

Hauptdiplomklausur Informatik Jul. 2004: Computer Networks

Name:

Matrikel-Nr. (Reg. number): Semester (Term):

Fach (Subject):

Hinweise (Instructions):

1. Bitte füllen Sie sofort den Kopf des Deckblattes aus.
Please fill in the header of the cover sheet immediately.
2. Unterschreiben Sie die Klausur auf der letzten Seite.
Sign the exam on the last page.
3. Überprüfen Sie bitte Ihr Klausurexemplar auf Vollständigkeit (**19** Seiten).
*Make sure your copy of the exam is complete: **19** pages.*
4. Tragen Sie die Lösungen – soweit möglich – direkt in die Klausur ein.
Whenever possible, write your answers directly into your copy of the exam.
5. Zugelassene Hilfsmittel: nicht programmierbarer Taschenrechner.
Allowed appliances: non-programmable calculator.
6. Bearbeitungszeit: 100 Minuten.
Completion time: 100 minutes.

Exercise	max. number of points	Points
1	13	
2	7	
3	24	
4	20	
5	12	
6	24	
Total	100	

Aufgabe (Exercise) 1:

Allgemein (Common questions) [13 P.]

(a) [5 P.] Dienstprimitive (Service primitives)

Was versteht man im ISO/OSI-Referenzmodell unter einem Dienstprimitiv?
Explain the expression "service primitive" in the ISO/OSI-Reference model!

Nennen und erklären Sie vier verschiedene Dienstprimitive des Referenzmodells!

Name and explain four different service primitives of the reference model!

(b) [5 P.] Modulation

Skizzieren Sie jeweils die folgende Bitfolge: 0 1 1 1 0 1 in der Return-to-Zero-Leitungskodierung, der Non-Return-To-Zero (NRZ)-Kodierung, der Amplitudenmodulation (AM) (wobei $A_0 =$ zwar beliebig, aber ungleich 0, $A_1 = 2 \cdot A_0$, Basisfrequenz $f_B = 2\text{Hz}$) und der Frequenzmodulation (FM) (wobei $f_0 = 2\text{Hz}$, $f_1 = 4\text{Hz}$ und $A = A_1$). Sowohl bei der Amplitudenmodulation, wie auch bei der Frequenzmodulation soll das NRZ-Signal aufmoduliert werden. Die Breite eines Kastens entspreche einer Sekunde.

Sketch the bit string: 0 1 1 1 0 1 using the Return-to-Zero (RZ) line code, the Non-Return-To-Zero (NRZ) line code, the amplitude modulation (where $A_0 =$ is arbitrary, but not equal 0, $A_1 = 2 \cdot A_0$, base frequency $f_B = 2\text{Hz}$), and the frequency modulation (FM) (where $f_0 = 2\text{Hz}$, $f_1 = 4\text{Hz}$ and $A = A_1$). Use the NRZ signal as the basis for both the amplitude modulation and the frequency modulation. The width of a field corresponds to 1 second.

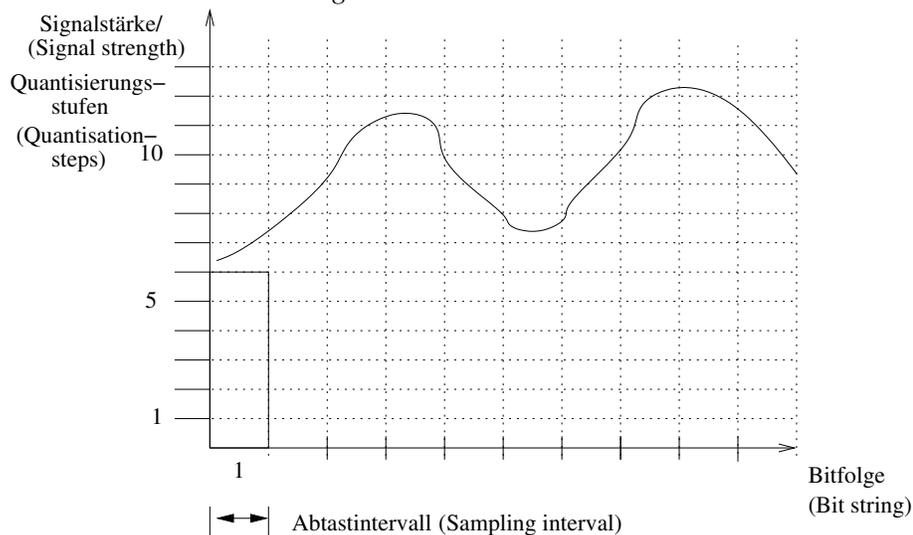
Bitfolge/ Bit string	0	1	1	1	0	1
RZ						
NRZ						
NRZ-AM						
NRZ-FM						

1 s

(c) [3 P.] Delta Modulation

Kodieren Sie das gegebene Signal mit der einfachen Delta-Modulation. Eine 0 erniedrige das Signal, und eine 1 erhöhe den Signalwert jeweils um eine Einheit. Die Abtastbereiche entnehmen Sie der Zeichnung. Welchen Nachteil des Verfahrens erkennen Sie?

Encode the given signal using the simple Delta Modulation! A 0-bit decreases the signal, a 1-bit increases the signal respectively by one unit. Use the sampling ranges shown in the figure. Which disadvantage to Delta Modulation can be identified?



Aufgabe (*Exercise*) 2:

Sicherungsschicht (*Data Link Layer*) [7 P.]

(a) [3 P.] Hamming-Abstand (*Hamming Distance*)

Was versteht man unter dem Hamming-Abstand eines Codes?

What is the Hamming Distance of a code?

Wie hoch ist der Hamming-Abstand des ASCII-Codes?

What is the Hamming Distance of the ASCII-Code?

Können mit Hilfe dieses Codes Fehler in der Übertragung der ASCII-Zeichen korrigiert werden? Begründen Sie!

Can this code be used to correct errors in the transmission of the ASCII-characters? Explain your answer in detail!

(b) [4 P.] CRC

Gegeben sei folgendes Generatorpolynom: $G(x) = x^4 + x + 1$ und folgende Nachricht: $M(x) = 10100100111$. Berechnen Sie die Prüfsumme mit Hilfe des CRCs.

Calculate the checksum of the message; $M(x) = 10100100111$ using the polynomial generator $G(x) = x^4 + x + 1$!

Aufgabe (*Exercise*) 3:

Media Access Control [24 P.]

(a) [4 P.] CSMA/CD

(i) [1 P.]

CSMA/CD wird im Ethernet (IEEE 802.3) in Bustopologien als Medienzugriffsprotokoll eingesetzt. Wofür steht die Abkürzung CSMA/CD, und welche Vorgehensweise lässt sich daraus ablesen?

In the Ethernet (IEEE 802.3) CSMA/CD is used in bus topologies as the media access control protocol. What does the abbreviation "CSMA/CD" stand for? What basic approach does it define?

(ii) [3 P.]

Was ist hinsichtlich der Rahmenlänge bei CSMA/CD zu beachten? Begründen Sie Ihre Antwort!

What limiting factors must be taken into account with regard to the frame size in CSMA/CD? Explain your answer in detail!

(b) [20 P.] WLAN

(i) [1 P.]

Für WLAN wird ein anderes, im IEEE 802.11-Standard beschriebenes MAC-Protokoll (DFWMAC-DCF oder -PCF) eingesetzt. Nennen Sie zwei Gründe, warum CSMA/CD hier nicht verwendet werden kann.

A different MAC protocol (DFWMAC-DCF or -PCF), described in the IEEE standard 802.11, is used for WLAN. Give two reasons why CSMA/CD cannot be used instead.

(ii) [5 P.]

Zwei Stationen bilden mit ihren WLAN-Karten ein exklusives Ad-Hoc-Netzwerk. Station B möchte an A einen Datenrahmen senden. Wie genau wird der Versand dieses Rahmens im einfachsten Fall, der durch das 802.11 MAC Protokoll spezifiziert wird, ablaufen? Beschreiben Sie den Vorgang detailliert vom Sendewunsch bis zum Löschen des Rahmens aus dem Puffer; gehen Sie dabei davon aus, dass ab dem Zeitpunkt, ab dem Station B senden möchte, an Station A kein Sendewunsch vorliegt.

Two stations equipped with Wireless LAN adapters create an exclusive ad-hoc network. Station B wants to send a data frame to station A. Exactly how will the transmission of this frame take place if the simplest set of procedures, as defined by the 802.11 MAC protocol, is used? Describe the procedure in detail, proceeding from the intention to send the packet to

the removal of the packet from the sender's buffer. Assume that from that time point on at which station B wants to send, station A does not have a simultaneous desire to send.

(iii) [5 P.]

Wie und warum muss das Protokoll aus Aufgabenteil b(ii) erweitert werden, wenn wir nun ein Netzwerk mit drei Stationen (A, B und C) haben, wobei zwischen B und C keine Kommunikation stattfinden kann, wohl aber zwischen A und C sowie A und B? Beschreiben Sie die Unterschiede am obigen Beispiel (B sendet an A) und deren Auswirkungen. Gehen Sie wiederum davon aus, dass weder die Station A noch C gleichzeitig mit Station B senden wollen.

Station C joins the network enlarging it to three stations (A,B,C), but since it is too far away from B, the two cannot communicate (however, communication is possible between A and C, as well as between A and B). Why and how does the protocol used in part b(ii) of this question have to be expanded? Describe the differences using the above example (B sends a frame to A). Explain the effects of the new procedures in particular. Assume that neither A nor C wants to send simultaneously with B.

(iv) [6 P.]

Die Stationen A und B befinden sich nun in der Reichweite eines Access Points, über den sie ihre Daten austauschen. Welche Protokollerweiterung zu DFWMAC wird nun eingesetzt? Beschreiben Sie diese zunächst grundsätzlich (nicht schrittweise), und erklären Sie dabei, wie nun der Datenrahmen von B nach A gesendet wird.

Stations A and B are within the range of an access point which they use to exchange data from now on. Again, the protocol has to be changed; which expansion of DFWMAC is now introduced? Describe the new procedures in principle (not step by step), and explain how the data frame is transmitted from B to A.

(v) [3 P.]

Warum benötigt der Datenrahmen in der MAC-Schicht von 802.11 vier Adressfelder?

Explain why the data frame defined in the MAC layer of 802.11 requires four address fields.

Aufgabe (Exercise) 4: IP Version 4 [20 P.]

- (a) [4 P.] Nennen Sie die beiden Hauptfunktionen von IPv4 und beschreiben Sie diese kurz. Geben Sie auch jeweils die verwendeten Felder des IPv4-Headers an.

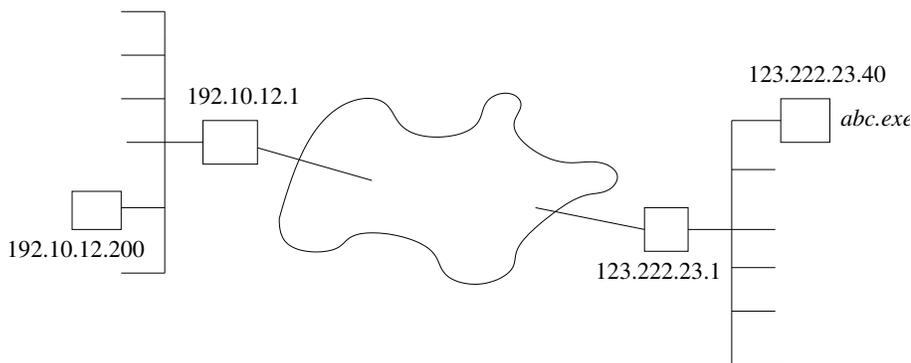
Name and describe the two main tasks of IPv4. Name the respective fields used in the IPv4 header.

- (b) [8 P.] Vergleichen Sie die Komplexität und den Funktionsumfang des IPv4-Protokolls mit dem anderer Protokolle des Internet-Protokoll-Stacks (z.B. mit dem Funktionsumfang von TCP). Identifizieren Sie dabei ein fundamentales Design-Prinzip des Internet. Geben Sie mindestens 2 Argumente an, die dieses Design-Prinzip stützen.

Compare the complexity and the functional range of the IPv4-protocol with those of other protocols of the Internet Protocol Stack (e.g., the functional range of TCP). In so doing, identify a fundamental design principle of the Internet. Give at least two arguments in support of this principle!

- (c) [8 P.] Gegeben sei das unten abgebildete Netzwerk. Das End-System mit der IP-Adresse 123.222.23.40 werde neu mit dem LAN von Router 123.222.23.1 verbunden. Dann wird ein FTP-Server auf 123.222.23.40 gestartet. Das erste IP-Paket, das 123.222.23.40 erreichen soll, wird durch einen FTP-Client ausgelöst, der auf Rechner 192.10.12.200 gestartet wird, um die Datei "abc.exe" von 123.222.23.40 abzurufen.

The network shown below is given. The end system with the IP-Address 123.222.23.40 is connected for the first time to the LAN over the router with the IP-Address 123.222.23.1. Then an FTP-Server with the IP-Address 123.222.23.40 is be started. The first IP-packet that is supposed to arrive at 123.222.23.40 will be sent by an FTP-client that is started on the host 192.10.12.200 in order to retrieve the file "abc.exe" from 123.222.23.40



Beschreiben Sie schematisch den gesamten Ablauf der Kommunikation auf allen Schichten des Internet-Protokoll-Stacks, bis die Datei "abc.exe" auf dem Rechner 192.10.12.200 angekommen ist.

Describe schematically the entire operational sequence of the communication

through all the layers of the Internet protocol stack, until the file “abc.exe” arrives at the computer with the IP-Address 192.10.12.200.

Aufgabe (*Exercise*) 5: Routing [12 P.]

In einem Netzwerk sollen Datenpakete nach dem Backward-Learning-Algorithmus geroutet werden. Die Leitungskosten werden durch die Anzahl der Hops ermittelt.
In a given network all the data packets shall be routed using the "Backward Learning" algorithm. The cost of each path is calculated according to the number of hops.

- (a) [3 P.] Implementieren Sie eine Funktion in Pseudo-Code, die in einem Router die Routing-Tabelle nach dem Backward-Learning-Algorithmus bestimmt.

Implement in pseudo code a function that builds the routing table in a router according to the "Backward-Learning" algorithm.

Verwenden Sie dabei eine Routing-Tabelle mit den folgenden Datenfeldern: Source, NextHop und HopCount.

Incorporate the following data fields into the routing table: Source, NextHop and HopCount

Hinweis: Gehen Sie davon aus, dass sich Verbindungen nicht verschlechtern können.

Instruction: *Assume that the connections do not degrade.*

- (b) [7 P.] Zum Datenaustausch in obigem Netzwerk sollen virtuelle Verbindungen zum Einsatz kommen. Implementieren Sie je eine Funktion in Pseudo-Code, die in einem Router eine virtuelle Verbindung aufbaut bzw. abbaut.

For the data exchange in the given network we now use virtual circuits. Implement in pseudo code a function, that can be used to establish and another function to terminate a connection in a router.

Verwenden Sie dabei eine Verbindungstabelle mit folgenden Datenfeldern: LastHop, IncomingVC, NextHop, OutgoingVC (VC = Virtual Circuit).

Incorporate the following data fields into the routing table: LastHop, IncomingVC, NextHop, OutgoingVC (VC= Virtual Circuit)

Der Aufbau (Abbau) einer Verbindung wird jeweils durch den Empfang eines Open (Close)-Pakets ausgelöst. Ergänzen Sie diese beiden Pakete um die benötigten Datenfelder.

The establishment (termination) of a connection will be triggered by a received open (close)-packet. Add to these packets the required data fields.

Zum Weiterleiten der Pakete dürfen Sie folgende Funktion in Ihrem Pseudo-Code verwenden: Send(Packet, NextHop).

To forward the packets you are allowed to use the following function: Send(Packet, NextHop).

- (c) [2 P.] Geben Sie nun für die Router eine Send-Funktion in Pseudo-Code an, die Daten-Pakete über eine bestehende virtuelle Verbindung weiterleitet.

Now implement in pseudo code a send-function for the router that forwards the data packets over an existing virtual circuit.

Welche Informationen müssen im Header der Daten-Pakete enthalten sein, um diese weiterleiten zu können?

Which information must the header of the data packets contain in order to forward them?

Aufgabe (*Exercise*) 6:

Transportschicht (*Transport Layer*) [24 P.]

(a) [2 P.] UDP

Welche Felder enthält der UDP-Header?

Which fields does the UDP header contain?

(b) [6 P.] TCP

(i) [3 P.] Erläutern Sie in Stichpunkten den normalen Abbau einer TCP-Verbindung! Geben Sie dabei auch die verwendeten Sequenznummern an!
Briefly describe the standard way to close a TCP connection and indicate the sequence numbers used!

(ii) [3 P.] Setzen Sie die Begriffe “TCP Slow Start” und “Congestion Avoidance” zueinander in Beziehung und erklären Sie ihre Bedeutung!
Correlate the terms “TCP slow start” and “congestion avoidance” and explain them!

(c) [14 P.] Congestion Control

Eine Datenübertragung zwischen zwei Rechnern erfolge über TCP. Die zur Verfügung stehende (und auch genutzte) max. transfer unit (MTU) sei 1024 Byte groß. Die RTT betrage 1 Sekunde. ssthresh sei zu Beginn 32 kByte. Es treten während der Übertragung folgende Ereignisse auf:

- Nach 17 Sekunden tritt beim Sender ein Timeout auf.
- Nach 23 Sekunden bekommt der Sender das gleiche Acknowledgement zum vierten mal.
- Nach 39 Sekunden kommt ein anderes Acknowledgement ebenfalls zum vierten mal beim Sender an.

Beantworten Sie folgende Fragen:

- Wodurch wird ein Timeout, wodurch ein “Triple Duplicate ACK” verursacht? Was wird durch die Verwendung von TDACKs erreicht?
- Wie groß ist cwnd nach 45 Sekunden?
- Wie groß ist ssthresh nach 45 Sekunden?
- Wie kann man aus den Ergebnissen die durchschnittliche (Brutto-)Datenrate bis zu diesem Zeitpunkt berechnen?

Two end systems are going to exchange data over a TCP connection. The available max. transfer unit (MTU) is 1024 bytes. The RTT shall be 1 second, ssthresh 32 kByte at start. The following events happen during the transmission:

- *17 seconds after transmission begins, there is a timeout at the sender.*
- *23 seconds after transmission begins, the sender received the same acknowledgement for the fourth time.*
- *39 seconds after transmission begins, a different acknowledgement also arrives for the fourth time at the sender.*

Please answer the following questions:

- *What causes a timeout and what causes a “triple duplicate ACK”? What is accomplished by using TDACKs?*
- *How large is cwnd after 45 seconds?*
- *How large is ssthresh after 45 seconds?*
- *How can you use all of the above results to calculate the average (gross) data rate for the first 45 seconds?*

(d) [2 P.] IPv6

Welche Veränderungen ergeben sich für die Transportschicht durch die Umstellung der Netzwerkschicht von IPv4 auf IPv6?

What changes occur at the transport layer due to the change at the network layer from IPv4 to IPv6?