

Hauptdiplomklausur Informatik Juli 2003: Rechnernetze

Name: Vorname:

Matrikel-Nr.: Semester: Fach:

Hinweise:

1. Bitte füllen Sie sofort den Kopf des Deckblattes aus.
2. Unterschreiben Sie die Klausur auf der letzten Seite.
3. Überprüfen Sie bitte Ihr Klausurexemplar auf Vollständigkeit (**13** Seiten).
4. Tragen Sie die Lösungen – soweit möglich – direkt in die Klausur ein.
5. Zugelassene Hilfsmittel: nicht programmierbarer Taschenrechner
6. Bearbeitungszeit: 100 Minuten.

Aufgabe	max. Punktzahl	Punkte
1	25	
2	25	
3	27	
4	23	
Summe	100	

Aufgabe 1: Untere Schichten [2+3+6+4+10=25 Punkte]

(a) [2 Punkte] Schicht 1 + 2

- (i) [1 Punkt] Welche Funktionen hat die unterste Schicht im ISO/OSI-Referenz-Modell?
- (ii) [1 Punkt] Welche Funktion hat die zweitunterste Schicht im ISO/OSI-Referenz-Modell?

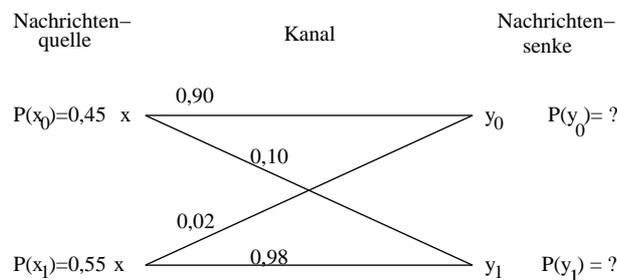
(b) [3 Punkte] Leitungskodierung

Gegeben sei die in folgender Abbildung gegebene Bitfolge, diese ist nach den angegebenen Leitungskodierungsvorschriften zu kodieren.

Bit-Folge:	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0
NRZ-L										
RZ										
Manchester										

(c) [6 Punkte] Gestörter Kanal

Die Signale einer Informationsquelle gelangen über einen gestörten Kanal zu einer Informationssenke. Durch die Störung werden leider einige Bits “verdreht”. Es sei $P(x_0)$ die Wahrscheinlichkeit, dass eine “0” gesendet wird und $P(x_1)$ die Wahrscheinlichkeit, dass eine “1” gesendet wird. Die einzelnen Übertragungswahrscheinlichkeiten des gestörten Kanals sind aufgrund von Messungen bekannt und in der Abbildung angegeben (z.B. ist die Wahrscheinlichkeit, dass bei einer gesendeten Null auch eine Null dekodiert wird, 0.9).



- (i) [4 Punkte] Berechnen Sie nun die Wahrscheinlichkeit $P(y_0)$, dass eine “0” empfangen wurde und die Wahrscheinlichkeit $P(y_1)$, dass eine “1” empfangen wurde!

(ii) [2 Punkte] Berechnen Sie nun die Bitfehlerwahrscheinlichkeit des Gesamtsystems!

(d) [4 Punkte] Fehlerkorrektur

(i) [2 Punkte] Nennen Sie zwei grundsätzlich verschiedene Methoden zur Fehlerkorrektur!

(ii) [2 Punkte] Was versteht man unter dem Hammingabstand eines Codes und wie groß ist der Hammingabstand des ASCII-Codes?

(e) [10 Punkte] Flusskontrolle

Eine Reihe von Datenpaketen der Größe 200 bit wird ununterbrochen über eine zuverlässige 54400 bit/s-Verbindung übertragen. Gemäß dem Stop-and-Wait-Protokoll wird nach jedem gesendeten Paket auf eine Bestätigung gewartet. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit betrage $2 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$, Sender und Empfänger seien 100 km voneinander entfernt. Die Verarbeitungszeiten bei Sender und Empfänger seien vernachlässigbar, ebenso die Paketlängen der ACKs.

(i) [5 Punkte]

Zu wieviel Prozent wird die Übertragungsrate von 54400 bit/s bei diesem Protokoll ausgenutzt?

(ii) [3 Punkte]

Die Bitfehlerrate dieser Verbindung betrage 10^{-4} , d.h. von 10^4 übertragenen Bits ist im Mittel eines fehlerhaft. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein ganzes Paket korrekt übertragen wird? (Hinweis: Die Paketgröße ist wie o.a. 200 Bit);

(iii) [2 Punkte]

Geben Sie nun für diese fehlerbehaftete Verbindung die Effizienz an, d.h. zu wieviel Prozent die Übertragungsleistung der Leitung für korrekt ankommende Pakete genutzt wird.

Aufgabe 2: Medienzugriffsprotokolle [3+4+5+6+3+4=25 Punkte]

(a) [3 Punkte] Grundlagen

- (i) [1 Punkt] Zwei oder mehr Rechner möchten Daten austauschen. Wann benötigt man ein Medienzugriffsprotokoll, wann nicht?
- (ii) [2 Punkte] Nennen Sie zwei unterschiedliche Klassen von Medienzugriffsprotokollen und grenzen Sie sie voneinander ab. Nennen Sie für jede Klasse ein Beispiel.

(b) [4 Punkte] ALOHA / CSMA

Erklären Sie kurz die folgenden Kanalzugriffsverfahren

- pure ALOHA
- slotted ALOHA
- CSMA

Gehen Sie hierbei auf die theoretische Kanalausnutzung (Größenordnung, keine Formeln) ein und auf die Anforderungen, die die Verwendung des Protokolls an das System stellt.

(c) [5 Punkte] Im *ALOHA*net wurden Kollisionen dadurch erkannt, dass ein zentraler Hub (Satellit) die Pakete auf einer anderen Frequenz wiederholt hat. Der Sender konnte dann erkennen, ob das Paket korrekt angekommen ist. In drahtgebundenen Netzwerken (z.B. Ethernet), kann man Kollisionen anders erkennen.

- (i) [2 Punkte] Beschreiben Sie, wie das “CD” in CSMA/CD funktioniert.
- (ii) [3 Punkte] Warum wird dieses Verfahren bei drahtlosen LANs (802.11x) nicht eingesetzt? (Hinweis: Überprüfen Sie, welche Voraussetzungen des Verfahrens bei drahtlosen Netzen problematisch sind)

(d) [6 Punkte] Mindest-Paket-Größe

Gegeben sei ein Ethernet-LAN mit den folgenden Eigenschaften:

- maximale Segmentlänge $d_{\max} = 2500[\text{m}]$
- Signalausbreitungsgeschwindigkeit $v = 2/3c \approx 2 \cdot 10^8 [\text{m/s}]$
- Bitraten
 - $r_1 = 10 [\text{MBit/s}] \hat{=} 10^7 [\text{Bit/s}]$
 - $r_2 = 1 [\text{GBit/s}] \hat{=} 10^9 [\text{Bit/s}]$

Leiten Sie eine Formel ab, die die Mindestpaketgröße p_{\min} [Bit] für gegebene Werte von d und r bestimmt. Berechnen Sie für das gegebene d_{\max} und die beiden Bitraten die Mindestpaketgrößen p_1 bzw. p_2 . Welche Konsequenzen ergeben sich aus den Ergebnissen für Hochgeschwindigkeitsnetze (≥ 1 [Gbit/s]), die CSMA/CD verwenden?

(e) [3 Punkte] Maximalgröße

Warum gibt es bei Ethernet auch eine maximale Paket-Größe? (Hinweis: Überlegen Sie, was passiert, wenn man z.B. einen 20 MB Filetransfer in ein Ethernet-Paket packen würde)

(f) [4 Punkte] Wireless LAN

(i) [2 Punkte] Hidden-Station-Problem

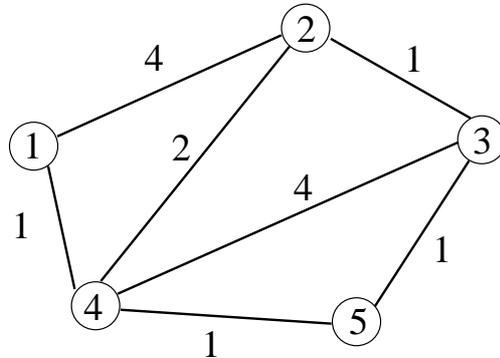
Erklären Sie kurz (am Besten mit einer Skizze) das Hidden-Station-Problem!

(ii) [2 Punkte] DFWMAC-RTS/CTS

Wie ist das Problem mit der DFWMAC-RTS/CTS-Zugriffsmethode bei 802.11 gelöst? Erklären Sie kurz Abfolge und Funktion eines Paketaustauschs (ohne die speziellen Wartezeiten).

Aufgabe 3: Vermittlungsschicht [2+2+17+4+2=27 Punkte]

Gegeben sei das folgende Netzwerk. Die Gewichtung der Kanten ergibt sich aus der jeweiligen Signalverzögerungszeit (in ms) zwischen zwei Knoten.



- (a) [2 Punkte] Berechnen Sie die kürzesten Pfade von Knoten 1 zu allen anderen Knoten mit dem Algorithmus von Dijkstra. Geben Sie jeden Pfad in der Notation “Knoten - Knoten - .. : Gesamtkosten” in der Reihenfolge an, in der Sie vom Dijkstra-Algorithmus berechnet werden. Beispiel: “2 - 3 - 5 : 2”.
- (b) [2 Punkte] Erläutern Sie kurz die Konzepte “virtuelle Verbindungen” und “Datagramm-Netz” in der Vermittlungsschicht.

(c) [7+10=17 Punkte] Betrachten Sie folgendes Szenario für das oben abgebildete Netzwerk:

- Die Übertragungsgeschwindigkeit beträgt 100.000 Bytes/s auf allen Verbindungen.
- Alle Verbindungen sind voll-duplex.
- Es gibt keine Fehler bei der Datenübertragung.
- Bearbeitungszeiten in den Knoten können vernachlässigt werden.
- Zur Flusskontrolle wird das Sliding-Window-Verfahren mit Fenstergröße 2 verwendet. Jedes Paket wird sofort bestätigt.
- Acknowledgements haben 100 Bytes Nutzdaten.
- Knoten 1 ist der Sender, Knoten 3 der Empfänger.
- Der Sender schickt 3 Datenpakete mit jeweils 1.000 Bytes Nutzdaten. Zwischen zwei Sendewünschen liegen jeweils 30ms.

(i) [7 Punkte] Das obige Netzwerk soll nach dem Datagramm-Verfahren betrieben werden. Weiterhin gelten folgende Regeln:

- Im Datagramm-Netz wird OSPF (Open Shortest Path First) eingesetzt und zu Beginn kennen alle Knoten die vollständige Netztopologie.
- Alle Paketheader für das Datagramm-Netz sind insgesamt 200 Bytes groß.

Berechnen Sie nun die effektive Datenrate für das oben angegebene Szenario. Geben Sie zunächst den Zeitablauf an und beginnen Sie mit dem Zeitpunkt 0 ms. Verwenden Sie dazu eine Tabelle der Form "t in ms - Paket-Bezeichnung - Position des Pakets - Erklärung (falls notwendig)" (Beispiel: "0 ms - datenpaket 1 - knoten 1 - sende datenpaket 1"). Berechnen Sie dann die effektive Datenrate bezogen auf den gesamten Zeitablauf!

(ii) [10 Punkte] Das obige Netzwerk soll nun mit virtuellen Verbindungen betrieben werden. Weiterhin gelten folgende Regeln:

- Bei der virtuellen Verbindung kennt der Sender die vollständige Netztopologie und berechnet die Route ebenfalls nach dem OSPF-Verfahren.
- Der Verbindungsaufbau bei der virtuellen Verbindung erfordert ein Paket vom Sender zum Empfänger zur Berechnung der Route und ein Paket vom Empfänger zum Sender zur Bestätigung. Der Verbindungsabbau wird vom Sender sofort nach dem Erhalt der letzten Bestätigung initiiert. Auch beim Verbindungsabbau sind jeweils ein Paket vom Sender zum Empfänger und ein Paket vom Empfänger zum Sender erforderlich. Alle verwendeten Steuerungs Pakete enthalten jeweils Nutzdaten der Größe 100 Bytes.
- Alle Paketheader für virtuelle Verbindungen sind insgesamt 100 Bytes groß.

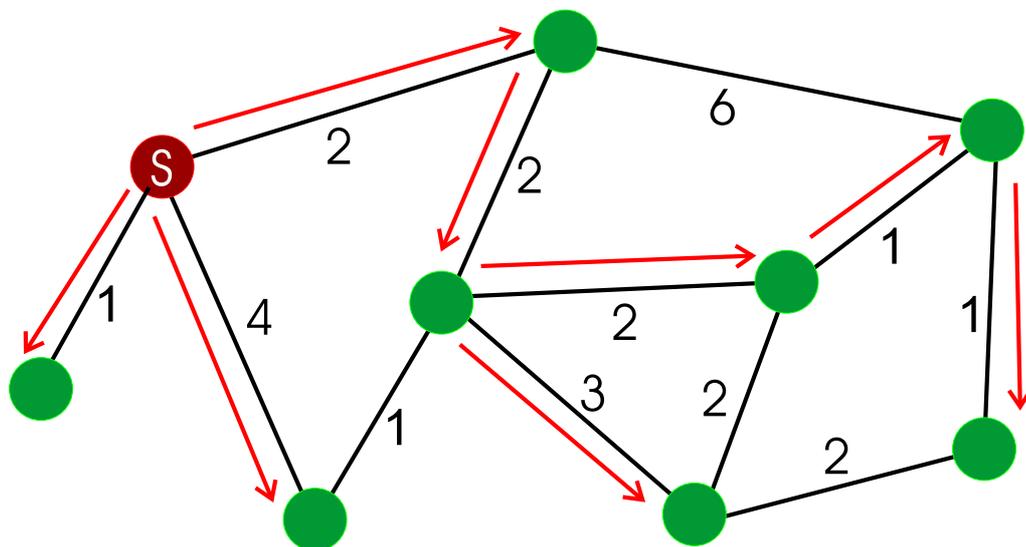
Berechnen Sie nun die effektive Datenrate für dasselbe Szenario wie für das Datagramm-Netz. Geben Sie zunächst den genauen Zeitablauf an und beginnen Sie mit dem Zeitpunkt 0 ms. Verwenden Sie dazu eine Tabelle der Form "t in ms - Paket-Bezeichnung - Position des Pakets - Erklärung (falls notwendig)". Berechnen Sie dann die effektive Datenrate bezogen auf den gesamten Zeitablauf!

- (d) [4 Punkte] Es gelte weiterhin das Szenario mit der Übertragung von drei Datenpaketen vom Sender 1 zum Empfänger 3. In obigem Netzwerk sei X der letzte Knoten auf dem Pfad vom Sender 1 zum Empfänger 3.

Betrachten Sie nun den Fall, dass die Verbindung von X nach 3 in dem Moment ausfällt, in dem das dritte Datenpaket gerade im Knoten X ankommt (d.h. das Paket kann nicht mehr über X-3 übertragen werden). Beschreiben Sie jeweils kurz für die virtuelle Verbindung und für das Datagramm-Netz den weiteren Ablauf, wenn die Fehlersicherung mit Selective Repeat erfolgt.

- (e) [2 Punkte] Multicast

In dem folgend abgebildeten Netzwerk sendet der mit S gekennzeichnete Router Daten an jeden einzelnen der anderen Router. Das Delay eines Teilabschnittes ist neben diesem als Zahl angegeben..



Summieren Sie für dieses Netzwerk die Anzahl der Paketübertragungen auf jedem Link und bilden Sie die Summe über alle Links. Wieviele Paketübertragungen gibt es bei einzelnen Unicast-Verbindungen zu jedem Knoten? Wieviele Paketübertragungen sind nötig, wenn Multicast statt Unicast eingesetzt wird?

(Hinweis: Als Hilfestellung ist der minimale Spannbaum durch Pfeile symbolisiert).

Aufgabe 4: Transportschicht [1+5+2+9+6=23 Punkte]

(a) [1 Punkt]

Beschreiben Sie kurz die Hauptaufgabe der Transportschicht im Schichtenmodell.

(b) [5 Punkte]

Die Protokolle UDP und TCP sind die am häufigsten verwendeten Transportprotokolle im Internet.

(i) [1 Punkt] Wofür stehen die Abkürzungen TCP und UDP?

(ii) [4 Punkte]

Was sind die wichtigsten Unterschiede zwischen UDP und TCP? Nennen Sie je ein Anwendungsbeispiel für das UDP bzw. TCP besser geeignet ist.

(c) [2 Punkte]

Sowohl UDP als auch TCP bedienen sich zur Adressierung von Diensten des Konzeptes der Ports. Warum können zur Adressierung von Diensten nicht die zugehörigen Prozessnummern verwendet werden?

(d) [9 Punkte]

Das Anwendungsprotokoll HTTP nutzt TCP-Verbindungen zum Datentransfer. Bekommt ein Webbrowser vom Benutzer den Befehl, eine bestimmte Datei herunterzuladen, so öffnet der Browser zu dem entsprechenden Server eine Verbindung und sendet ein "GET"-Kommando. Die Antwort des Servers inklusive der gewünschten Daten wird über dieselbe Verbindung empfangen. Anschliessend wird die Verbindung beendet.

(Hinweis: Zum Lösen der Aufgabe ist kein zusätzliches Wissen über HTTP erforderlich!)

Beschreiben Sie anhand des Beispiels die Vorgänge während einer TCP-Verbindung, einschließlich Verbindungsauf- und abbau. Tragen Sie dazu in der folgenden Tabelle für die Pakete die entsprechenden Werte in der richtigen Reihenfolge ein. Ein Beispiel dafür ist gegeben. Nutzen Sie den zusätzlichen Leerraum auf dieser Seite, um besonders wichtige Stellen in dem Verbindungsdiagramm stichpunktartig zu kommentieren.

Vorgaben:

- Die **MSS** (Maximum Segment Size $\hat{=}$ maximale zu übertragende Datenlänge pro Paket) sei 1500 Bytes,
- die **Fenstergröße** betrage 4500 Byte.
- Der Client beginnt bei **Sequenznummer** 10000, der Server bei 120000.
- Die **Länge des "GET"-Kommandos** sei insgesamt 96 Bytes.

- Die **Länge der zu empfangenden Daten** insgesamt 8000 Bytes.
- Gehen Sie weiterhin davon aus, dass der Client (Browser) nach dem Versand des Kommandos wegen **kurzfristiger Überlastung** erst nach einigen Sekunden in der Lage ist, die empfangenen Daten aus dem TCP-Puffer zu entnehmen.

Beispiel:

Paket#	Richtung	Seq=	Ack=	Fenstergröße	Datenlänge	SYN	ACK	FIN
1	C → S	350000	17340	16324	999	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Paket#	Richtung	Seq=	Ack=	Fenstergröße	Datenlänge	SYN	ACK	FIN
1	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	C S					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(e) [6 Punkte]

TCP verwendet ein Congestion Window (cwnd) um Überlastung im Inneren des Netzes entgegenzuwirken. Tragen Sie in die folgende Graphik die Größe des Congestion Window im Verlauf einer TCP-Verbindung ein. Geben sie die Größe

jeweils in der Anzahl von Segmenten an, die innerhalb einer round-trip time (RTT) übertragen werden können. Die maximale Größe eines Segmentes (MSS) betrage dabei 4096 Byte. Berücksichtigen Sie folgende Ereignisse:

- Der Datentransfer startet zu Beginn der 1. RTT. Die MSS wird bei jedem Paket voll ausgenutzt.
- Zum Ende der 6. RTT wird ein Triple Duplicate ACK (TDACK) festgestellt
- Zum Ende der 12. RTT wird ein weiterer TDACK festgestellt
- Zum Ende der 16. RTT wird ein Timeout festgestellt
- Zum Ende der 24. RTT wird ein TDACK festgestellt

Beschreiben Sie Stichpunktartig den Verlauf der Kurve im Zusammenhang mit den verschiedenen Ereignissen.

