

Behrouz A. Forouzan

Comunicação de Dados e Redes de Computadores

Quarta edição





F727c Forouzan, Behrouz A.

Comunicação de dados e redes de computadores [recurso eletrônico] / Behrouz A. Forouzan com a colaboração de Sophia Chung Fegan ; tradução: Ariovaldo Griesi ; revisão técnica: Jonas Santiago de Oliveira. – 4. ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre : AMGH, 2010.

Editado também como livro impresso em 2008.
ISBN 978-85-63308-47-4

1. Comunicação entre computadores. 2. Redes de computadores. I. Fegan, Sophia Chung. II. Título.

CDU 004.7

Camada de Rede: IP

No modelo Internet, o principal protocolo de rede é o **Internet Protocol (IP)**. Neste capítulo, discutiremos primeiro o internetworking e questões relativas ao protocolo de camada de rede em geral.

Em seguida, falaremos sobre a versão atual do Internet Protocol, versão 4 ou IPv4. Isso nos leva à próxima geração desse protocolo, o IPv6, que pode se tornar o protocolo predominante no futuro próximo.

Finalmente, trataremos das estratégias de transição do IPv4 para o IPv6. Alguns leitores poderão perceber a ausência do IPv5, que é um protocolo experimental, embasado em grande parte no modelo OSI, que jamais se concretizou.

20.1 INTERNETWORKING

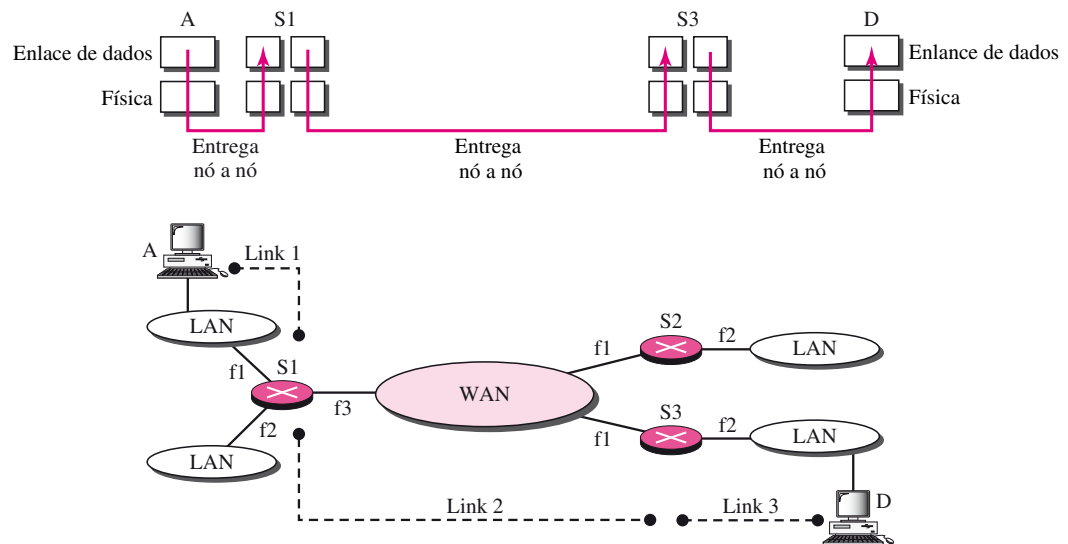
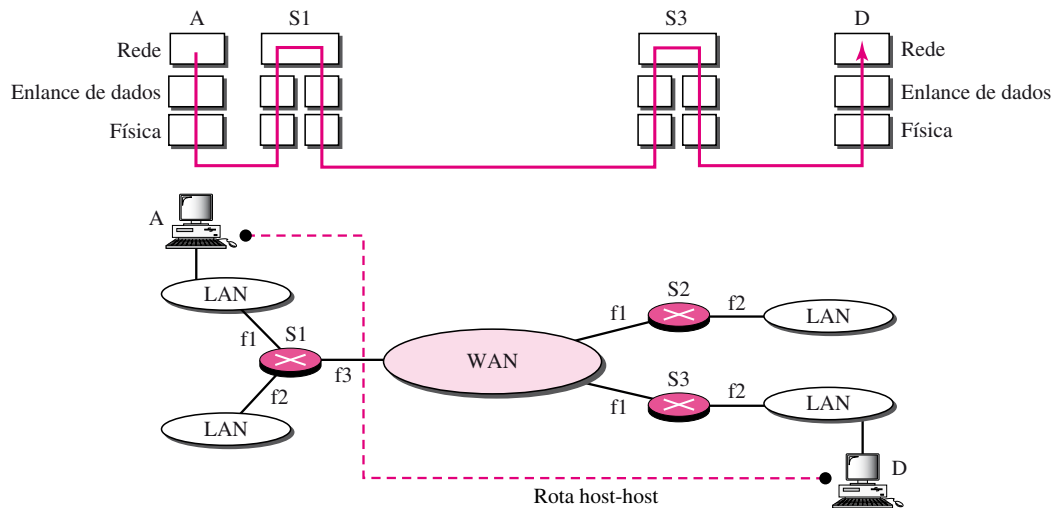
As camadas física e de enlace de dados de uma rede operam localmente. Juntas, essas duas camadas são responsáveis pela entrega de dados na rede de um nó para o seguinte, como mostrado na Figura 20.1.

Essa internetwork é composta por cinco redes: quatro LANs e uma WAN. Se o host A precisar enviar um pacote de dados para o host D, o pacote precisa ir primeiro de A a R1 (um switch ou roteador), em seguida, de R1 a R3 e, finalmente, de R3 para o host D. Dizemos que o pacote de dados passa por três links. Em cada link estão envolvidas duas interfaces de camadas físicas e duas camadas de enlace de dados.

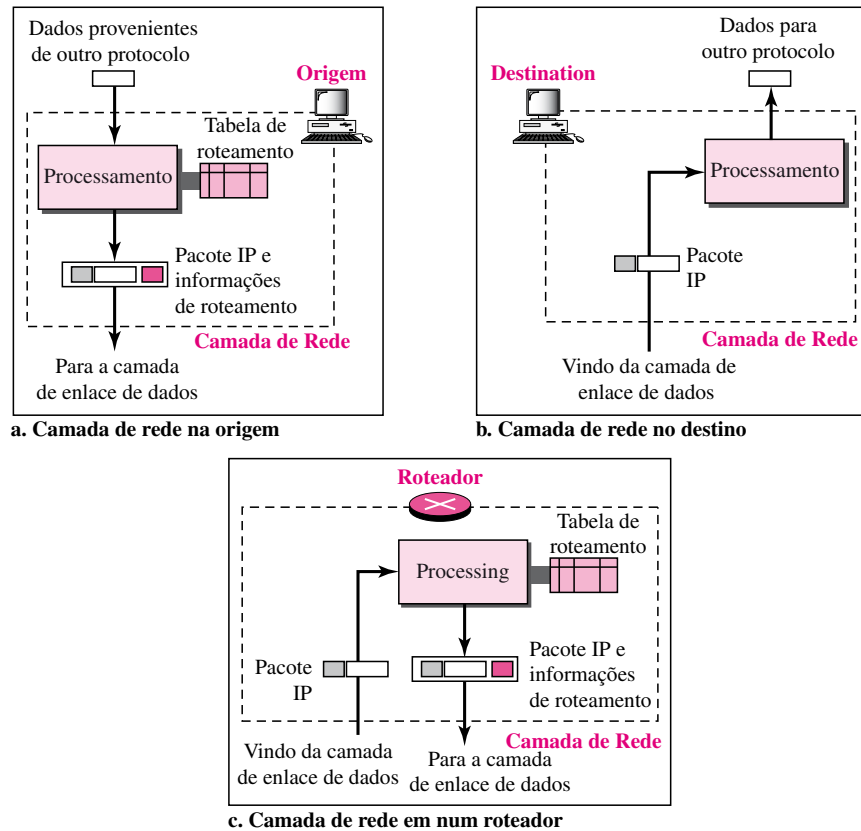
Entretanto, existe um grande problema nesse caso. Quando os dados chegam na interface f1 de R1, como R1 fica sabendo que a interface f3 é a interface de saída? Não há nenhuma informação na camada de enlace de dados (ou na camada física) para auxiliar R1 a tomar a decisão correta. O frame também não transporta qualquer informação de roteamento. O frame contém o endereço MAC de A como origem e o endereço MAC de R1 como destino. Para uma LAN ou WAN, entregar significa transportar o frame por meio de um link e não além disso.

Necessidade da Camada de Rede

Para solucionar o problema de entrega por intermédio de vários links, foi desenvolvida a camada de rede (ou camada internetwork, como é denominada algumas vezes). A camada de rede é responsável pela entrega host-host e por encaminhar os pacotes pelos roteadores ou switches. A Figura 20.2 mostra a mesma internetwork com uma camada de rede acrescentada.

Figura 20.1 *Links entre dois hosts***Figura 20.2** *Camada de rede numa internetwork*

A Figura 20.3 ilustra o conceito geral do funcionamento da camada de rede atuando na origem, em um roteador e no destino. A camada de rede na origem é responsável pela criação de um pacote com dados provenientes de outro protocolo (como um protocolo de camada de transporte ou de um protocolo de roteamento). O cabeçalho do pacote contém, entre outras informações, os endereços lógicos da origem e do destino. A camada de rede é responsável por consultar sua tabela de rotas para encontrar informações de roteamento (como a interface de saída do pacote ou o endereço físico do nó seguinte). Se o pacote for muito grande, ele será fragmentado (a fragmentação será discutida posteriormente neste capítulo).

Figura 20.3 Camada de rede na origem, roteador e destino

A camada de rede no switch ou roteador é responsável por encaminhar o pacote. Quando um pacote chega, o roteador ou switch consulta sua tabela de roteamento e descobre a interface a partir da qual o pacote tem de ser enviado. O pacote, após algumas alterações no cabeçalho, junto com as informações de roteamento, é passado novamente à camada de enlace de dados.

A camada de rede no destino é responsável pela verificação de endereços; ela se certifica que o endereço de destino do pacote é o mesmo que o endereço do host. Se o pacote for um fragmento, a camada de rede espera até que todos os fragmentos tenham chegado e então os remonta e entrega o pacote remontado para a camada de transporte.

Internet como uma Rede de Datagramas

A Internet, na camada de rede, é uma rede de comutação de pacotes. Vimos isso no Capítulo 8. Dizemos que, em geral, a comutação pode ser dividida em três grandes categorias: comutação de circuitos, comutação de pacotes e comutação de mensagens. A comutação de pacotes pode usar tanto o método de circuitos virtuais como o de datagramas.

A Internet optou pelo método de datagramas para a comutação na camada de rede. Ela usa os endereços universais definidos na camada de rede para direcionar pacotes, da origem ao destino.

A comutação na camada de rede na Internet usa a abordagem de datagramas para a comutação de pacotes.

Internet como uma Rede sem Conexão

A entrega de um pacote pode ser realizada usando-se um serviço de rede orientado a conexões ou um sem conexão. Em um **serviço orientado a conexões**, a origem estabelece primeiro uma conexão com o destino antes de iniciar o envio de um pacote. Quando a conexão é estabelecida, uma sequência de pacotes de uma mesma origem para um mesmo destino podem ser enviados um após o outro. Nesse caso, existe uma relação direta entre os pacotes. São enviados por uma mesma rota e em ordem sequencial. Um pacote é associado logicamente ao pacote que está trafegando antes dele e ao que está trafegando depois. Quando todos os pacotes de uma mensagem tiverem sido entregues, a conexão é encerrada.

Em um protocolo orientado a conexões, a decisão sobre a rota de uma sequência de pacotes de iguais origem e endereço de destino é realizada apenas uma vez, quando a conexão é estabelecida. Os roteadores não recalculam a rota para cada pacote individual. Esse tipo de serviço é usado em uma metodologia de circuitos virtuais para a comutação de pacotes, como no Frame Relay e ATM.

No **serviço sem conexão**, o protocolo de camada de rede trata cada pacote de forma independente, em que cada pacote não apresenta nenhuma relação com qualquer outro pacote. Os pacotes em uma mensagem podem ou não trafegar pela mesma rota até seu destino. Esse tipo de serviço é usado na abordagem de datagramas para a comutação de pacotes. A Internet optou por esse tipo de serviço na camada de rede.

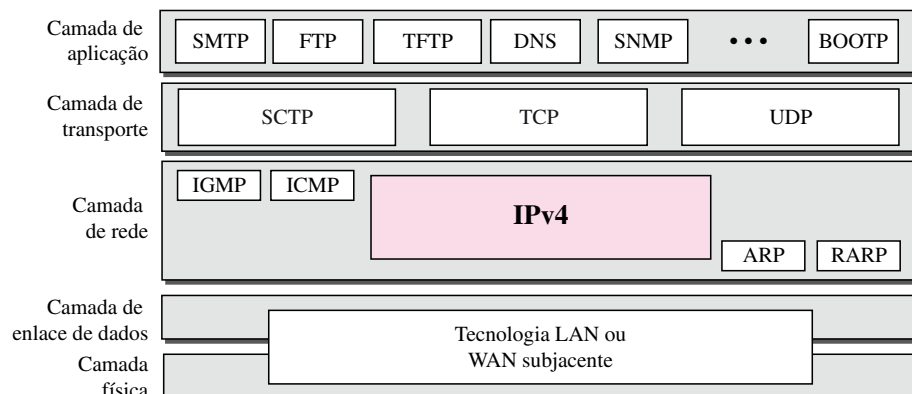
A razão para tal decisão é que a Internet é composta por tantas redes heterogêneas interligadas que é praticamente impossível criar uma conexão desde a origem até o destino sem conhecer previamente a natureza das redes.

A comunicação na camada de rede, na Internet, é sem conexão.

20.2 IPv4

O **IPv4 (Internet Protocol versão 4)** é o mecanismo de entrega usado pelos protocolos TCP/IP. A Figura 20.4 mostra a posição do IPv4 no conjunto de protocolos.

Figura 20.4 Posição do IPv4 no conjunto de protocolos TCP/IP



O IPv4 é um protocolo de datagramas sem conexão e não confiável — um **serviço de entrega best-effort**. O termo *best-effort* significa que o IPv4 não provê mecanismos de controle de erros ou de fluxo (exceto a detecção de erros no cabeçalho). O IPv4 pressupõe a falta de confiabilidade das camadas inferiores e faz o máximo para levar a transmissão até seu destino, mas sem garantias.

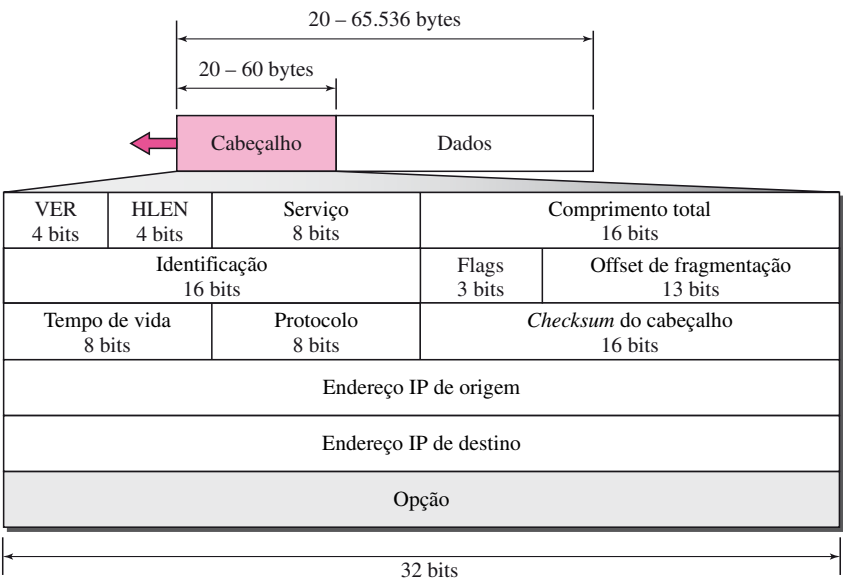
Se a confiabilidade for importante, o IPv4 deve ser usado em conjunto com um protocolo confiável de transporte como o TCP. Um exemplo de serviço de entrega best-effort comumente conhecido é o correio tradicional. O correio faz o máximo para entregar as correspondências, mas nem sempre é bem-sucedido. Se uma carta não registrada for perdida, fica a cargo do remetente ou do pretenso receptor descobrir o paradeiro dela e retificar o problema. O correio não acompanha todas as cartas e não notifica o remetente sobre eventuais perdas ou danos.

O IPv4 também é um protocolo sem conexão para redes de comutação de pacotes que usam a abordagem de datagramas (ver o Capítulo 8). Isso significa que cada datagrama é tratado de forma independente e que cada datagrama pode seguir uma rota diferente até seu destino. Isso implica uma situação na qual datagramas enviados por uma mesma origem a um mesmo destino podem chegar fora de ordem. Da mesma forma, alguns deles poderiam ser perdidos ou corrompidos durante a transmissão. Repetindo, o IPv4 depende de um protocolo de nível superior para tratar todos esses problemas.

Datagrama

Os pacotes na camada IPv4 são denominados **datagramas**. A Figura 20.5 mostra o formato de um datagrama do IPv4.

Figura 20.5 Formato do datagrama no IPv4

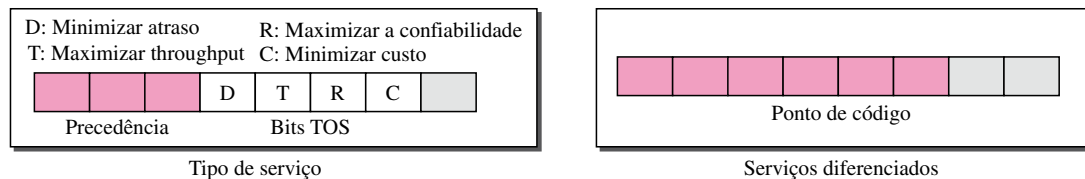


Um datagrama é um pacote de comprimento variável constituído de duas partes: cabeçalho e dados. O cabeçalho tem comprimento de 20 a 60 bytes e contém informações essenciais para o

roteamento e a entrega. É comum no TCP/IP apresentar o cabeçalho em seções de 4 bytes. Uma breve descrição de cada campo se faz necessária.

- ❑ **Versão (VER).** Esse campo de 4 bits define a versão do protocolo IPv4. Atualmente, a versão é 4. Entretanto, a versão 6 (ou IPng) poderá substituir completamente a versão 4 no futuro. Esse campo informa ao software IPv4 rodando na máquina em processamento que o datagrama tem o formato da versão 4. Todos os campos devem ser interpretados conforme especificado na quarta versão do protocolo. Se a máquina estiver usando alguma outra versão do IPv4, o datagrama é descartado em vez de ser interpretado incorretamente.
- ❑ **Comprimento do cabeçalho (HLEN).** Esse campo de 4 bits define o comprimento total do cabeçalho do datagrama em palavras de 4 bytes. Este campo é necessário porque o comprimento do cabeçalho é variável (entre 20 a 60 bytes). Quando não existirem opções, o comprimento do cabeçalho é de 20 bytes e o valor desse campo é 5 ($5 \times 4 = 20$). Quando o campo de opções se encontrar em seu tamanho máximo, seu valor é 15 ($15 \times 4 = 60$).
- ❑ **Serviços.** O IETF mudou a interpretação e o nome deste campo de 8 bits. Esse campo, anteriormente denominação **tipo de serviço**, agora se chama **serviços diferenciados**. Mostramos ambas as interpretações na Figura 20.6.

Figura 20.6 Tipo de serviço ou serviços diferenciados



1. Tipo de Serviço

Nesta interpretação, os três primeiros bits são denominados bits de precedência. Os 4 bits seguintes são chamados bits **TOS (tipo de serviço)** e o último bit não é usado.

- a. **Precedência** é um subcampo de três bits no intervalo que vai de 0 (000 em binário) a 7 (111 em binário). A precedência define a prioridade do datagrama em questões como congestionamento. Se um roteador estiver congestionado e precisar descartar alguns datagramas, aqueles de menor precedência serão descartados primeiro. Alguns datagramas na Internet são mais importantes que outros. Por exemplo, um datagrama usado para administração da rede é muito mais urgente e importante que um datagrama contendo informações opcionais para um grupo.

O subcampo de precedência fazia parte da versão 4, mas jamais foi usado.

- b. **Bits TOS** é um subcampo de 4 bits, cada bit tendo um significado especial. Embora um bit possa ser 0 ou 1, um e somente um dos bits do subcampo pode ter o valor 1 em cada datagrama. Os padrões de bits e suas interpretações são apresentados na Tabela 20.1. Com apenas 1 bit ativo por vez, podemos ter até cinco tipos diferentes de serviço.

Tabela 20.1 *Tipos de serviço*

<i>Bits TOS</i>	<i>Descrição</i>
0000	Normal (padrão)
0001	Minimizar custo
0010	Maximizar confiabilidade
0100	Maximizar throughput
1000	Minimizar atraso

Os programas aplicativos podem solicitar um tipo de serviço específico. Os padrões para algumas aplicações são mostrados na Tabela 20.2.

Tabela 20.2 *Tipos de serviço padrão*

<i>Protocolo</i>	<i>Bits TOS</i>	<i>Descrição</i>
ICMP	0000	Normal
BOOTP	0000	Normal
NNTP	0001	Minimizar custo
IGP	0010	Maximizar confiabilidade
SNMP	0010	Maximizar confiabilidade
TELNET	1000	Minimizar atraso
FTP (dados)	0100	Maximizar throughput
FTP (controle)	1000	Minimizar atraso
TFTP	1000	Minimizar atraso
SMTP (comando)	1000	Minimizar atraso
SMTP (dados)	0100	Maximizar throughput
DNS (sobre UDP)	1000	Minimizar atraso
DNS (sobre TCP)	0000	Normal
DNS (zona)	0100	Maximizar throughput

Fica evidente, pela Tabela 20.2, que atividades interativas, atividades que exigem atenção imediata e atividades que exigem resposta imediata precisam de um atraso mínimo. Atividades que enviam grandes quantidades de dados requerem throughput máximo. Atividades de administração necessitam de confiabilidade máxima. Atividades de segundo plano precisam de custo mínimo.

2. Serviços Diferenciados

Nessa interpretação, os seis primeiros bits formam o subcampo **codepoint** e os últimos 2 bits não são usados. O subcampo codepoint pode ser utilizado de duas formas diferentes.

- a. Quando os três bits mais à direita forem 0s, os 3 bits mais à esquerda são interpretados iguais aos bits de precedência da interpretação de tipo de serviço. Em outras palavras, ele é compatível com a interpretação antiga.

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