

Hauptdiplomklausur Informatik Juli 2002: 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 (**10** 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	4	
2	20	
3	20	
4	17	
5	15	
6	24	
Summe	100	

Aufgabe 1: Kurzfragen [2+2=4 Punkte]

- (a) [2 Punkte] Nennen Sie zwei Gründe dafür, dass Netzwerkprotokolle in Schichten strukturiert werden, und begründen Sie diese kurz.

- (b) [2 Punkte] Nennen Sie zwei Strategien zum Übergang von IPv4 auf IPv6 und erläutern Sie diese kurz.

Aufgabe 2: Untere Schichten [20 Punkte]

(a) [5+6+4 Punkte] Schwellwertentscheider

Zur Übertragung eines Bits wird eine unipolare Binärcodierung (z.B.: Return-to-Zero) verwendet. Hierbei wird auf der Empfängerseite ein sogenannter Schwellwertentscheider eingesetzt. Dieser "entscheidet" sich für eine 0, wenn der gemessene Wert unterhalb des Schwellwertes k liegt, bei Werten oberhalb des Schwellwertes für eine 1. Die gemessene Spannung sei in unserem Fall dreiecksverteilt. Die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion ist aus folgenden Abbildungen zu entnehmen. Berechnen Sie bei einer angenommenen Gleichverteilung

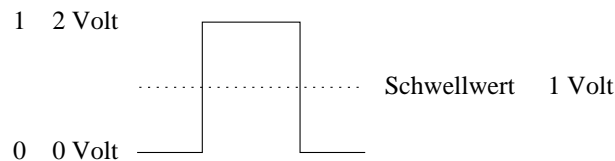


Abbildung 1: Unipolares Signal

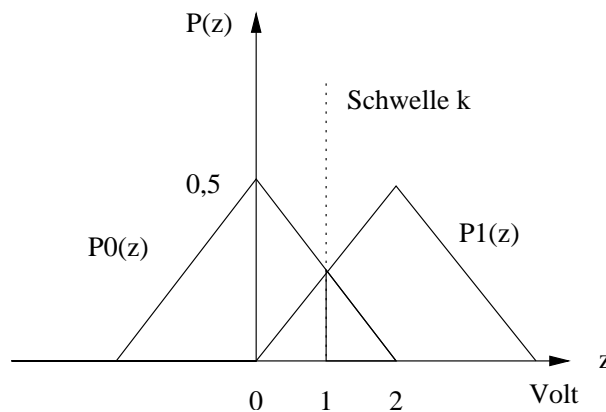


Abbildung 2: Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion

von gesendeten 1'en und 0'en $P(0)=P(1)=0,5$ die Bitfehlerwahrscheinlichkeit P_B !

Nun ändern sich die Wahrscheinlichkeiten $P(0)=0,3$ und $P(1) = 0,7$. Berechnen Sie einen neuen Schwellwert k' , so dass die Bitfehlerwahrscheinlichkeit möglichst gering wird!

Wie hoch ist nun die Bitfehlerwahrscheinlichkeit ?

Kommentieren Sie Ihren Lösungsweg !

(b) [1 Punkt] Sicherung

Nennen Sie zwei Methoden, um trotz möglicher Bitfehler wieder einen brauchbaren (fehlerreduzierten) Strom zu erhalten !

(c) [1+2+1 Punkte] ADSL

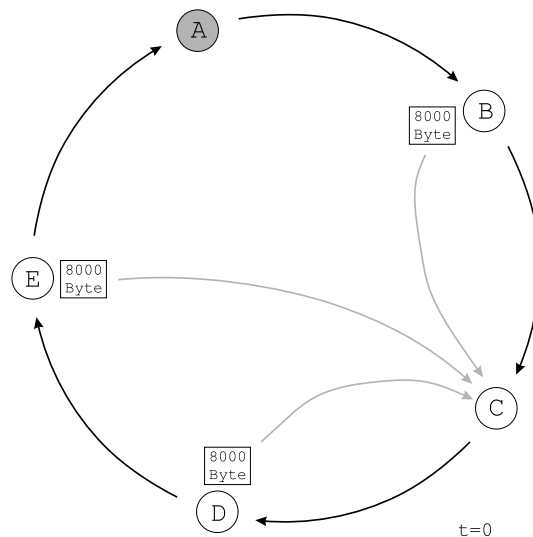
Für was steht die Abkürzung ADSL ?

Beschreiben Sie kurz das Verfahren und seine Vorteile gegenüber der Glasfasertechnik! Welche Modulationsverfahren werden eingesetzt ?

Aufgabe 3: Lokale Netzwerke [13+7=20 Punkte]

(a) [1+5+5+2=12 Punkte] Token Ring

An einem Token Ring sind 5 Stationen A, B, C, D, E angeschlossen, die jeweils 100 Meter voneinander entfernt sind und in der angegebenen Reihenfolge das Token erhalten. Auf dem Ring werden die Daten mit 16 MBit/s transportiert, die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Signale beträgt $5 \cdot 10^7 \frac{m}{s}$. Die Verzögerungszeit in den Stationen ist zu vernachlässigen, auch wenn eine Station Daten empfängt, ebenso die Zeit, die für das Versenden des Headers benötigt wird. Die Sendezeit der Daten eines Rahmens darf maximal 1 ms betragen. Zum Zeitpunkt $t=0$ befindet sich das Frei-Token mit reservierter Priorität 0 an Station A. An den Stationen B, D und E fallen zu $t=0$ jeweils 8000 Byte an Daten an; der Empfänger ist immer Station C.



- (i) [1 Punkt] Berechnen sie die maximale Länge des Datenblockes.
- (ii) [5 Punkte] Vorrausgesetzt keine der Stationen möchte mit erhöhter Priorität senden, wie lange benötigt Station E um ihre Daten verschickt zu haben? (Angabe in msec auf 3 Dezimalstellen genau, bitte unbedingt auch den Rechenweg skizzieren).
Hinweis: Es zählt die Zeit bis die letzten Daten von E wieder vom Token entfernt wurden! Verwenden Sie einen Schätzwert, falls die Teilaufgabe (i) nicht lösen konnten.
- (iii) [5 Punkte] D möchte mit erhöhter Priorität (1) senden. Erklären Sie detailliert den Prioritätsmechanismus am Verlauf des Tokens von der Ausgangssituation wie oben beschrieben (Frei-Token an Station A, 8000 Byte Sendewunsch von B, D und E) bis zu dem Zeitpunkt, an dem D alle Daten versandt und eine der anderen beiden Stationen wieder mit dem Senden

begonnen hat. Gehen Sie insbesondere auf die Aktionen der durchlaufenen Stationen ein und die Veränderungen, die sich im Token dadurch ergeben.

- (iv) [2 Punkte] Ändert sich durch das priorisierte Senden der Station D das Ergebnis aus Teilaufgabe (ii)? Wenn ja, um wieviele Millisekunden? Bitte begründen!

Hinweis: Falls Sie Teilaufgabe (i) oder (ii) nicht lösen konnten, verwenden Sie bitte Schätzwerte.

- (b) [4+3=7 Punkte] FDDI

- (i) [4 Punkte] “Early Token Release” und der doppelte Ring als Topologie sind die zwei offensichtlichsten Änderungen zwischen Token Ring und FDDI. Beschreiben Sie diese beiden Konzepte und erklären Sie, warum ihr Einsatz in FDDI sinnvoll ist.
- (ii) [3 Punkte] Erläutern Sie die Begriffe TTRT, TRT und THT und stellen Sie den Zusammenhang zwischen diesen her.

Aufgabe 4: Vermittlungsschicht - OSPF [2+9+6=17 Punkte]

OSPF (*Open Shortest Path First*) ist der im Internet hauptsächlich eingesetzte Routing-Algorithmus. Er benutzt den Algorithmus der kürzesten Pfade von Dijkstra.

Gegeben sei eine Netzwerktopologie als ungerichteter Graph mit Knoten $v_i (i = 1, \dots, V)$ und einer Nachbarschaftsmatrix $E_{V \times V}$ (siehe Gleichung 1).

$$E_{V \times V} = (e_{ij}) = \begin{cases} c_{ij} \in \mathbb{N} & \text{Linkkosten von } i \text{ nach } j \\ \infty & \text{Kante existiert nicht} \end{cases} \quad (1)$$

Wegen der Bidirektionalität ist die Matrix symmetrisch, es gilt also $e_{ij} = e_{ji}$ für alle (i, j) .

Jeder Knoten kennt seine eigenen Nachbarn und die Linkkosten zu ihnen, d.h. dem i -ten Knoten sind die i -te Zeile und die i -te Spalte der Matrix E bekannt.

(a) [2 Punkte] Kontrollpakete

Definieren Sie auf Basis der o.a. Informationen einen Kontrollpakettyp, mit dem ein Knoten den Rest des Netzes über seine Nachbarschaftstabelle informieren kann. Achten Sie hierbei darauf, keine unnötigen Informationen pro Paket zu übertragen.

(b) [5 + 2 + 2 = 9 Punkte] Topologie-Verteilung

(i) [5 Punkte] Algorithmus

Beschreiben Sie (kurz und in Worten) einen einfachen Algorithmus, der die Topologieinformationen der Einzelknoten verteilt, so daß nach einiger Zeit alle Knoten vollständig informiert sind. Stellen Sie sicher, dass der Algorithmus terminiert und auf ggf. auftretende Veränderungen reagiert.

(ii) [2 Punkte] Optimierung

Beschreiben Sie kurz, wie man die Anzahl der redundant übertragenen Pakete eindämmen könnte. *Falls bei Ihrem obigen Algorithmus ohnehin keine übertragen wurden, können Sie die Aufgabe frei lassen. Die Punkte werden dann auf Aufgabe (i) vergeben.*

(iii) [2 Punkte] Bootstrapping

Angenommen, wir befinden uns in einem eingeschwungenen Netzwerk mit einem Routingverfahren der o.a. Klasse.

Wie könnte man erreichen, dass ein neu hinzugefügter Knoten möglichst schnell über die komplette Topologie verfügt, ohne dass er zuerst von jedem anderen Knoten ein Paket empfangen muss?

(c) [6 Punkte] Algorithmus von Dijkstra

Gegeben sei die Topologie in Abbildung 3, wobei die Zahlen an den Kanten die Linkkosten und die Buchstaben bei den Knoten die Knoten-ID angeben. Sie

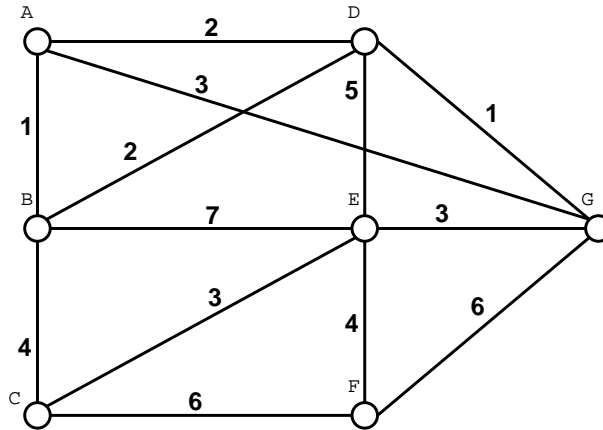


Abbildung 3: Netzwerkgraph

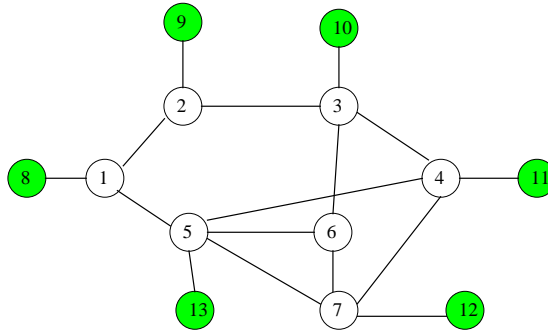
befinden sich in Knoten *B*. Führen Sie den Dijkstra-Algorithmus an Hand der Zeichnung durch, d.h. bestimmen Sie **alle** kürzesten Wege zu allen Knoten. Tragen Sie das Ergebnis (als kompletten Pfad) in Tabelle 1 ein und markieren Sie Ihr Vorgehen in der Abbildung.

Zielknoten	kompletter Pfad (Bsp: $X \rightarrow H \rightarrow U$)	Kosten
<i>A</i>		
<i>C</i>		
<i>D</i>		
<i>E</i>		
<i>F</i>		
<i>G</i>		

Tabelle 1: Routingtabelle im Knoten *B*

Aufgabe 5: Reverse-Path Multicasting (RPM) [15 Punkte]

Gegeben sei das folgende Netzwerk mit einer Menge von Routern $R = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ und einer Menge von Endsystemen $M = \{8, 9, 10, 11, 12, 13\}$.



Berechnen Sie die Effizienz e des RPM-Routing-Verfahrens (Reverse Path-Multicasting) unter den folgenden Voraussetzungen:

- Der Knoten 8 ist der Sender.
- Zum Zeitpunkt 0 ist die Menge der Empfänger $E = \{9, 10, 12\}$.
- Der Sender beginnt zum Zeitpunkt 0 mit der Übertragung von Daten-Paketen der Größe 1000 Bytes im Abstand von jeweils 5 Zeiteinheiten. Das letzte Paket wird zum Zeitpunkt 35 übertragen.
- Zum Zeitpunkt 30 tritt Knoten 11 ebenfalls der Multicast-Gruppe bei, d.h., $E = \{9, 10, 11, 12\}$.
- Der Neuaufbau des Multicast-Baums findet alle 10 Zeiteinheiten statt.
- Prune-Pakete besitzen die Größe 10 Bytes.
- Die Verzögerungszeit zwischen zwei durch eine Kante verbundenen Knoten beträgt jeweils 1 Zeiteinheit.
- Die Verarbeitungszeit in den Knoten für die jeweiligen Pakete kann vernachlässigt werden.

Die Effizienz e sei definiert als $e := \frac{R_d}{R}$, wobei R_d den Ressourcenverbrauch für den Transport der eigentlichen Anwendungsdaten an alle Empfänger und R den Ressourcenverbrauch aller versendeten Pakete bezeichnet. Der Ressourcenverbrauch r eines einzelnen Pakets der Größe p sei definiert als $r := \sum_{i \in L} d_i p$, wobei L die Menge aller Links bezeichnet, die das Paket durchläuft, und d_i die Verzögerungszeit des Links i ist.

Ermitteln Sie zunächst die von RPM erzeugten Multicast-Bäume. Stellen Sie dann den exakten Zeitablauf dar und berechnen Sie anschließend e . Kommentieren Sie Ihre Vorgehensweise!

Aufgabe 6: Transportschicht [1+2+3+18=24 Punkte]

- (a) [1 Punkt] Was ist die Hauptaufgabe der Transportschicht (kurze Antwort genügt)?
- (b) [2 Punkte] Nennen Sie vier der wichtigsten Eigenschaften von TCP.
- (c) [3 Punkte] Wozu dient TCPs Überlastkontrollmechanismus, und wie funktioniert er?
- (d) [18 Punkte] Bei TCP gibt das Congestion Window an, wieviele Pakete bis zum Eintreffen des nächsten Acknowledgements (d.h. innerhalb einer Round-Trip-Time) höchstens gesendet werden dürfen. Der TCP-Sender variiert die Grösse des Congestion Windows in Abhängigkeit von den aktuellen Netzwerkbedingungen.
- (i) [4 Punkte] Zeichnen Sie eine schematische Darstellung, wie sich das TCP Congestion Window im Zeitablauf verändert, wenn die Netzwerkbedingungen statisch sind und eine feste Verlustrate von einem Paketverlust alle 120 Pakete vorherrscht. (Hinweis: Einheit der x-Achse ist Round-Trip-Time, Einheit der y-Achse Fenstergrösse in Paketen)
- (ii) [12 Punkte] Wieviele Pakete werden zwischen zwei Paketverlusten übertragen? Wie häufig wird das Congestion Window erhöht, bevor es durch den Paketverlust wieder reduziert wird?
Berechnen Sie daraus die durchschnittliche Anzahl von Paketen, die während einer Round-Trip-Time verschickt werden.
Hinweis: $x^2 + px + q = 0 \implies x_{1/2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}$ und $\sum_{i=1}^n i = \frac{n(n+1)}{2}$
- (iii) [2 Punkte] Welche Abhängigkeit von TCP-Datendurchsatz und Paketverlustrate ergibt sich dadurch?