

# **Redes de Computadores – 2018**

## **Lista de Exercícios 1**

Resolva os seguintes exercícios do livro texto (para sua comodidade, as questões estão reproduzidas neste arquivo): 5, 6, 7, 8, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 31, 34, 38, 39, 40.

## EXERCÍCIOS

- 1 Use o FTP anônimo para se conectar a `ftp.isi.edu` (diretório `in-notes`) e apanhe o índice de RFCs. Além disso, apanhe as especificações de protocolo para TCP, IP e UDP.

- 2 Examine o site Web

<http://www.cs.princeton.edu/nsg>

Aqui, você poderá ler a respeito da pesquisa em andamento sobre redes, na Princeton University, e ver uma foto do autor Larry Peterson. Siga os links para encontrar uma foto do autor Bruce Davie.

- 3 Use uma ferramenta de busca da Web para localizar informações úteis, genéricas e não comerciais sobre os seguintes assuntos: Mbone, ATM, MPEG, IPv6 e Ethernet.
- 4 O utilitário `whois` do Unix pode ser usado para localizar o nome de domínio correspondente a uma organização, ou vice-versa. Leia a documentação da “man page” para o `whois` e experimente-o. Experimente `whois.princeton.edu` e `whois.princeton`, para os iniciantes.
- 5 Calcule o tempo total necessário para transferir um arquivo de 1.000 KB nos seguintes casos, considerando um RTT de 100 ms, um tamanho de pacote de 1 KB e um “handshaking” inicial de  $2 \times \text{RTT}$  antes que os dados sejam enviados.
  - (a) A largura de banda é de 1,5 Mbps, e os pacotes de dados podem ser enviados continuamente.
  - (b) A largura de banda é de 1,5 Mbps, mas depois que terminarmos de enviar cada pacote de dados, temos que esperar um RTT antes de enviar o seguinte.
  - (c) A largura de banda é “infinita”, significando que consideramos o tempo de transmissão como zero, e até 20 pacotes podem ser enviados por RTT.
  - (d) A largura de banda é infinita, e durante o primeiro RTT, podemos enviar um pacote ( $2^{1-1}$ ), durante o segundo RTT podemos enviar dois pacotes ( $2^{2-1}$ ), durante o terceiro podemos enviar quatro ( $2^{3-1}$ ) e assim por diante. (Uma justificativa para tal aumento exponencial será dada no Capítulo 6.)
- ✓ 6 Calcule o tempo total necessário para transferir um arquivo de 1,5 MB nos seguintes casos, considerando um RTT de 80 ms, um tamanho de pacote de 1 KB e um “handshaking” inicial de  $2 \times \text{RTT}$  antes que os dados sejam enviados.
  - (a) A largura de banda é de 10 Mbps, e os pacotes de dados podem ser enviados continuamente.
  - (b) A largura de banda é de 10 Mbps, mas depois que terminarmos de enviar cada pacote de dados, temos que esperar um RTT antes de enviar o seguinte.
  - (c) O enlace permite uma transmissão infinitamente rápida, mas limita a largura de banda de modo que somente 20 pacotes possam ser enviados por RTT.
  - (d) Tempo de transmissão zero, como em (c), mas durante o primeiro RTT podemos enviar um pacote, durante o segundo RTT podemos enviar dois pacotes, durante o terceiro podemos enviar quatro =  $2^{3-1}$  e assim por diante. (Uma justificativa para tal aumento exponencial será dada no Capítulo 6.)
- 7 Considere um enlace ponto a ponto com 2 km de extensão. Em que largura de banda o retardo de propagação (na velocidade de  $2 \times 10^8$  m/s) seria igual ao retardo de transmissão para pacotes de 100 bytes? E quanto a pacotes de 512 bytes?
- ✓ 8 Considere um enlace ponto a ponto com 50 km de extensão. Em que largura de banda o retardo de propagação (na velocidade de  $2 \times 10^8$  m/s) seria igual ao retardo de transmissão para pacotes de 100 bytes? E quanto a pacotes de 512 bytes?

- 9 Que propriedades dos endereços postais provavelmente seriam compartilhadas por um esquema de endereçamento de redes? Que diferenças você poderia encontrar? Que propriedades do sistema de numeração de telefones poderiam ser compartilhadas por um esquema de endereçamento de redes?
- 10 Uma propriedade dos endereços é que eles são exclusivos; se dois nós tivessem o mesmo endereço, seria impossível distinguir entre eles. Que outras propriedades poderiam ser úteis para os endereços de rede? Você consegue imaginar algumas situações sérias em que os endereços de rede (ou postais ou de telefone) poderiam *não* ser exclusivos?
- 11 Dê um exemplo de uma situação em que os endereços de multicast poderiam ser benéficos.
- 12 Que diferenças nos padrões de tráfego são responsáveis pelo fato de que STDMA é uma forma econômica de multiplexação para uma rede telefônica de voz e FDM é uma forma econômica de multiplexação para redes de televisão e rádio, embora os tenhamos rejeitado por não serem econômicos para uma rede de computadores de uso geral?
- 13 Qual é a “largura” de um bit em um enlace de 1 Gbps? Por quanto tempo o bit permanece no fio de cobre, onde a velocidade de propagação é de  $2,3 \times 10^8$  m/s?
- 14 Quanto tempo é necessário para transmitir  $x$  KB por um enlace de  $y$  Mbps? Dê sua resposta como uma razão entre  $x$  e  $y$ .
- 15 Suponha que um enlace ponto a ponto de 100 Mbps esteja sendo montado entre a Terra e uma nova colônia lunar. A distância entre a lua e a Terra é de aproximadamente 385.000 km, e os dados trafegam pelo enlace na velocidade da luz –  $3 \times 10^8$  m/s.
  - (a) Calcule o RTT mínimo para o enlace.
  - (b) Usando o RTT como retardo, calcule o produto retardo  $\times$  largura de banda para o enlace.
  - (c) Qual é o significado do produto retardo  $\times$  largura de banda calculado em (b)?
  - (d) Uma câmera na base lunar tira fotos da Terra e as salva em formato digital no disco. Suponha que o Controle da Missão na Terra queira baixar a imagem mais recente, que contém 25 MB. Qual é o tempo mínimo que se passará entre o momento em que a solicitação dos dados é emitida e a transferência termina?
- ✓ 16 Suponha que um enlace ponto a ponto de 100 Mbps seja montado entre a Terra e um robô em Marte. A distância da Terra a Marte (quando estão mais próximos) é de aproximadamente 55 Gm, e os dados trafegam pelo enlace na velocidade da luz –  $3 \times 10^8$  m/s.
  - (a) Calcule o RTT mínimo para o enlace.
  - (b) Calcule o produto retardo  $\times$  largura de banda para o enlace.
  - (c) Uma câmera no robô tira fotos de seus arredores e as envia à Terra. Com quanto tempo, depois que a foto é tirada, ela atinge o Controle da Missão na Terra? Considere que cada imagem tem um tamanho de 5 MB.
- 17 Para cada uma das seguintes operações em um servidor de arquivos remoto, discuta se elas têm maior probabilidade de serem sensíveis ao retardo ou sensíveis à largura de banda.
  - (a) Abrir um arquivo.
  - (b) Ler o conteúdo de um arquivo.
  - (c) Listar o conteúdo de um diretório.
  - (d) Exibir os atributos de um arquivo.
- 18 Calcule a latência (do primeiro bit enviado ao último bit recebido) para os seguintes casos:
  - (a) Ethernet a 10 Mbps com um único switch do tipo armazenar e encaminhar no caminho, e um tamanho de pacote de 5.000 bits. Considere que cada enlace introduz um retardo de propagação de  $10 \mu\text{s}$  e que o switch começa a retransmitir imediatamente depois que terminar de receber o pacote.



- (b) O mesmo que (a), mas com três switches.
- (c) O mesmo que (a), mas considere que o switch implementa a comutação “cut-through”: ele é capaz de começar a retransmitir o pacote depois que os primeiros 200 bits tiverem sido recebidos.
- ✓ 19 Calcule a latência (do primeiro bit enviado ao último bit recebido) para os seguintes casos:
- (a) Ethernet a 1 Gbps com um único switch do tipo armazenar e encaminhar no caminho, e um tamanho de pacote de 5.000 bits. Considere que cada enlace introduz um retardo de propagação de  $10\ \mu\text{s}$  e que o switch começa a retransmitir imediatamente depois que terminar de receber o pacote.
- (b) O mesmo que (a), mas com três switches.
- (c) O mesmo que (a), mas considere que o switch implementa a comutação “cut-through”: ele é capaz de começar a retransmitir o pacote depois que os primeiros 128 bits tiverem sido recebidos.
- 20 Calcule a largura de banda efetiva para os seguintes casos. Para (a) e (b), considere que existe um fornecimento constante de dados para enviar; para (c), simplesmente calcule a média durante 12 horas.
- (a) Ethernet a 10 Mbps através de três switches do tipo armazenar e encaminhar, como no Exercício 18(b). Os switches podem enviar em um enlace enquanto recebem no outro.
- (b) O mesmo que (a), mas com o emissor tendo que esperar por um pacote de confirmação de 50 bytes depois de enviar cada pacote de dados de 5.000 bits.
- (c) Remessa noturna (12 horas) de 100 CDs (650 MB cada).
- 21 Calcule o produto retardo  $\times$  largura de banda para os seguintes enlaces. Use o retardo unidirecional, medido do primeiro bit enviado ao primeiro bit recebido.
- (a) Ethernet a 10 Mbps com um retardo de  $10\ \mu\text{s}$ .
- (b) Ethernet a 10 Mbps com um único switch do tipo armazenar e encaminhar, como no Exercício 18(a), tamanho de pacote de 5.000 bits e retardo de propagação de  $10\ \mu\text{s}$  por enlace.
- (c) Enlace T1 a 1,5 Mbps, com um retardo transcontinental unidirecional de 50 ms.
- (d) Enlace T1 a 1,5 Mbps, através de um satélite em órbita geossíncrona, a 35.900 km de altura. O único retardo é o retardo de propagação da velocidade da luz.
- 22 Os hosts A e B estão conectados a um switch S por meio de enlaces de 10 Mbps, como na Figura 1.25. O retardo de propagação em cada enlace é de  $20\ \mu\text{s}$ . S é um dispositivo do tipo armazenar e encaminhar; ele começa a retransmitir um pacote recebido  $35\ \mu\text{s}$  após ter terminado de recebê-lo. Calcule o tempo total necessário para transmitir 10.000 bits de A para B

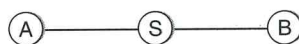


Figura 1.25 Diagrama para o Exercício 22.

- (a) como um único pacote
- (b) como dois pacotes de 5.000 bits enviados um após o outro
- 23 Suponha que um host tenha um arquivo de 1 MB que deve ser enviado para outro host. O arquivo leva 1 segundo de tempo de CPU para compactar 50%, ou 2 segundos para compactar 60%.
- (a) Calcule a largura de banda na qual cada opção de compactação utiliza o mesmo tempo total de compactação + transmissão.
- (b) Explique por que a latência não afeta sua resposta.

- 24** Suponha que um certo protocolo de comunicações envolva uma sobrecarga por pacote de 100 bytes para cabeçalhos e enquadramento. Enviamos 1 milhão de bytes de dados usando esse protocolo; porém, um byte de dados é adulterado e o pacote inteiro que o contém é perdido. Dê o número total de bytes de sobrecarga + perdidos para os tamanhos de dados de pacote de 1.000, 5.000, 10.000 e 20.000 bytes. Qual é o tamanho ideal?
- 25** Imagine que você queria transferir um arquivo de  $n$  bytes por um caminho composto da origem, destino, sete enlaces ponto a ponto e cinco switches. Suponha que cada enlace tenha um retardo de propagação de 2 ms, largura de banda de 4 Mbps e que os switches admitam a comutação de circuitos e de pacotes. Assim, você pode dividir o arquivo em pacotes de 1 KB ou configurar um circuito através dos switches e enviar o arquivo como um fluxo de bits contíguo. Suponha que os pacotes tenham 24 bytes de informações de cabeçalho do pacote e 1.000 bytes de carga útil (payload), que o processamento de pacotes do tipo armazenar e encaminhar em cada switch incorra um retardo de 1 ms após o pacote ter sido completamente recebido, que os pacotes podem ser enviados continuamente sem esperar confirmações, e que a configuração do circuito exija uma mensagem de 1 KB faça uma viagem de ida e volta no caminho, incorrendo em um retardo de 1 ms em cada switch, depois que a mensagem tiver sido completamente recebida. Considere que os switches não introduzem retardo aos dados que atravessam um circuito. Você também pode considerar que o tamanho de arquivo é um múltiplo de 1.000 bytes.
- Para que tamanho de arquivo  $n$  bytes o número total de bytes enviados pela rede é menor para circuitos do que para pacotes?
  - Para que tamanho de arquivo  $n$  bytes a latência total incorrida antes que o arquivo inteiro chegue no destino é menor para circuitos do que para pacotes?
  - Qual é a sensibilidade desses resultados ao número de switches ao longo do caminho? À largura de banda dos enlaces? À razão entre tamanho de pacote e tamanho de cabeçalho do pacote?
  - Que precisão você imagina que tenha esse modelo de méritos relativos entre circuitos e pacotes? Ele ignora considerações importantes que deixam em dúvida uma ou outra técnica? Nesse caso, que considerações são essas?
- 26** Considere uma rede de loop fechado (por exemplo, token ring) com largura de banda de 100 Mbps e velocidade de propagação de  $2 \times 10^8$  m/s. Qual seria a circunferência do loop para conter exatamente um pacote de 250 bytes, supondo que os nós não introduzem retardo? Qual seria a circunferência se houvesse um nó a cada 100 m, e cada nó introduzisse 10 bits de retardo?
- 27** Compare os requisitos de canal para o tráfego de voz com os requisitos para a transmissão de música em tempo real, em termos de largura de banda, retardo e flutuação. O que precisaria melhorar? Em aproximadamente quanto? Algum requisito do canal poderia ser relaxado?
- 28** Para os seguintes itens, considere que nenhuma compactação de dados é realizada; isso na prática quase nunca aconteceria. Para (a)-(c), calcule a largura de banda necessária para a transmissão em tempo real:
- Vídeo em uma resolução de  $640 \times 480$ , e bytes/pixel, 30 quadros/segundo.
  - Vídeo em  $160 \times 120$ , 1 byte/pixel, 5 quadros/segundo.
  - Música de CD-ROM, supondo que um CD contenha 75 minutos de música e ocupe 650 MB.
  - Considere que um fax transmite uma imagem preto e branco de  $8 \times 10$  polegadas em uma resolução de 72 pixels por polegada. Quanto tempo isso levará em um modem de 14,4 Kbps?



- ✓ **29** Para os itens a seguir, como no problema anterior, considere que nenhuma compactação de dados seja realizada. Calcule a largura de banda necessária para transmitir em tempo real:
- (a) Vídeo HDTV de alta resolução em uma resolução de  $1920 \times 1080$ , 24 bits/pixel, 30 quadros/segundo.
  - (b) Áudio de voz POTS (serviço telefônico comum) com amostras de 8 bits a 8 KHz.
  - (c) Áudio de voz GSM móvel com amostras de 260 bits a 50 Hz.
  - (d) Áudio de alta definição HDCD com amostras de 24 bits a 88,2 KHz.
- 30** Discuta as necessidades de desempenho relativas das seguintes aplicações, em termos de largura de banda média, largura de banda de pico, latência, flutuação e tolerância a perdas:
- (a) Servidor de arquivos
  - (b) Servidor de impressão
  - (c) Biblioteca digital
  - (d) Monitoração de rotina de instrumentos remotos de previsão do tempo
  - (e) Voz
  - (f) Monitoração por vídeo de uma sala de espera
  - (g) Transmissão de televisão
- 31** Suponha que um meio compartilhado  $M$  ofereça aos hosts  $A_1, A_2, \dots, A_N$  em um padrão de rodízio uma oportunidade de transmitir um pacote; os hosts que não têm nada para enviar imediatamente abrem mão de  $M$ . Como isso difere da STDM? Como você poderia comparar a utilização de rede desse esquema com a STDM?
- ★ **32** Considere um protocolo simples para transferir arquivos por um enlace. Depois de alguma negociação inicial,  $A$  envia pacotes de dados com o tamanho de 1 KB para  $B$ ;  $B$  então responde com uma confirmação.  $A$  sempre espera cada ACK antes de enviar o próximo pacote de dados; isso é conhecido como *parar e esperar*. Os pacotes que não chegaram a tempo são considerados perdidos, sendo retransmitidos.
- (a) Na ausência de quaisquer perdas ou duplicações de pacotes, explique por que não é necessário incluir quaisquer dados de “número de sequência” nos cabeçalhos de pacote.
  - (b) Suponha que o enlace possa perder pacotes ocasionalmente, mas que os pacotes sempre chegam na ordem enviada. Um número de sequência de 2 bits (ou seja  $N \bmod 4$ ) seria suficiente para  $A$  e  $B$  detectarem e reenviarem quaisquer pacotes perdidos? Um número de sequência de 1 bit seria suficiente?
  - (c) Agora suponha que o enlace possa oferecer pacotes fora de ordem, e que às vezes um pacote pode ser entregue até 1 minuto depois dos pacotes subsequentes. Como isso mudaria os requisitos de número de sequência?
- ★ **33** Suponha que os hosts  $A$  e  $B$  estejam conectados por um enlace. O Host  $A$  transmite continuamente a hora atual de um relógio de alta precisão, a uma velocidade regular, rápida o suficiente para consumir toda a largura de banda disponível. O host  $B$  precisa desses valores de tempo e grava cada um emparelhado com seu próprio horário, vindo de um relógio local, sincronizado com o de  $A$ . Dê exemplos qualitativos da saída de  $B$ , supondo que o enlace tenha:
- (a) alta largura de banda, alta latência, baixa flutuação
  - (b) baixa largura de banda, alta latência, alta flutuação
  - (c) alta largura de banda, baixa latência, baixa flutuação, dados perdidos ocasionais

Por exemplo, um enlace com flutuação zero, uma largura de banda alta o suficiente para escrever cada pulso de clock alternado, e uma latência de 1 pulso poderia gerar algo como (0000, 0001), (0002, 0003), (0004, 0005).

- 34 Obtenha e monte o programa de exemplo de soquete simplex-talk mostrado no texto. Inicie um servidor e um cliente, em janelas separadas. Enquanto o primeiro cliente está sendo executado, inicie 10 outros clientes que se conectam ao mesmo servidor; esses outros clientes provavelmente deverão ser iniciados em segundo plano, com sua entrada redirecionada de um arquivo. O que acontece com esses 10 clientes? Seus connect( )s falham, esgotam seu tempo limite ou têm sucesso? Alguma outra chamada é bloqueada? Agora encerre o primeiro cliente. O que acontece? Experimente isso também com o valor de servidor MAX\_PENDING definido como 1.
- 35 Modifique o programa de soquete simplex-talk de modo que, toda vez que o cliente enviar uma linha ao servidor, o servidor envie a linha de volta ao cliente. O cliente (e o servidor) agora terão que fazer chamadas alternativas a recv( ) e send( ).
- 36 Modifique o programa de soquete simplex-talk de modo que ele utilize UDP como protocolo de transporte, em vez de TCP. Você terá que mudar SOCK\_STREAM para SOCK\_DGRAM no cliente e no servidor. Depois, no servidor, remova as chamadas a listen( ) e accept( ) e substitua os dois loops aninhados no final por um único loop que chama recv( ) com o soquete s. Finalmente, veja o que acontece quando dois desses clientes UDP se conectam simultaneamente ao mesmo servidor UDP e compare isso com o comportamento do TCP.
- 37 Investigue as diferentes opções e parâmetros que você pode definir para uma conexão TCP. (Use man tcp no Unix.) Experimente as diversas configurações de parâmetro para ver como elas afetam o desempenho do TCP.
- 38 O utilitário ping do Unix pode ser usado para encontrar o RTT a diversos hosts da Internet. Leia a man page do ping e use-a para encontrar o RTT até www.cs.princeton.edu em Nova Jérsei e www.cisco.com na Califórnia. Meça os valores do RTT em diferentes horários do dia, comparando os resultados. Qual seria o motivo das diferenças?
- 39 O utilitário traceroute do Unix (ou seu equivalente tracert no Windows) pode ser usado para encontrar a seqüência de roteadores através dos quais uma mensagem é roteada. Use isso para encontrar o caminho desde o seu site até alguns outros. Qual é a relação entre o número de saltos (hops) e os tempos de RTT de ping? Qual é a relação entre o número de saltos e a distância geográfica?
- 40 Use o traceroute, como no exercício anterior, para mapear alguns dos roteadores dentro da sua organização (ou para verificar que nenhum é utilizado).

