

befasst sich als einer der ersten Autoren mit der Beziehung zwischen modularem Design und Protokolleistung [Cla82] und in [Cla85] mit der Strukturierung von Protokollcode durch so genannte Upcalls. Der Protokoll-Overhead von TCP wird in [CJRS89] betrachtet. [WM87] befasst sich mit der Effizienzsteigerung durch angemessene Design- und Implementierungsentscheidungen.

In verschiedenen Arbeiten werden spezifische Techniken und Mechanismen für die Verbesserung der Leistung von Protokollen vorgestellt. [HMPT89] beschreibt einige im x-Kernel benutzte Mechanismen, [MD93] verschiedene Implementierungen von Demux-Tabellen, [VL87] den für die Verwaltung von Protokollereignissen benutzten Timing-Wheel-Mechanismus und [DP93] eine effiziente Strategie zur Pufferverwaltung. Die Leistung von Protokollen auf parallelen Prozessoren (hierbei ist das zentrale Problem die gegenseitige Blockade) ist Themenschwerpunkt in [BG93] und [NYKT94].

Da viele Aspekte einer Protokollimplementierung von der Kenntnis der Grundlagen von Betriebssystemen abhängen, empfehlen wir die Lektüre von Finkel [Fin88], Bic und Shaw [BS88] und Tanenbaum [Tan01] als Einführung in Betriebssystemkonzepten.

Jedes Kapitel dieses Buchs endet mit einem Abschnitt über weiterführende Literatur und einer Reihe von URLs, die Informationen über das jeweilige Thema enthalten. Wir beschränken uns dabei auf Websites, die Software anbieten, einen Dienst bereitstellen oder über die Aktivitäten einer Arbeitsgruppe oder eines Standardisierungsgremiums berichten. Da es gut möglich ist, dass sie nicht über einen unbegrenzten Zeitraum hinweg zur Verfügung stehen, führen wir also nur Websites mit Material auf, das über andere Quellen nicht leicht zugänglich ist. Für dieses Kapitel haben wir folgende WWW-Quellen zusammengestellt:

- <http://www.dpunkt.de/lehrbuch/netzwerke>: Informationen zu diesem Buch, einschließlich Beilagen, Ergänzungen usw. (siehe auch <http://www.mkp.com>)
- <http://www.acm.org/sigcomm/sos.html>: Status verschiedener Netzwerkstandards, darunter die von IETF, ISO und IEEE
- <http://www.ietf.org/>: Informationen über die IETF und ihre Arbeitsgruppen
- <http://www.cs.columbia.edu/~hgs/netbib/>: Bibliographie netzspezifischer Forschungsarbeiten

1.8 Übungen

1. Stellen Sie über anonymes FTP eine Verbindung zu <ftp.isi.edu> (Verzeichnis in-notes) her und laden Sie den RFC-Index sowie die Protokollspezifikationen für TCP, IP und UDP herunter.
2. Sehen Sie sich auf der Webseite <http://www.cs.princeton.edu/nsg> um. Sie können dort aktuelle Forschungsarbeiten im Vernetzungsbereich an der Princeton-

Universität nachlesen. Die Seite enthält ein Bild des Autors Larry Peterson und einen Link, über den Sie zu einem Bild des Autors Bruce Davie gelangen.

3. Benutzen Sie ein Web-Suchwerkzeug, um nützliche allgemeine, nicht kommerzielle Informationen über folgende Themen zu finden: Mbone, ATM, MPEG, IPv6 und Ethernet.
4. Die Unix-Utility `whois` kann benutzt werden, um den Domain-Namen einer Firma, oder umgekehrt, zu finden. Lesen Sie die Dokumentation über `whois` und experimentieren Sie damit. Versuchen Sie als Einstieg `whois princeton.edu` und `whois princeton`.
5. Berechnen Sie die Zeit, die insgesamt erforderlich ist, um eine 1000-KB-Datei in den folgenden Fällen zu übertragen. Gehen Sie von einer RTT von 100 ms, einer Paketgröße von 1 KB und von anfangs $2 \times \text{RTT}$ für das vor der Übertragung ablaufende »Handshaking« aus.
 - a. Die Bandbreite beträgt 1,5 Mbit/s und Datenpakete können fortlaufend gesendet werden.
 - b. Die Bandbreite beträgt 1,5 Mbit/s, nach der Übertragung jedes Pakets müssen wir aber eine RTT warten, bis das nächste gesendet werden kann.
 - c. Die Bandbreite ist »unendlich«, was bedeutet, dass wir von einer Übertragungszeit von Null ausgehen, und dass bis zu 20 Pakete pro RTT gesendet werden können.
 - d. Die Bandbreite ist unendlich, und während der ersten RTT können wir ein Paket (2^{1-1}), während der zweiten zwei Pakete (2^{2-1}), während der dritten vier (2^{3-1}) usw. senden. (Der Grund für die exponentielle Zunahme wird in Kapitel 6 erklärt.)
- ✓ 6. Berechnen Sie die Zeit, die insgesamt erforderlich ist, um eine 1,5-MB-Datei in den folgenden Fällen zu übertragen. Gehen Sie von einer RTT von 80 ms, einer Paketgröße von 1 KB und von anfangs $2 \times \text{RTT}$ für das vor der Übertragung ablaufende »Handshaking« aus.
 - a. Die Bandbreite beträgt 10 Mbit/s und Datenpakete können fortlaufend gesendet werden.
 - b. Die Bandbreite beträgt 10 Mbit/s, nach der Übertragung jedes Pakets müssen wir aber eine RTT warten, bis das nächste gesendet werden kann.
 - c. Die Bandbreite ist »unendlich«, was bedeutet, dass wir von einer Übertragungszeit von Null ausgehen und dass bis zu 20 Pakete pro RTT gesendet werden können.
 - d. Die Übertragungszeit sei Null wie in (c), aber während der ersten RTT können wir ein Pakete, während der zweiten zwei Pakete, während der dritten

vier (2^{3-1}) senden usw. (Der Grund für die exponentielle Zunahme wird in Kapitel 6 erklärt.)

7. Betrachten Sie ein LAN mit einer maximalen Entfernung von 2 km. Bei welcher Bandbreite wäre die Ausbreitungsverzögerung (mit einer Geschwindigkeit von 2×10^8 m/s) bei 100-Byte-Paketen identisch mit der Übertragungsverzögerung? Wie hoch wäre sie bei 512-Byte-Paketen?
- ✓ 8. Betrachten Sie ein LAN mit einer maximalen Entfernung von 50 km. Bei welcher Bandbreite wäre die Ausbreitungsverzögerung (mit einer Geschwindigkeit von 2×10^8 m/s) bei 100-Byte-Paketen identisch mit der Übertragungsverzögerung? Wie hoch wäre sie bei 512-Byte-Paketen?
9. Welche Merkmale von Postadressen würde man höchstwahrscheinlich in ein Adressierschema für ein Netzwerk aufnehmen? Welche Unterschiede würden Sie erwarten? Welche Eigenschaften des Telefonnummernsystems würde man in das Adressierschema eines Netzwerks aufnehmen?
10. Adressen zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass sie eindeutig sind. Wenn zwei Knoten die gleiche Adresse hätten, könnte man sie nicht unterscheiden. Welche weiteren Merkmale wären für Netzwerkadressen nützlich? Können Sie sich Fälle vorstellen, in denen Adressen eines Netzwerks (bzw. des Post- oder Telefonsystems) *nicht* eindeutig sind?
11. Führen Sie einen Beispielfall an, bei dem Multicast-Adressen vorteilhaft wären.
12. Auf welche Unterschiede in Verkehrsmustern ist die Tatsache zurückzuführen, dass STDM kostengünstiges Multiplexen für ein Sprachtelefonnetz und FDM kostengünstiges Multiplexen für Fernseh- und Radionetze bieten, obwohl wir beides für ein allgemeines Rechnernetz als nicht kostengünstig verwerfen?
13. Wie »breit« ist ein Bit in einer 1-Gbit/s-Verbindungsleitung? Wie lang ist ein Bit in einem Kupferkabel, wenn die Ausbreitungsgeschwindigkeit $2,3 \times 10^8$ m/s beträgt?
14. Wie lange dauert es, um x KB über eine y -Mbit/s-Verbindungsleitung zu übertragen? Geben Sie Ihre Lösung als Verhältnis von x und y an.
15. Angenommen, zwischen der Erde und einer neuen Mondkolonie wird eine Punkt-zu-Punkt-Leitung mit 100 Mbit/s eingerichtet. Die Entfernung vom Mond zur Erde beträgt ungefähr 385.000 km, und Daten fließen in Lichtgeschwindigkeit $- 3 \times 10^8$ m/s – über die Leitung.
 - a. Berechnen Sie die minimale RTT für die Verbindungsleitung.

- b. Unter Verwendung der RTT als Verzögerung berechnen Sie das Verzögerung-Bandbreite-Produkt für die Verbindungsleitung.
 - c. Welche Bedeutung hat das in b. berechnete Verzögerung-Bandbreite-Produkt?
 - d. Eine in der Mondstation installierte Kamera nimmt Bilder von der Erde auf und speichert sie in digitalem Format auf Platte. Die Bodenstation möchte das neueste Bild, das 25 MB umfasst, herunterladen. Wie viel Zeit verstreicht mindestens vom Absenden der Anfrage nach den Daten bis zum Ende der Übertragung?
- ✓ 16. Angenommen, zwischen der Erde und einem Marslandefahrzeug wird eine Punkt-zu-Punkt-Leitung mit 128 kbit/s eingerichtet. Die Entfernung vom Mars zur Erde beträgt ungefähr 55×10^9 m, und Daten fließen in Lichtgeschwindigkeit $- 3 \times 10^8$ m/s – über die Leitung.
 - a. Berechnen Sie die minimale RTT für die Verbindungsleitung.
 - b. Berechnen Sie das Verzögerung-Bandbreite-Produkt für die Verbindungsleitung.
 - c. Eine auf dem Fahrzeug installierte Kamera nimmt Bilder von der Umgebung auf und sendet sie zur Erde. Wie viel Zeit verstreicht mindestens vom Aufnehmen des Bildes bis zum Ende der Übertragung an die Bodenkontrolle? Gehen Sie von einer Bildgröße von 5 MB aus.
17. Erläutern Sie zu jeder der folgenden, auf einem entfernten Datei-Server laufenden Operationen, ob sie eher auf Verzögerung oder eher auf Bandbreite empfindlich reagiert:
 - a. Öffnen einer Datei.
 - b. Lesen des Inhalts einer Datei.
 - c. Auflisten des Inhalts eines Verzeichnisses.
 - d. Anzeigen der Attribute einer Datei.
18. Berechnen Sie die Latenz (vom ersten gesendeten bis zum letzten empfangenen Bit) für folgende Fälle:
 - a. 10-Mbit/s-Ethernet mit einem einzigen Speichervermittler (Store-and-Forward-Switch) auf der Strecke und einer Paketgröße von 5.000 Bit. Gehen Sie davon aus, dass jede Verbindungsleitung eine Ausbreitungsverzögerung von $10 \mu\text{s}$ einführt, und dass der Switch sofort, nachdem er das Paket vollständig empfangen hat, mit der erneuten Übertragung beginnt.
 - b. Wie in a., jedoch mit drei Switchen.

- c. Wie in a., jedoch mit einem Switch, der »Cut-Through« implementiert, also in der Lage ist, mit der erneuten Übertragung des Pakets bereits zu beginnen, nachdem er beispielsweise die ersten 200 Bit empfangen hat.
- ✓ 19. Berechnen Sie die Latenz (vom ersten gesendeten bis zum letzten empfangenen Bit) für folgende Fälle:
- 1-Gbit/s-Ethernet mit einem einzigen Speichervermittler (Store-and-Forward-Switch) auf der Strecke und einer Paketgröße von 5.000 Bit. Gehen Sie davon aus, dass jede Verbindungsleitung eine Ausbreitungsverzögerung von 10 μ s einführt und dass der Switch sofort, nachdem er das Paket vollständig empfangen hat, mit der erneuten Übertragung beginnt.
 - Wie in a., jedoch mit drei Switchen.
 - Wie in b., jedoch mit einem Switch, der »Cut-Through« implementiert, also in der Lage ist, mit der erneuten Übertragung des Pakets bereits zu beginnen, nachdem er beispielsweise die ersten 128 Bit empfangen hat.
20. Berechnen Sie die effektive Bandbreite für folgende Fälle: Gehen Sie für a. und b. davon aus, dass permanent Daten zum Senden bereitstehen, und berechnen Sie für c. einfach den Durchschnitt aus 12 Stunden.
- 10-Mbit/s-Ethernet und drei Speicher-Switche, wie in Übung 18b. Die Switche können über eine Verbindung senden, während sie über die andere empfangen.
 - Wie in a., jedoch muss der Sender auf ein 50 Byte großes Bestätigungspaket warten, nachdem er jeweils ein 5000 Bit großes Datenpaket gesendet hat.
 - Zustellung von 100 Compact-Disks (mit je 650 MB) über Nacht (12 Stunden).
21. Berechnen Sie das Verzögerung-Bandbreite-Produkt für die folgenden Verbindungsleitungen. Benutzen Sie eine Einwegverzögerung, gemessen ab dem ersten gesendeten bis zum ersten empfangenen Bit.
- 10-Mbit/s-Ethernet mit einer Verzögerung von 10 μ s.
 - 10-Mbit/s-Ethernet mit einem einzigen Speicher-Switch wie in Übung 18a, einer Paketgröße von 5.000 Bit und einer Ausbreitungsverzögerung von 10 μ s pro Verbindungsleitung.
 - T1-Leitung mit 1,5 Mbit/s und einer transkontinentalen Einwegverzögerung von 50 ms.
 - T1-Leitung mit 1,5 Mbit/s über einen Satelliten im geosynchronen Orbit in einer Höhe von 35.900 km. Die einzige Verzögerung ist hier die Ausbreitungsverzögerung der Lichtgeschwindigkeit.

22. Hosts A und B sind je über 10-Mbit/s-Verbindungsleitungen an einen Switch S angeschlossen (siehe Abb. 1.25). Die Ausbreitungsverzögerung in jeder Verbindungsleitung beträgt 20 μ s. S ist ein Store-and-Forward-Switch. Er beginnt mit der erneuten Übertragung eines empfangenen Pakets 35 μ s nach dessen vollständigem Empfang. Berechnen Sie die Zeit, die insgesamt erforderlich ist, um 10.000 Bit von A nach B zu übertragen, wenn
- das Paket als Ganzes übertragen wird.
 - zwei 5.000-Bit-Pakete direkt nacheinander gesendet werden.

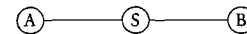


Abb. 1.25: Diagramm für Übung 22

23. Ein Host möchte einem anderen Host eine 1-MB-Datei zusenden. Die Kompression der Datei beansprucht eine CPU-Zeit von 1 Sekunde bei 50% und 2 Sekunden bei 60%.
- Berechnen Sie die Bandbreite, in der beide Kompressionsoptionen die gleiche Gesamtzeit für Kompression und Übertragung beanspruchen.
 - Erläutern Sie, warum Latenz keinen Einfluss auf Ihre Lösung hat.
24. Ein bestimmtes Kommunikationsprotokoll produziert einen Overhead von 100 Byte für Header und Rahmung pro Paket. Wir senden mit diesem Protokoll 1 Million Daten-Bytes. Ein Daten-Byte wurde allerdings fehlerhaft übertragen, sodass das gesamte Paket, in dem es sich befindet, verlorengeht. Ermitteln Sie die Gesamtzahl an Overhead- + Verlust-Bytes jeweils für eine Paketgröße von 1.000, 5.000, 10.000 und 20.000 Byte. Welche Größe ist optimal?
25. Nehmen Sie an, Sie möchten eine Datei der Größe n Byte über ein Netz übertragen, das aus der Quelle, dem Empfänger, 7 Punkt-zu-Punkt-Verbindungen und 5 Switches besteht. Jede Verbindung habe eine Ausbreitungsverzögerung von 2 ms, eine Bandbreite von 4 Mbit/s und unterstütze sowohl Leitungs- als auch Paketvermittlung. Daher können Sie entweder die Datei in 1-KB-Pakete aufteilen oder eine Verbindung über die Switche aufbauen und die Datei als Ganzes senden. Gehen Sie davon aus, dass die Pakete je 24 Byte an zusätzlichen Header-Informationen und 1000 Byte an Nutzdaten haben, dass die Store-and-Forward-Prozedur, nachdem das Paket im Switch eingetroffen ist, eine Verzögerung von 1 ms bedeutet und dass Pakete kontinuierlich geschickt werden können, ohne auf die Bestätigung warten zu müssen. Bei der Leitungsvermittlung ist zunächst eine 1 KB-Nachricht erforderlich, die hin und her transportiert werden muss, wobei sie eine Verzögerung von 1 ms an jedem Switch erfährt, nachdem sie dort vollständig empfangen worden ist, während die zu übertragenden Daten keiner Verzögerung an den Switches unterliegen. Sie können auch von einer Dateigröße von Vielfachen von 1000 Byte ausgehen.

- a. Bei welcher Dateigröße (n Byte) ist die insgesamt übertragene Datenmenge für Leitungsvermittlung kleiner als für Pakettransport?
 - b. Für welche Dateigröße (n Byte) ist die Gesamtverzögerung, die entsteht, bevor die Datei insgesamt empfangen wurde, für Leitungsvermittlung kleiner als für Paketvermittlung?
 - c. Wie wichtig ist für diese Ergebnisse die Anzahl der Switche, die Bandbreite der Übertragungswege bzw. das Verhältnis zwischen Paket- und Header-Größe?
 - d. Was glauben Sie: Wie genau ist dieses Modell in Bezug auf die relativen Vorteile der beiden Vermittlungsarten? Werden wichtige Randbedingungen ignoriert, die gegen die eine oder andere Art sprechen? Falls ja: Welche könnten das sein?
26. Betrachten Sie ein in geschlossener Schleife ausgelegtes Netzwerk (z.B. Token-Ring) mit einer Bandbreite von 100 Mbit/s und einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von 2×10^8 m/s. Welchen Umfang müsste die Schleife unter der Annahme haben, dass die Knoten keine Verzögerung einführen, um genau ein 250-Byte-Paket aufzunehmen? Welcher Umfang ist nötig, wenn sich alle 100 m ein Knoten befindet und jeder Knoten eine Verzögerung von 10 Bit einführt?
27. Vergleichen Sie die Kanalanforderungen für Sprachverkehr mit den Anforderungen für die Echtzeitübertragung von Musik hinsichtlich Bandbreite, Verzögerung und Jitter. Was müsste man verbessern? Um ungefähr wie viel? Könnte man eine Kanalanforderung lockern?
28. Gehen Sie bei den folgenden Fällen davon aus, dass keine Datenkompression angewandt wird, was in der Praxis fast nie der Fall ist. Berechnen Sie für a. bis c. die für die Übertragung in Echtzeit erforderliche Bandbreite:
- a. Video mit einer Auflösung von 640×480 Pixel, 3 Byte/Pixel, 30 Frames/Sekunde.
 - b. Video mit einer Auflösung von 160×120 Pixel, 1 Byte/Pixel, 5 Frames/Sekunde.
 - c. Musik von einer CD-ROM; eine CD enthält Musik für eine Spieldauer von 75 Minuten und hat eine Kapazität von 650 MB.
 - d. Ein Fax überträgt ein 8×10 Zoll großes Schwarzweißbild mit einer Auflösung von 72 Pixel pro Zoll (ppi). Wie lange dauert die Übertragung mit einem 14,4-Kbit/s-Modem?
- ✓ 29. Nehmen Sie – wie in der vorhergehenden Übung – im Folgenden an, dass dabei keine Datenkomprimierung stattfindet. Bestimmen Sie die Bandbreite, die erforderlich ist, um diese Daten in Echtzeit zu übertragen:

- a. HDTV-Video mit einer Auflösung von 1920×1080 Pixel, 24 Bit/Pixel und 30 Frames/s.
 - b. Telefondaten von 8-Bit-Einheiten bei 8 kHz.
 - c. GSM-Mobiltelefondaten von 260-Bit-Einheiten mit 50 Hz.
 - d. HDCD-Audiodaten von 24-Bit-Einheiten bei 88,2 kHz.
30. Erläutern Sie die relativen Leistungsanforderungen der folgenden Anwendungen hinsichtlich durchschnittlicher Bandbreite, Spitzenbandbreite, Latenz, Jitter und Verlusttoleranz:
- a. Datei-Server
 - b. Druck-Server
 - c. Digitale Bibliothek
 - d. Routineüberwachung von entfernten Wetterinstrumenten
 - e. Sprache
 - f. Videoüberwachung eines Warteraums
 - g. Fernsehsendung
31. Angenommen ein gemeinsam genutztes Medium M bietet Hosts A_1, A_2, \dots, A_N im Rundumverfahren (»Round-Robin«) Gelegenheit, ein Paket zu übertragen. Hosts, die nichts zu übertragen haben, geben M sofort frei. In welcher Hinsicht unterscheidet sich dies von STDM? Wie verhält es sich mit der Netzauslastung dieser Methode im Vergleich zu STDM?
- ★ 32. Betrachten Sie ein einfaches Protokoll für die Übertragung von Dateien über eine Verbindungsleitung. Nach einer gewissen Anfangsverhandlung sendet A Datenpakete mit einer Größe von 1 KB an B. Darauf antwortet B mit einer Bestätigung. A wartet immer auf jede Bestätigung, bevor er das nächste Datenpaket sendet. Man nennt dies *Stop-and-Wait*. Bei überfälligen Paketen wird davon ausgegangen, dass sie verlorengegangen sind, und folglich erneut übertragen werden müssen.
- a. Erläutern Sie für den Fall, bei dem keine Pakete verlorengegangen sind und keine Übertragung wiederholt werden muss, warum es nicht nötig ist, eine »Sequenznummer« in die Paket-Header einzubeziehen.
 - b. Die Verbindungsleitung kann gelegentlich Pakete verlieren, die ankommenden Pakete werden aber immer in der Reihenfolge empfangen, in der sie gesendet wurden. Genügt in diesem Fall eine 2-Bit-Sequenznummer ($N \bmod 4$), damit A und B eventuell verlorene Pakete erkennen und erneut senden können? Wäre eine 1-Bit-Sequenznummer ausreichend?

- c. Die Verbindungsleitung stellt Pakete außer der Reihe zu, wobei ein Paket bis zu 1 Minute nach darauf folgenden Paketen eintreffen kann. Auf welche Weise ändern sich dadurch die Anforderungen an die Sequenznummer?

- ★ 33. Hosts A und B sind über eine Verbindungsleitung miteinander verbunden. Host A überträgt fortwährend die aktuelle Zeit von einer Hochpräzisionsuhr in einer gleichbleibenden Rate, die so hoch ist, dass die gesamte verfügbare Bandbreite verbraucht wird. Host B liest diese Zeitwerte und schreibt sie jeweils paarweise mit seiner eigenen Zeit, die er einer lokalen, auf die von A synchronisierten Uhr entnimmt. Führen Sie qualitative Beispiele von B's Ausgabe unter folgenden Bedingungen auf:
- Hohe Bandbreite, hohe Latenz, niedriges Jitter
 - Geringe Bandbreite, hohe Latenz, hohes Jitter
 - Hohe Bandbreite, niedrige Latenz, niedriges Jitter, gelegentlicher Datenverlust
Beispielsweise kann eine Verbindungsleitung ohne Jitter, einer zum Schreiben jedes zweiten Zeittakts ausreichend hohen Bandbreite und einer Latenz von 1 Zeittakt etwas wie (0000, 0001), (0002, 0003), (0004, 0005) ergeben.
34. Verwenden Sie das als Beispiel im Buch angegebene Socket-Programm `simplex-talk`. Starten Sie einen Server und einen Client in getrennten Fenstern. Während dieser erste Client läuft, starten Sie 10 weitere Clients, die sich auf den gleichen Server aufschalten. Diese Clients sollten im Hintergrund gestartet und ihre Eingaben von einer Datei umgeleitet werden. Was passiert mit diesen 10 Clients? Schlägt ihre `connect()`-Operation fehl, läuft ein Timeout ab oder sind sie erfolgreich? Blockieren irgendwelche anderen Aufrufe? Beenden Sie nun den ersten Client. Was passiert? Versuchen Sie das auch mit einem auf 1 gesetzten Server-Wert `MAX_PENDING`.
35. Ändern Sie das Socket-Programm `simplex-talk` so ab, dass der Server jedes Mal, wenn der Client eine Zeile an ihn sendet, die Zeile an den Client zurückschickt. Client und Server müssen jetzt `recv()` und `send()` abwechselnd aufrufen.
36. Verändern Sie das Socket-Programm `simplex-talk` so, dass es statt TCP jetzt UDP als Transportprotokoll benutzt. Hierfür müssen Sie für den Client und für den Server `SOCK_STREAM` auf `SOCK_DGRAM` abändern. Anschließend entfernen Sie im Server die Aufrufe von `listen()` und `accept()` und ersetzen Sie die beiden verschachtelten Schleifen am Ende durch eine einzige Schleife, die `recv()` mit `Socket s` aufruft. Beobachten Sie das Verhalten, wenn sich zwei solche UDP-Clients gleichzeitig mit den gleichen UDP-Server verbinden, und vergleichen Sie es mit dem TCP-Verhalten.

37. Untersuchen Sie die verschiedenen Optionen und Parameter, die Sie bei einer TCP-Verbindung verändern können. (Starten Sie `man top` in Unix). Experimentieren Sie mit unterschiedlichen Parameter-Einstellungen, um den Einfluss auf die TCP-Performance zu untersuchen.
38. Die Unix-Utility `ping` kann benutzt werden, um die RTT zu anderen Internet-Hosts festzustellen. Lesen Sie die Seite über `ping` und benutzen Sie die Utility, um die RTT zu `www.cs.princeton.edu` in New Jersey und `www.cisco.com` in Kalifornien zu ermitteln. Messen Sie die RTT-Werte zu unterschiedlichen Tageszeiten und vergleichen Sie die Ergebnisse. Worauf sind die Unterschiede Ihrer Meinung nach zurückzuführen?
39. Die Unix-Utility `traceroute` bzw. ihr Windows-Gegenstück `tracert` kann benutzt werden, um die Reihenfolge von Routern, die eine Nachricht passieren muss, festzustellen. Ermitteln Sie mit einer der beiden Utilities den Weg von Ihrem Standort zu einem anderen. Wie korreliert die Anzahl von Hops im Vergleich zu den mit `ping` ermittelten RTT-Zeiten? Wie korreliert die Anzahl von Hops mit der geographischen Entfernung?
40. Benutzen Sie `traceroute`, um einige der Router Ihres Unternehmens zu identifizieren (bzw. zu zeigen, dass keine benutzt werden).