão e apresentação, estão ausentes na pilha de protocolos TCP/IP. Essas duas camadas não foram adicionadas à pilha de protocolos TCP/IP após a publicação do modelo OSI. A camada de aplicação da pilha TCP/IP costuma ser considerada como a combinação de três camadas do modelo OSI, conforme mostra a Figura 1.20.

Dois motivos foram apresentados para tal decisão. Primeiro, o TCP/IP tem mais do que um protocolo na pilha de protocolos, enquanto o modelo OSI tem apenas um protocolo por camada. Segundo, em alguns dos protocolos da camada de transporte, em seguida, há uma camada de aplicação do se resume a apenas um único programa, e muitos aplicativos podem ser desenvolvidos nesta camada. Se alguma das funcionalidades mencionadas nas camadas de sessão e apresentação for necessária para um aplicativo em particular, ela pode ser incluída no desenvolvimento daquele programa.

Falta de sucesso do modelo OSI

O modelo OSI surgiu depois da pilha de protocolos TCP/IP. Inicialmente, a maioria das especialistas foi entusiasmada e pensou que a pilha de protocolos TCP/IP seria totalmente substituída pelo modelo OSI. Isso não aconteceu por vários motivos, mas descreveremos apenas três, com os

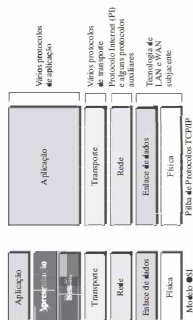


Figura 1.20 TCP/IP e Modelo OSI.

quais todos os especialistas da área concordam. Primeiro, o OSI foi concebido quando o TCP/IP já estava totalmente em vigor e muito tempo e dinheiro já haviam sido investidos nessa pilha de protocolos. Segundo, o modelo OSI foi desenvolvido em um momento em que as redes eram totalmente definidas. Por exemplo, embora os serviços providos pelas camadas de apresentação e de sessão fossem descritos no documento, protocolos reais para essas duas camadas não foram totalmente definidos, nem descritos, e o *software* correspondente não foi totalmente desenvolvido. Terceiro, quando o OSI foi implementado por uma organização em uma aplicação diferente da Internet, o modelo não demonstrou um nível de desempenho e usabilidade suficiente para incentivar as autoridades responsáveis pela Internet a trocar a pilha de protocolos TCP/IP pelo modelo OSI. Precisava-se aguardar pela invenção da rede de comutação de pacotes.

1.3 HISTÓRIA DA INTERNET

Agora que proporcionamos uma visão geral da Internet e de seus protocolos, vamos apresentar uma breve história da Internet. Viremos como a Internet evoluiu de uma rede privada para uma rede global em menos de quarenta anos.

1.3.1 História inicial

Havia algumas redes de comunicação, tais como telegêdo e redes de telefonia, antes de 1960. Tais redes eram adequadas para comunicações a uma taxa constante daquela época, o que significa que, depois de gerar uma conexão entre dois usuários, as mensagens codificadas (telegêdo) ou de voz (telefone) podiam ser trocadas. Uma rede de computadores, por outro lado, deve ser capaz de lidar com dados *em rajadas*, ou seja, dados recebidos a taxas variáveis em instantes distintos. O mundo precisava de uma maneira de inventar a rede de comutação de pacotes.

Surgimento das redes de comutação de pacotes

A teoria da comutação de pacotes para tráfego foi apresentada pela primeira vez por Leonard Kleinrock em 1961, no MIT. Ao mesmo tempo, dois outros pesquisadores, Paul Baran, do Rand Institute, e Donald Davies, do National Physical Laboratory na Inglaterra, publicaram alguns trabalhos sobre redes de comutação de pacotes.

ARPANET

Em meados dos anos 1960, os computadores do tipo *mainframe* localizados em organizações de pesquisa eram dispositivos isolados. Computadores de diferentes fabricantes eram incapazes de se comunicar uns com os outros. A Agência de Projetos de Pesquisa Avançados (ARPA – Advanced Research Projects Agency), órgão do Departamento de Defesa (DOD – *Department of Defense*) dos Estados Unidos, decidiu que era necessário desenvolver uma rede de computadores que permitisse que os pesquisadores financiados por eles pudessem compartilhar suas descobertas, reduzindo custos e eliminando a duplicação de esforços.

Em 1967, em uma reunião da Associação para Máquina de Computação (ACM – Association for Computing Machinery), a ARPA apresentou suas ideias para a Rede da Agência de Projetos de Pesquisa Avançados (ARPANET – Advanced Research Project Agency Network), uma rede de computadores que permitisse que pesquisadores de diferentes organizações de pesquisa de diferentes instituições ligadas a um computador centralizado, chamado de Processador de Mensagens de Interface (IMP – Interface Message Processor). Os IMPs, por sua vez, seriam ligados uns aos outros. Cada IMP precisava ser capaz de se comunicar com outros IMPs, bem como com o *host* ao qual estava conectado.

Em 1969, a ARPANET tornou-se realidade. Quatro nós, na Universidade da Califórnia em Los Angeles (UCLA), na Universidade da Califórnia em Santa Barbara (UCSB), no Instituto de Tecnologia de Massachussets (MIT) e no Laboratório de Operações Avançadas para a Armada de Sudoeste (SRI) e no Laboratório de Processamento de Controle de Rede (NCP – Network Control Protocol), permitia a comunicação entre os *hosts*.

1.3.2 Surgimento da Internet

Em 1972, Vint Cerf e Bob Kahn, ambos parte do grupo que criou a ARPANET, colaboraram no que des chamaram de *Internetworking Project* (Projeto Inter-redes). Eles designavam ligas redes distintas e independentes, cada uma com seu próprio protocolo de comunicação, como redes de redes. Os problemas que precisavam ser superados: tamanhos de pacotes distintos, interfaces distintas, taxas de transmissão distintas, bem como requisitos de confiabilidade distintos. Cerf e Kahn tiveram a ideia de um dispositivo chamado de *gateway* para atuar como o *hardware* intermediário na transferência de dados de uma rede para outra.

TCP/IP

Em 1973, o artigo de Cerf e Kahn tornou-se um marco que esboçou os protocolos para se conseguir entrega de dados fim a fim. Era uma nova versão do NCP. Esse documento sobre o controle de controle de transmissão (TCP – Transmission Control Protocol) incluía conceitos como encapsulamento, diagrama e as funções de um *gateway*. Uma ideia inicial foi transferir a responsabilidade pela correção de erros, que passava do IMP para a máquina *host*. Esta Internet da ARPA tornou-se, então, o foco dos esforços de Cerf e Kahn para desenvolver a Internet. A Internet da ARPANET foi entregue à Agência de Comunicações de Defesa (DCA – Defense Communications Agency).

Em outubro de 1977, uma internet consistindo de três diferentes redes (ARPANET, Packet Radio e Packet Satellite) foi demonstrada com sucesso. A comunicação entre as redes era agora possível.

Pouco tempo depois, as autoridades decidiram dividir o TCP em dois protocolos: o TCP (Transmission Control Protocol) e o IP (Internet Protocol). O IP lidava com o roteamento de dados, enquanto o TCP havia responsável por janelas, de mais alto nível, como a implementação, a recuperação de erros e o controle de fluxo.

Em 1981, seguindo um contrato com o Departamento de Defesa americano, a UC Berkeley modificou o sistema operacional UNIX para incluir o TCP/IP. A inclusão deste *software* de rede junto a um sistema operacional popular teve grande influência no aumento da popularidade de rede. A implementação aberta (independente de um fabricante em específico) do UNIX Berkeley deu a todos os fabricantes um código-base funcional sobre o qual eles poderiam construir seus produtos,

Em 1983, autoridades britânicas e belgas criaram os protocolos originais do ARPANET, e o TCP/IP tornou-se o protocolo oficial da ARPANET. Assim, desde então, a Internet para acessar um computador em uma rede diferente tinham que estar utilizando o TCP/IP.

MILNET

Em 1983, a ARPANET foi dividida em duas redes, a **Rede Militar (MILNET – Military Network)** para usuários militares e a ARPANET, para usuários não militares.

CSNET

Outro marco na história da Internet foi a criação da CSNET em 1981. A Rede de Ciência da Computação (CSNET – Computer Science Network) era uma rede patrocinada pela Fundação Nacional de Ciência (NSF – National Science Foundation). A rede foi concebida por universidades que eram ineficientes para integrar a ARPANET devido à ausência de fundos com o Departamento de Defesa. A rede CSNET era uma rede mais lenta, não apresentava enlaces redundantes e a transmissão de dados era mais lenta. Em meados dos anos 1980, a maioria das universidades dos Estados Unidos que tinham departamentos de ciência da computação fazia parte da CSNET. Outras instituições e empresas também estavam formando suas próprias redes e usando TCP/IP para interconexão. O termo *Internet*, originalmente associado a redes conectadas financeiramente pelo governo, agora designava as redes conectadas usando protocolos TCP/IP.

NSFNET

Com o sucesso da CSNET, em 1986, a NSF patrocinou a **Rede da Fundação Nacional de Ciência (NSFNET – National Science Foundation Network)**, um *backbone* que ligava cinco centros de supercomputadores localizados em diferentes regiões dos Estados Unidos. Redes comunitárias tiveram acesso a esse *backbone*, uma linha T-1 com uma taxa de transmissão de 3,14 Mb/s. Em 1990, a NSFNET foi oficialmente apontada a subsistência pela NSFNET. Em 1995, a NSFNET foi revertida de volta ao seu conceito original de uma rede de pesquisa.

ANSNET

Em 1991, o governo dos Estados Unidos decidiu que a NSFNET não era capaz de suportar o tráfego da Internet que vinha aumentando rapidamente. Três empresas, IBM, Merit e Verizon, concluíram um acordo com a NSFNET para criar a **Advanced Network & Service** para construir um novo *backbone* da Internet de alta velocidade chamado **Advanced Network Services Network (ANSNET)**.

1.3.3 A Internet hoje

Hoje em dia, vemos um rápido crescimento tanto de infraestrutura como do surgimento de novas aplicações. A Internet, em particular, é considerada a rede que possibilita serviços para o mundo todo. O que tornou a Internet tão popular foi a invenção de novas aplicações.

World Wide Web

A década de 1990 testemunhou a explosão de aplicações de Internet devido ao surgimento da **World Wide Web (W.W.W.)**. A Web foi inventada no CERN por Tim Berners-Lee e foi adicionada às aplicações comerciais desenvolvidas para a Internet.

Multimídia

Desenvolvimentos recentes nas aplicações multimídia, tais como voz sobre IP (VoIP), vídeo sobre IP (Skype), compartilhamento de vídeos (YouTube), e televisão sobre IP (PPLive), aumentaram o número de usuários e o tempo que cada usuário gasta na rede. Discutiremos multimídia no Capítulo 8.

Aplicações peer-to-peer

Redes *peer-to-peer* (ou *par a par*) também constituem uma nova área de comunicação com grande potencial. Introduziremos algumas aplicações *peer-to-peer* no Capítulo 2.

1.4 PADRÕES E ADMINISTRAÇÃO

Na discussão sobre a Internet e seus protocolos, muitas vezes encontramos alguma referência sobre um padrão ou uma entidade administrativa. Nesta seção, apresentamos esses padrões e entidades administrativas para os leitores que não estão familiarizados com eles; esta seção pode ser ignorada se o leitor já estiver familiarizado com eles.

1.4.1 Padrões Internet

Um **padrão Internet** é uma especificação amplamente testada, útil e aceita por aqueles que trabalham com a Internet. É um conjunto de regras formais que devem ser seguidas. Existe um procedimento rigoroso para que uma especificação atinja o *status* de padrão Internet. A especificação começa como um **Internet draft** (um esboço do padrão). Um **Internet draft** é um documento de trabalho (um rascunho em andamento) sem qualquer status oficial e com uma vida útil de seis meses. Por recomendação das autoridades da Internet, esse esboço pode ser publicado como um **Pedra de Cimento** (um documento com uma vida útil indefinida) ou como um **Padrão de Trabalho** (um documento que é disponibilizado a todos os interessados). Os RFCs passam por níveis de maturidade e são classificados de acordo com o seu nível de exigência.

Níveis de maturidade

Um RFC, durante seu tempo de vida, é classificado em um de seis níveis de maturidade: proposta de padrão, esboço de padrão, padrão Internet, histórico, experimental e informativo (ver Figura 1.21).

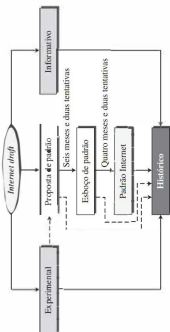


Figura 1.21 Níveis de maturidade de um RFC.

- **Proposta de padrão.** Uma proposta de padrão é uma especificação que está atual, bem como com o potencial de ser adotada, dentro da comunidade da Internet. A especificação é geralmente testada e implementada por vários grupos diferentes.
- **Esboço de padrão.** A proposta de padrão é elevada ao status de esboço de padrão após pelo menos duas implementações independentes bem-sucedidas e interoperáveis. Salvo em caso de dificuldades, um esboço de padrão, com modificações em caso de problemas específicos serem encontrados, normalmente torna-se um padrão Internet.
- **Padrão Internet.** Um esboço de padrão atinge o status de padrão Internet após demonstrações bem-sucedidas de sua implementação.
- **Histórico.** Os RFCs históricos são significativos de um ponto de vista histórico. Eles podem ter sido substituídos por especificações posteriores ou nunca terem alcançado o nível de maturidade necessário para se tornarem um padrão Internet.
- **Experimental.** Um RFC classificado como experimental descreve trabalhos relacionados com situações experimentais que não afetam o funcionamento da Internet. Esse RFC não deverá ser implementado em qualquer serviço de Internet funcional.
- **Informativo.** Um RFC classificado como informativo contém informações gerais, histórico ou histórias relacionadas à Internet. Geralmente, é escrito por alguém de uma organização que não pertence aos grupos que coordenam as questões da Internet, tal como um fornecedor de equipamentos.

Níveis de exigência

Os RFCs são classificados em cinco níveis de exigência: exigido, recomendado, opcional, uso limitado e não recomendado.

- **Exigido.** Um RFC é rotulado como exigido se tiver que ser implementado por todos os implementadores de uma determinada tecnologia mínima. Por exemplo, o IP (Capítulo 4) e o ICMP (Capítulo 4) são protocolos exigidos.
- **Recomendado.** Um RFC rotulado como recomendado não é necessário para se obter conformidade mínima; ele é recomendado devido à sua utilidade. Por exemplo, o FTP (Capítulo 2) e o TELNET (Capítulo 2) são protocolos recomendados.
- **Opcional.** Um RFC rotulado como opcional não é necessário nem recomendado. No entanto, um sistema pode usá-lo para o seu próprio benefício.
- **Uso limitado.** Um RFC rotulado como *uso limitado* deve ser usado somente em situações limitadas. A maioria dos RFCs experimentais se enquadra nessa categoria.
- **Não recomendado.** Um RFC rotulado como *não recomendado* é inadequado para uso geral. Normalmente, um RFC histórico (obsoleto) pode se enquadrar nessa categoria.

Os RFCs podem ser encontrados em <http://www.ietf.org>.

1.4.2 Administração da Internet

A Internet, com suas raízes principalmente no domínio da pesquisa, evoluiu e ganhou uma base de usuários mais ampla com uma significativa atividade comercial. Vários grupos que coordenam as questões da Internet têm guiado seu crescimento e desenvolvimento. No Apêndice D,

disponível no site www.ietf.org com links, podemos encontrar os endereços físicos, endereços de e-mail e listas de e-mails de alguns desses grupos. A Figura 1.22 mostra a organização geral da administração da Internet.

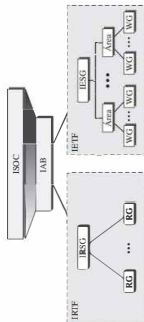


Figura 1.22 Níveis de maturidade de um RFC.

ISOC

A **Sociedade Internet** (ISOC – Internet Society) é uma organização internacional sem fins lucrativos formada em 1992 para fornecer apoio ao processo de criação de padrões Internet. A ISOC faz isso por meio da manutenção e apoio a outros órgãos administrativos da Internet, tais como IAB, IETF, IRTF e IANA (consulte as próximas seções). A ISOC também promove pesquisas e outras atividades acadêmicas relacionadas à Internet.

IAB

O **Conselho de Arquitetura da Internet** (IAB – Internet Architecture Board) é o órgão de consultoria técnica da ISOC. Os principais objetivos do IAB são supervisionar o desenvolvimento contínuo da pilha de protocolos TCP/IP e fornecer sua capacidade de assessoria técnica aos membros da comunidade de pesquisa da Internet. O IAB faz isso por meio dos seus dois componentes principais: a **Força-Tarefa de Engenharia da Internet** (IETF – Internet Engineering Task Force) e a **Força-Tarefa de Pesquisa da Internet** (IRTF – Internet Research Task Force). Outra responsabilidade do IAB é a gestão editorial dos RFCs, conforme descrito anteriormente. O IAB é também a ligação externa entre a Internet e outros fóruns e organizações de padronização.

IETF

A **Força-Tarefa de Engenharia da Internet** (IETF – Internet Engineering Task Force) é um fórum de grupos de trabalho gerenciados pelo Internet Engineering Steering Group (IESG). A IETF é responsável por identificar problemas operacionais e propor soluções para eles. A IETF também desenvolve e analisa as especificações que podem se tornar padrões Internet. Os grupos de trabalho são reunidos em áreas e cada área concentra-se em um tópico específico. Atualmente, nove áreas foram definidas, entre elas: aplicações, protocolos, roteamento, gerenciamento de rede de nova geração (NFG) e segurança.

Questões

- 1-1** A transmissão em uma LAN com um cabo compartilhado (Figura 1.1a) é um exemplo de transmissão *broadcast* (um para muitos)? Explique.
- 1-2** Em uma LAN com um *switch* de camada de rede (Figura 1.1b), a *host* 1 deseja enviar uma mensagem para a *host* 3. Dado que a comunicação acontece por meio do *switch* de camada de enlace, o *switch* precisa ter um endereço? Explique.
- 1-3** Quando WANs ponto a ponto das necessárias para a rede LAN, se cada LAN deve ser capaz de se comunicar diretamente com qualquer outra LAN?
- 1-4** Quando usamos um *xidfone* para falar com um amigo, estamos usando uma rede de comunicação de circuitos ou uma rede de comunicação de pacotes?
- 1-5** Quando uma pessoa usa uma conexão dedicada por voz em uma rede de telefonia, qual o princípio de comunicação que ela utiliza neste capítulo sobre protocolos em camadas que deve ser seguido para fazer com que a comunicação seja bidirecional?
- 1-7** Quais camadas da pilha de protocolos TCP/IP entendem o *hop* das camadas de *switch* de rede?
- 1-8** Um roteador conecta três enlaces (racks). O primeiro rack, a quarta e de cada uma das camadas a seguir?
- camada física
 - camada de enlace de dados
 - camada de rede
- 1-9** Na pilha de protocolos TCP/IP, quais são os objetivos diferentes no lado do remetente e do destinatário quando consideramos a conexão em uma camada de aplicação?
- 1-10** Um *host* se comunica com outro *host* usando a pilha de protocolos TCP/IP. Qual é a unidade de dados enviada ou recebida em cada uma das seguintes camadas?
- 1-11** Quando alguns protocolos de dados é encapsulados em um quadro?
- um diagrama de usuário
 - um diagrama
 - um segmento

- 1-12** Qual das seguintes unidades de dados é desencapsulada a partir de um diagrama do usuário?
- um diagrama
 - um segmento
 - uma mensagem
- 1-13** Qual das seguintes unidades de dados contém uma unidade de dados de aplicação mais o cabeçalho da camada 4?
- um quadro
 - um diagrama de usuário
 - um bit
- 1-14** Liste alguns protocolos de camada de aplicação mencionados neste capítulo.
- 1-15** Se um número de porta tem 16 bits (2 bytes), qual é o tamanho mínimo do cabeçalho na camada de transporte da pilha de protocolos TCP/IP se as duas partes de endereço (destino) utilizadas em cada uma das seguintes camadas?
- camada de aplicação
 - camada de rede
 - camada de enlace de dados
- 1-17** Quando dizemos que a camada de transporte multiplexa e demultiplexa mensagens da camada de aplicação, queremos dizer que um protocolo de camada de transporte pode combinar mensagens de várias aplicações em um único pacote? Explique.
- 1-18** Você sabe dizer por que quando mencionamos serviços de multiplexação/demultiplexação para a camada de aplicação?
- 1-19** Suponha que queremos interconectar dois *hosts* isolados para que possam se comunicar entre si. Precisamos de um *switch* de camada de rede ou de uma *bridge*?
- 1-20** Se estivermos usando o protocolo *hop* de roteamento entre dois *hosts*, qual o *hop* de origem e *host* de destino precisamos de um roteador entre os dois?
- 1-21** Explique a diferença entre um *Internet draft* e uma proposta de padrão.
- 1-22** Explique a diferença entre um RFC exigido e um RFC recomendado.
- 1-23** Explique a diferença entre os papéis da IETF e da RFC.

Problemas

- 1-1** Responda às seguintes questões sobre a Figura 1.10 quando a comunicação acontece de Maria para Ana:
- Qual é o serviço provido pela camada 1 para a camada 2 no lado de Maria?
 - Qual é o serviço provido pela camada 1 para a camada 2 no lado de Ana?
- 1-2** Responda às seguintes questões sobre a Figura 1.10 quando a comunicação acontece de Maria para Ana:
- Qual é o serviço provido pela camada 2 para a camada 3 no lado de Maria?
 - Qual é o serviço provido pela camada 2 para a camada 3 no lado de Ana?
- 1-3** Considere que outubro de *hosts* conectados à Internet no ano de 2010 tenha sido 500 milhões. Se o número de *hosts* aumenta apenas 10% por ano, qual será o número de *hosts* no ano de 2020?
- 1-4** Considere um sistema que utilize cinco camadas de protocolo. Se o aplicativo envia uma mensagem de 100 bytes e cada camada (incluindo a quinta e a primeira) adiciona um cabeçalho de 10 bytes à unidade de dados, qual é o tamanho da unidade de dados (em bytes transmitidos) do sistema?
- 1-5** Considere que criamos uma internet de comunicação de pacotes. Usando a pilha de protocolos TCP/IP, precisamos transferir um arquivo enorme. Qual é a vantagem e a desvantagem de enviar pacotes grandes ou mais pequenos em comparação com o envio de um único arquivo?
- desvantagem de rede
 - conexão com o serviço de transmissão
 - prejuízo de tempo para o usuário final
- 1-7** Lige o seguintes conceitos a uma ou mais camadas da pilha de protocolos TCP/IP:
- criação de diagramas de usuário
 - responsabilidade sobre o tratamento de quadros entre os dois adjacentes
 - transformação de *host* em *simul* eletrônico
- 1-8** Na Figura 1.16, quando o protocolo IP desencapsula o pacote da camada de trans-

porte, como ele sabe a qual protocolo da camada superior (UDP ou TCP) o pacote deve ser entregue?

1-9 Considere que uma internet privada use três protocolos diferentes na camada de enlace de rede. Um protocolo é usado para a conexão 1.18 com base na suposição. Poderia dizer que, na camada de enlace de dados, temos demultiplexação no nó de origem e demultiplexação no nó de destino?

1-10 Considere que uma internet privada exija que se mensagem da camada de aplicação seja encapsulada em um pacote antes de ser enviada. Se precisamos adicionar alguma informação sobre o processo de criação/deleção (tais como os algoritmos utilizados no processo), isto significa que os *hosts* precisam enviar mensagens à pilha de protocolos TCP/IP? Reduziria o tamanho do TCP/IP (Figura 1.12b) se você acreditasse que sim.

1-11 Protocolos em camadas podem ser encontrados em muitos aspectos de nossas vidas, tais como viagens aéreas. Imagine que você leja um jornal em um aeroporto e o entregue ao tempo em férias em um hotel. Você precisa passar por alguns processos no aeroporto da sua cidade antes de tomar o avião. Também precisa passar por alguns processos quando chegar ao hotel. Quais são os processos em camadas de protocolo para viagem de ida e volta com algumas camadas, tais como *check-in*, recuperação de bagagem, embarque/desembarque, descolagem/pouso.

1-12 Na Figura 1.4 no texto, existe um único caminho entre um *host* no exterior da conta e um *host* na Internet. Qual é o nome desse caminho? Por que precisamos de dois roteadores nesta *internet*?

1-13 A apresentação dos dados está se tornando cada vez mais importante na Internet atual. Algumas pessoas argumentam que a pilha de protocolos TCP/IP precisa adicionar dados (ver Anexo C). Se esta nova camada for adicionada no futuro, qual deve ser a sua posição na pilha? Redesenhar a Figura 1.12 para incluir a camada.

1-14 Em uma internet, tornamos a tecnologia de LAN para uma nova tecnologia. Quais camadas

