



Klausur zur Vorlesung Rechnernetze und Verteilte Systeme Musterlösung Haupttermin, SS 2008

22. Juli 2008, 9:00 Uhr
Bearbeitungszeit: **90 Minuten**

Dieses Blatt stellt einen Lösungsvorschlag zu Ihrer Orientierung dar.
Dies ist keine Musterlösung.

Name: _____

Matrikelnummer: _____

Zu Beginn der Klausur werden Ihnen alle Fragen vorgelesen. In dieser Zeit dürfen Sie noch nicht mit der Bearbeitung anfangen. Diese Zeit geht **nicht** von Ihrer Bearbeitungszeit ab. Nutzen Sie diese Zeit, um zuzuhören und die Aufgabenteile zu erfassen. Denken Sie daran, alle Teilaufgaben zu beantworten (Antwortsätze).

Notieren Sie zunächst auf **allen** Bögen Ihren **Namen** und Ihre **Matrikelnummer**.

Die **Beantwortung der Klausur erfolgt auf den ausgegebenen Bögen**. Sollte der Platz nicht ausreichen, verwenden Sie bitte die Rückseite des jeweiligen Blattes und kennzeichnen Sie die Fortsetzung deutlich.

Verwenden Sie zum Beantworten der Fragen **nicht** die Farben **rot**, **grün** und auch keinen **Bleistift**.

Der für die Lösung vorhandene Platz ist großzügig definiert. Sie müssen **nicht** so viel schreiben, wie Sie Platz haben.

Wenn Sie Berechnungen durchführen, so schreiben Sie die Teilschritte und Teilergebnisse so verständlich wie möglich auf. Nur so können Sie gegebenenfalls Teilpunkte erhalten.

Die Zeit der Klausur ist knapp bemessen. Verweilen Sie nicht zu lange im Script!

Auf Ihrem Tisch dürfen sich befinden:

- Personalausweis & Studierendenausweis
- Schreibutensilien, Taschenrechner

Name: _____

Matrikelnummer: _____

- Skript ohne Notizen und Markierungen (unbeschriftete PostlTs zum schnelleren Auffinden von Kapiteln erlaubt)
- Zwei handbeschriebene Din-A4-Blätter (je Vorder- und Rückseite)

Bitte entfernen Sie **alle** anderen Dinge von Ihrem Tisch.

Andere Hilfsmittel als die angegebenen sind nicht erlaubt.

Sie müssen die Aufgaben **alleine** bearbeiten. Täuschungsversuche sind nicht erlaubt.

Während der Klausur werden die Klausuraufsichten der Reihe nach zu allen Teilnehmern kommen, Ihre Identität sowie Ihre Zulassung zur Klausur überprüfen, und Sie unterzeichnen lassen, dass Sie prüfungsfähig sind.

Sollten Sie während der Klausur eine Frage haben, so melden Sie sich bitte. Eine Klausuraufsicht wird dann zu Ihnen kommen. Sollte die Frage relevant sein, wird sie anschließend für alle Klausurteilnehmer beantwortet.

Sollten Sie während der Klausur die Toilette aufsuchen müssen, so müssen Sie Ihre kompletten Unterlagen vorne abgeben. Es kann immer nur ein Student zugleich den Hörsaal verlassen. Sobald der erste Student abgegeben hat, darf niemand mehr auf Toilette gehen. Sollten Sie vor Ablauf der Bearbeitungszeit fertig sein, so warten Sie aus Rücksicht auf Ihre Komilitonen bitte bis zum Ende der Bearbeitungszeit.

Bleiben Sie zum Ende der Bearbeitungszeit auf Ihrem Platz sitzen. Die Klausuren werden eingesammelt. Wenn **alle Klausuren eingesammelt** sind, können Sie den Vorlesungssaal verlassen.

Diese Klausur wird nach dem Haupttermin auf der Website veröffentlicht.

Aufgabe 1 - Grundlagen (13 Punkte)

- a) Benennen Sie die durch ihre Nummer in der folgenden Tabelle gegebenen Schichten des ISO/ OSI-Schichtenmodells (auf Deutsch oder Englisch). Geben Sie eine kurze stichwortartige Beschreibung der Funktion der jeweiligen Schicht. Geben Sie ein Beispielprotokoll, das auf der jeweiligen Schicht beheimatet ist. (3 Punkte)(3)

Die Beschreibung der Schichtfunktionalität steht im Script in Kapitel 1.

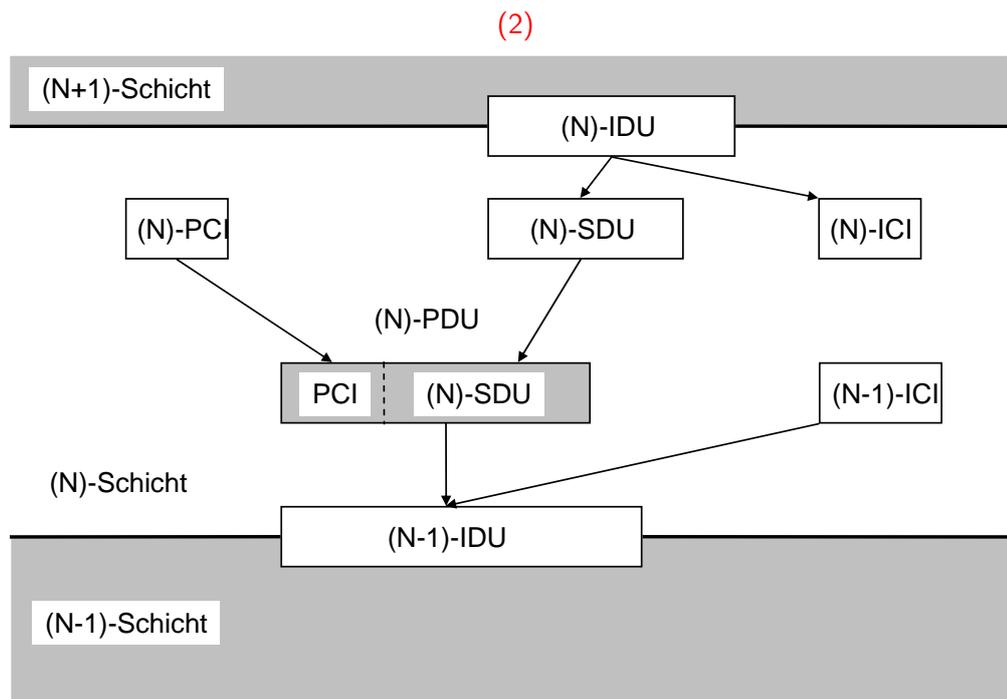
Nr.	Name	Kurzbeschreibung	Protokoll
7	Anwendungsschicht (application layer)	Bietet Dienste an und abstrahiert hinreichend von den Details der Kommunikation.	HTTP
6	Darstellungsschicht (presentation layer)	Sorgt für die korrekte Interpretation der übertragenen Information.	ASN.1
5	Komm.-Strgschicht (session layer)	Regelt den Ablauf der Kommunikation zwischen den Anwendungsprozessen auf den beteiligten Endsystemen.	RPC
4	Transportschicht (transport layer)	Stellt miteinander kommunizierenden Endknoten eine transparente Ende-zu-Ende-Verbindung zur Verfügung.	TCP, UDP
3	Vermittlungsschicht (network layer)	Sorgt dafür, dass die Pakete von einem Endsystem zum anderen Endsystem (Ende-zu-Ende) geleitet werden.	IP
2	Sicherungsschicht (datalink layer)	Realisiert eine fehlerfreie Punkt-zu-Punkt-Übertragung ganzer Rahmen zwischen benachbarten Stationen.	HDLC, LLC, Ethernet
1	Bitübertragungsschicht (physical layer)	Physikalische Eigenschaften des Übertragungssystems.	V.24, Ethernet

- b) Wie hängen die Begriffe „Dienst“, „Protokoll“, „horizontale Kommunikation“ und „vertikale Kommunikation“ zusammen? (2 Punkte) (2)

Protokolle (einer Schicht) sind präzise Festlegungen aller Regeln, Datenformate und Funktionen, die für den Datenaustausch zwischen gleichrangigen Instanzen zweier Systeme gelten. Sie kommen bei der horizontalen Kommunikation zum Einsatz.

Dienste (einer Schicht) sind Funktionen der jeweiligen Schicht, die der nächsthöheren Schicht zur Verfügung gestellt werden. Die (eigentliche) vertikale Kommunikation findet über die Dienstschnittstellen zwischen den Schichtinstanzen statt.

- c) Ergänzen Sie das folgende Schaubild um die entsprechenden Kommunikationseinheiten. (Es sind 9 Lücken.) (2 Punkte)



- d) Erstellen Sie eine Legende zur Grafik aus der vorigen Teilaufgabe, in der Sie die Abkürzungen und die Funktion bzw. den Inhalt der jeweiligen Einheit erläutern. (2 Punkte) (2)

Steht direkt auf der Folie im Kapitel „Begriffe“.

Akronym	Name	Funktion/ Inhalt
IDU	Interface Data Unit	Zwischen (N+1)- und (N)-Instanzen über einen (N)-SAP ausgetauschte Dateneinheit.
ICI	Interface Control Information	Zwischen (N)-Schicht und (N+1)-Schicht ausgetauschte Parameter zur Steuerung von Dienstfunktionen (z.B. Adressen).
SDU	Service Data Unit	Daten, die transparent zwischen (N)-SAPs übertragen werden.
PCI	Protocol Control Information	Daten, die zwischen (N)-Instanzen ausgetauscht werden, um die Ausführung von Operationen zu steuern (z.B. Folgenummern o.ä.).
PDU	Protocol Data Unit	Dateneinheit, die zwischen (N)-Instanzen unter Benutzung eines Dienstes der (N-1)-Schicht ausgetauscht wird. Zusammengesetzt aus (N)-PCI und (N)-SDU. Entspricht somit der (N-1)-SDU.

- e) Eine DNS-Anfrage (inklusive DNS-Header) habe die Größe 34 Byte. Versickt wird jedoch ein Ethernet-Rahmen der Größe 76 Byte. Angenommen der Ethernet-Header des verschickten Ethernet-Rahmens betrage 14 Byte. Aus welchen zusätzlichen Bestandteilen besteht das verschickte Paket? Kommt auf der Vermittlungsschicht IPv4 oder IPv6 zum Einsatz? Kommt auf der Transportschicht TCP oder UDP zum Einsatz? Begründen Sie Ihre Wahl. (2 Punkte) (2)

Der Rest des Paketes besteht aus Headerdaten (UDP(8)+IP(20)+Ethernet(14)).

Es verbleiben 28 Byte für den Header. IPv6 hat eine Headerlänge von 40 Byte. TCP hat eine Headerlänge von 20 Byte.

Damit sind nur IPv4 (20 Byte) und UDP (8 Byte) möglich.

- f) Wie groß ist der über Ethernet verschickte Rahmen der 34 Byte großen DNS-Anfrage mindestens, wenn IPv6 als Layer-3-Protokoll zum Einsatz kommt? (2 Punkte) (2)

Der IPv6-Header ist 20 Byte länger, daher wäre die Anfrage in diesem Falle 76 Byte + 20 Byte = 96 Byte groß.

Aufgabe 2 - Internetprotokolle (13 Punkte)

Wir betrachten eine TCP-Kommunikation zwischen einem TCP-Server und einem TCP-Client.

- a) Was sind „Ports“? (1 Punkt) (1)

„Ports“ sind die Verbindungsendpunkte der Transportschicht.

- b) Wie bewerten Sie die Aussage: „**Router** entscheiden aufgrund des **TCP-Zielports**, wohin sie ein **Datenpaket** weiterleiten“? Begründen Sie ihr Urteil. Korrigieren Sie die Aussage gegebenenfalls, indem Sie die passenden Begriffe für die **fett** gedruckten Elemente einsetzen. (2 Punkte) (2)

Der Satz ist falsch. Router arbeiten auf Schicht 3.

Korrekturvorschläge: „Der **Netzwerkstack des Zielrechners** entscheidet aufgrund des Ports, wohin er die Daten weiterleitet.“, „Router entscheiden aufgrund der **ZielIP** wohin sie die Daten weiterleiten.“

- c) Was sind „Well-Known-Ports“? Welchen Zweck erfüllen sie? Warum sind sie notwendig? Nennen Sie einen Ihnen bekannten Well-Known-Port und dessen typischer Weise angebotenen Dienst. (2 Punkte) (2)

„Well-Known-Ports“ sind Ports, die für bestimmte Dienste reserviert sind. Sie erfüllen den Zweck, Services erreichen zu können. Sie sind notwendig, da keine Verzeichnisse bestehen, in denen verzeichnet ist, welche Services unter welchem Port erreichbar sind. Port 80 ist beispielsweise der Well-Known-Port für HTTP.

- d) Wie kann ein Webserver zwischen verschiedenen gleichzeitigen Verbindungen unterscheiden? (1 Punkt) (1)

Durch das IP-5-Tupel: (SrcIP, SrcPort, DstIP, DstPort, Protocol) oder auch nur SrcIP, SrcPort oder auch einfach durch den geöffneten Socket, den es für jede Verbindung gibt.

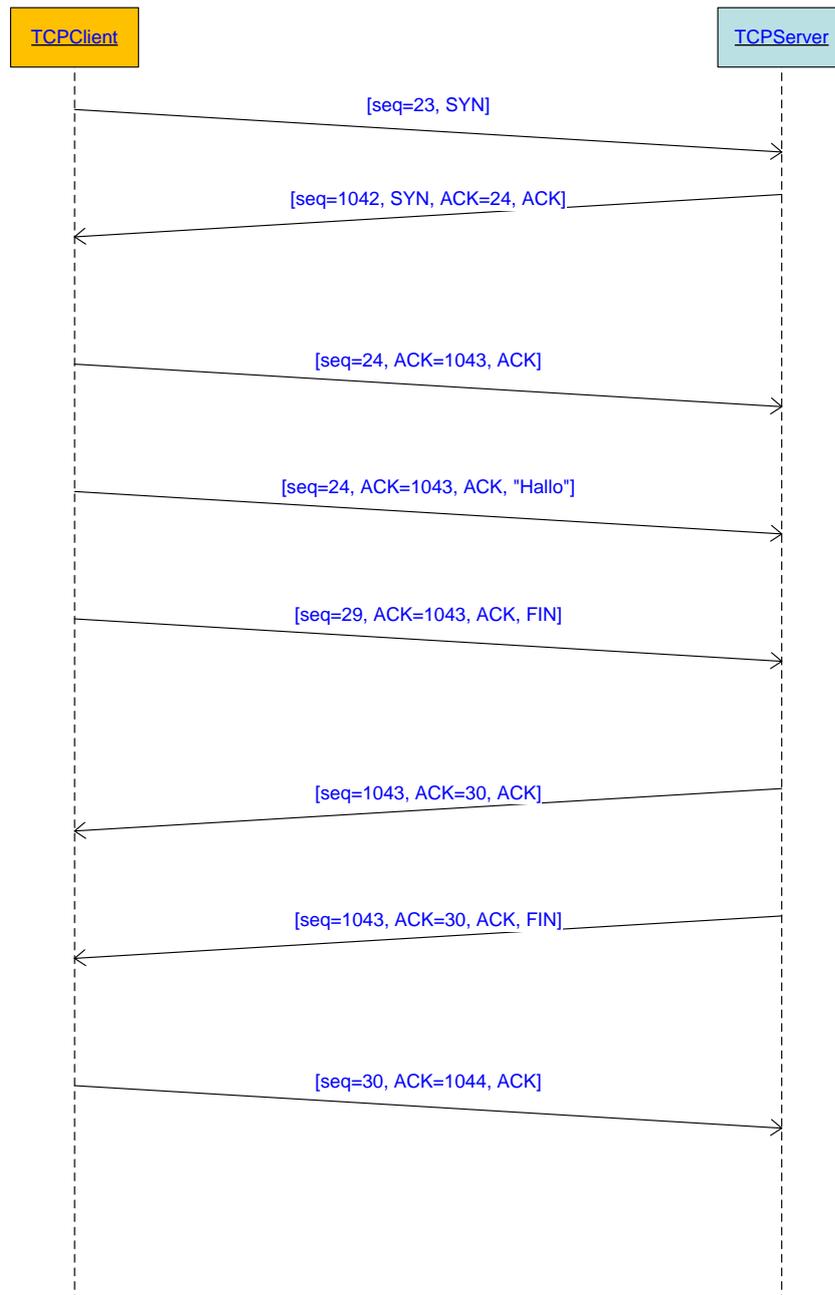
- e) Erläutern Sie die Begriffe „active open“ und „passive open“ im Kontext einer TCP-Verbindung: Was wird geöffnet? Was wird mit den Begriffen beschrieben? Welcher Kommunikationspartner unternimmt welche Aktion? (3 Punkte) (3)

Es wird ein TCP-Socket geöffnet. Der Server unternimmt ein „passive open“ (BIND+LISTEN), der Client ein „active open“ (BIND+CONNECT).

Nehmen Sie an, eine Verbindung werde für eine Übertragung zunächst vom Client aufgebaut, dann Daten übertragen, und schließlich die Verbindung vom Client geschlossen. Nehmen Sie weiterhin an, die initiale Sequenznummer des Client sei 23, diejenige des Servers 1042.

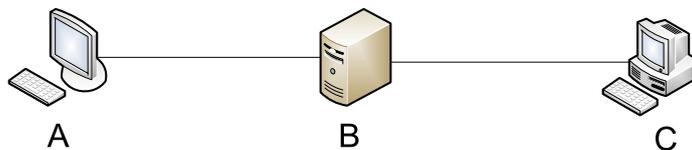
- f) Zeichnen Sie die Übertragung einer Nachricht „Hallo“ (ohne Anführungszeichen) vom Client zum Server inklusive Verbindungsaufbau und Verbindungsabbau in die folgende Skizze ein. Geben Sie jeweils die TCP-Headerfelder, Sequenznummer, Acknowledgement-Nummer sowie die relevanten Flags an. (4 Punkte)

(4)



Aufgabe 3 - Datenübertragung (8 Punkte)

Folgendes Netz aus drei Rechnern A, B, C sei gegeben:



Die Links haben die folgenden Eigenschaften:

Link zwischen	Datenrate	Ausbreitungsverzögerung
(A, B)	$r_{(A,B)} = 2 \text{ Mbit/s}$	$t_{prop(A,B)} = 2 \mu\text{s}$
(B, C)	$r_{(B,C)} = 10 \text{ Mbit/s}$	$t_{prop(B,C)} = 1 \mu\text{s}$

Vernachlässigen Sie Verzögerungs- und Verarbeitungszeiten in den Rechnern und eventuell beteiligten Netzkoppelementen. Nehmen Sie als Ausbreitungsgeschwindigkeit $2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ an.

- a) Wieviele Bits sind während einer Übertragung maximal auf den Streckenabschnitten (A, B) bzw. (B, C) gespeichert? (1 Punkt) (1)

Lösung: Speicherkapazität, S , einer Leitung = Bandbreiten-Verzögerungs-Produkt

$$S_{(A,B)} = R_{(A,B)} * t_{prop(A,B)} = 2 \cdot 10^6 \text{ bit/s} * 2 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 4 \text{ bit}$$

$$S_{(B,C)} = R_{(B,C)} * t_{prop(B,C)} = 10^7 \text{ bit/s} * 10^{-6} \text{ s} = 10 \text{ bit}$$

Es soll ein Rahmen von 500 Byte von Rechner A zu Rechner C übertragen werden. Die Weiterleitung erfolge nach dem Store&Forward-Prinzip: Pakete werden erst weitergeleitet, nachdem sie vollständig empfangen wurden.

- b) Nach welcher Zeitdauer ist das Paket bei B vollständig angekommen? (2 Punkte) (2)

$$\begin{aligned} t_{trans(A)} &= \frac{500 \cdot 8 \text{ bit}}{2 \cdot 10^6 \text{ bit/s}} = 2 \text{ ms} \\ t_{prop(A,B)} &= 2 \mu\text{s} \\ t_{trans(A)} + t_{prop(A,B)} &= 2 \text{ ms} + 2 \mu\text{s} = 2,002 \text{ ms} \end{aligned}$$

- c) Nach welcher Zeitdauer ist das Paket bei C vollständig angekommen? (1 Punkt) (1)

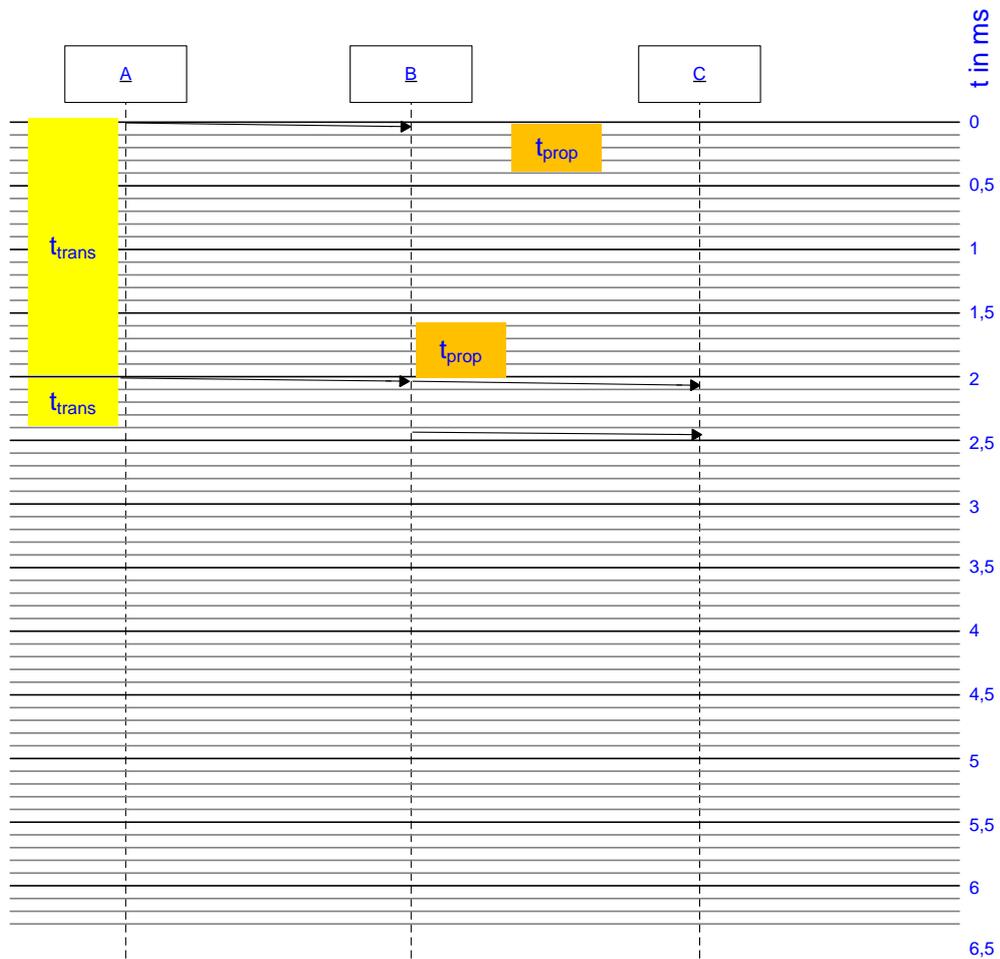
$$t_{trans(B)} = \frac{500 \cdot 8 \text{ bit}}{10^7 \text{ bit/s}} = 0,4 \text{ ms.}$$

$$t_{trans(A)} + t_{prop(A,B)} + t_{trans(B)} + t_{prop(B,C)} = 2,002 \text{ ms} + 0,4 \text{ ms} + 0,001 \text{ ms} = 2,403 \text{ ms}$$

- d) Erstellen Sie ein Weg-Zeit-Diagramm (Message Sequence Chart, MSC) der Übertragung. Beschriften Sie die jeweiligen Zeitspannen auf der y-Achse. (Falls Sie keine Teilergebnisse aus den vorigen Teilaufgaben haben, so nehmen Sie beispielhaft an, $t_{prop} = t_{trans} = 1 \text{ ms}$ für beide Verbindungsabschnitte. Kennzeichnen Sie in diesem Fall bitte deutlich, dass Sie das Schaubild mit diesen Annahmen ausgefüllt haben.) (3 Punkte)

(3)

Weg-Zeit-Diagramm (MSC) der Paketübertragung von Rechner A, über B nach C:



e) Wie groß sind die Entfernungen/ Kabellängen zwischen den jeweiligen Rechnern? (1 Punkt) (1)

Entfernung zwischen A und B, $D_{(A,B)} = \text{Ausbreitungsgeschw.} \cdot \text{Ausbreitungsverzögerung}$:

$$D_{(A,B)} = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 400 \text{ m}$$

$$D_{(B,C)} = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 1 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 200 \text{ m}$$

Aufgabe 4 - Bitübertragung/ Sicherung (16 Punkte)

- a) Was ist der Unterschied zwischen ALOHA und Slotted ALOHA? Warum ist Slotted ALOHA effizienter als ALOHA? (2 Punkte) (2)

Slotted Aloha erlaubt das Senden nur zu bestimmten Taktzeiten. Dadurch können Kollisionen nicht wahrlos wie bei ALOHA auftreten sondern nur innerhalb eines solchen Taktes.

- b) Wieso sind Sende- und Empfangsgeräte für Slotted ALOHA komplexer als solche für ALOHA? (1 Punkt) (1)

Slotted Aloha benötigt einen gemeinsamen Takt. Dieser muss von allen beteiligten Stationen empfangen werden können.

- c) Was versteht man unter Codetransparenz? Welche Verfahren zum Erreichen von Codetransparenz wurden in der Vorlesung vorgestellt? Erläutern Sie diese in einem Satz. (3 Punkte) (3)

Codetransparenz bedeutet, dass man dafür Sorge trägt, dass die benötigten Steuerzeichen nicht in den Nutzdaten vorkommen.

Verfahren dazu sind:

- Längenangabe: Angabe der Länge der Nutzdaten. Problem: Synchronisation muss erhalten bleiben, damit man die Längenangaben findet.
- Bitstuffing: Escaping durch Einfügen von zusätzlichen Bits
- Character Stuffing: Escaping durch ein zusätzliches Escapezeichen vor einem Steuerzeichen.
- Coderegelerletzungen: Ungültige Schicht-1-Codes.

d) Welches Verfahren wird bei Ethernet eingesetzt, um Codetransparenz zu schaffen? (1 Punkt) (1)
Coderegelverletzung.

e) Welche Vorteile ergeben sich beim Einsatz von „Differential Manchester“ als Leitungscode? (2 Punkte) (2)

- Gleichstromfreiheit: Relevant für die Basisbandübertragung zwischen galvanisch entkoppelten Stationen.
- Taktrückgewinnung: Wir können den Übertragungstakt direkt aus dem Signal gewinnen und benötigen keine synchronen Uhren bei den Kommunikationspartnern. Bei Manchester-Kodierung gilt dies auch bei langen Folgen von 0 oder 1.
- Fehlererkennung: Diese wird durch die charakteristischen Wechsel in der Mitte einfacher.
- Verpolsicherheit: „Pegelwechsel“ als Charakteristikum.
- Signalausfall erkennbar: Keine Pegelwechsel.

f) Ethernet verwendet Manchester-Kodierung. Wieso wird für Hochgeschwindigkeitsnetze oftmals 4B/5B-Kodierung mit NRZ-L eingesetzt? (Denken Sie hierbei an Schrittgeschwindigkeit, Datenübertragungsrate und Code-Effizienz.) (2 Punkte) (2)

Manchester-Kodierung hat eine doppelt so hohe Schrittgeschwindigkeit (Symbolrate) wie Übertragungsrate. Für jedes übertragene Bit müssen also zwei Signalelemente übertragen werden.

NRZ-L hat nur ein Signalelement pro Bit.

Die Nachteile von NRZ-L werden durch die 4B/5B-Kodierung ausgeglichen. Die Code-Effizienz beträgt nun 80% ($\frac{4}{5} = \frac{80}{100}$) anstelle von 50% bei Manchester. Die Übertragungsgeschwindigkeit lässt sich also für schnelle, fehlerarme Medien steigern.

Name: _____

Matrikelnummer: _____

Ein Kanal habe eine maximale Datenübertragungsrate von 1 Mbit/ s. Das Signal sei binär kodiert.

- g) Welche Bandbreite muss der Kanal nach Nyquist dann besitzen? (2 Punkte) (2)

Nyquist:

$$\text{maxData} = 2B \text{Idn} \frac{\text{bit}}{\text{s}}$$

$$10^6 = 2B$$

$$0,5 \cdot 10^6 = B$$

$$0,5 \text{ MHz} = B$$

- h) Was bedeutet es, wenn die nach Shannon berechnete (theoretische) maximale Datenübertragungsrate (Kanalkapazität) für unseren Kanal höher liegt als diejenige, die wir gerade berechnet haben? (3 Punkte) (3)

Es bedeutet, dass wir nicht die optimale Kodierung der Zeichen in Signale gefunden haben und insbesondere mehr bit pro Zeiteinheit übertragen werden könnten. (Beispielsweise könnten wir nicht nur binär sondern ternär etc. übertragen.)

Aufgabe 5 - Fehlererkennung/ -korrektur (14 Punkte)

Ein Bitstrom „10011101“ werde mit der CRC-Methode aus der Vorlesung gesichert. Das Generatorpolynom sei $x^3 + 1$. (Beachten Sie, dass wir Polynomarithmetik modulo 2 verwenden und daher Addition und Subtraktion einem XOR entsprechen.)

- a) Geben Sie die übertragene Bitfolge an. (Mit Rechnung!) (2 Punkte) (2)

(Wir rechnen im GF(2)! Daher geht die (auch in Hardware gut zu realisierende Lösung der Addition/ Subtraktion mit XOR).

Generator: 1001 => 000 anhängen...

```

10011101000 : 1001 = 10001100 Rest 100
1001
----
  01101
  1001
  ----
   01000
   1001
   ----
    100

```

Übertragen wird 10011101100.

Übertragungsfehler können als Addition eines Fehlerbitmusters aufgefasst werden. Nehmen Sie an, das dritte Bit von links werde durch einen Übertragungsfehler umgedreht. Die beim Empfänger ankommende Bitfolge sei also 10111101100.

- b) Zeigen Sie, dass der Empfänger den Fehler erkennt. (1 Punkt) (1)

```

10111101100 : 1001 = 10101000 Rest 100
1001
----
  1011
  1001
  ----
   1001
   1001
   ----
    0100

```

Da es einen Rest gibt, muss ein Fehler aufgetreten sein.

- c) Kann es sein, dass eine durch CRC als korrekt geprüfte Bitfolge noch Fehler enthält? Beweisen Sie Ihre Antwort. (3 Punkte) (3)

Da wir gerade durch Division verifizieren, kann durch Addition aller Vielfachen des Divisors eine im Sinne des Generatorpolynoms korrekte Bitfolge erzeugt werden. (Interessant auch im Zusammenhang WEP...)

Beweis durch Gegenbeispiel:

```

10011101100
+  1001   (wahllos)
-----
10010100100 : 1001 = 10000100
1001
----
  001001
  1001
  ----
   000

```

Name: _____

Matrikelnummer: _____

Da es keinen Rest gibt, wird kein Fehler detektiert.

- d) Kann jedes beliebige Polynom als Prüfpolynom verwendet werden? Was zeichnet ein gutes Prüfpolynom aus? (2 Punkte) (2)

Prinzipiell kann jedes Polynom genommen werden. Ein gutes Polynom ist zugleich kurz, damit weniger Berechnungsaufwand getrieben werden muss, als auch so gebaut, dass es möglichst viele Fehler erkennt und wenige Kollisionen (false negatives) erzeugt.

- e) Was versteht man unter Vorwärtsfehlerkorrektur? (2 Punkte) (2)

Vorwärtskorrektur bedeutet, dass man dem Code so viel Redundanz hinzufügt, dass bestimmte Fehler direkt korrigiert werden können, ohne dass die Daten erneut angefordert werden müssen.

- f) Wieso benötigt man bei Selective-Repeat einen Empfangspuffer? (2 Punkte) (2)

Bei Selective-Repeat werden einzelne Pakete erneut angefordert. Da „Zwischendrin“ Pakete verloren gegangen sein können, muss der Rest der Sequenz vorgehalten werden bis das fehlende Paket eingetroffen ist.

- g) Benötigt man bei Go-Back-N einen Empfangspuffer? Begründen Sie Ihre Antwort. (2 Punkte) (2)

Nein (bzw. 1; s.u.), da immer alle Pakete ab einer bestimmten Sequenznummer angefordert werden und alle vorangegangenen schon beim Dienstnehmer ausgeliefert wurden. (Man benötigt Speicherplatz für ein Paket, um dieses zur Korrektheitsprüfung zwischenzuspeichern, bevor es an die dienstnehmende Schicht weitergeleitet wird.

Aufgabe 6 - Langstreckenübertragung (16 Punkte)

- a) Was unterscheidet ein digitales Signal von einem analogen? (1 Punkt) (1)

Es ist zeitdiskret und wertdiskret.

Angenommen, Sie bauen eine 6,5 km lange 100 Mbit/s Netzwerkverbindung auf indem Sie alle 100 m einen Router installieren, die Router verbinden und korrekt konfigurieren, so dass ein Paket bei korrekter Adressierung am Ziel ankommen kann. Nehmen Sie an, dass die Router ein Paket immer korrekt weiterleiten.

- b) Wieso ist es wahrscheinlicher, dass Ihr Paket von einem Ende der Übertragungsstrecke zum anderen gelangt und dort noch „lesbar“ ist, als wenn Sie alle 100 Meter einen analogen Verstärker eingebaut hätten? (1 Punkt) (1)

Die Signale werden bei der digitalen Signalregeneration im Router jedes Mal neu generiert und somit steigt das Rauschen nicht mit jedem Verstärker an, wie es bei analoger Verstärkung der Fall wäre.

- c) Wie viele IP-Adressen benötigen Sie bei Ihrem Vorhaben nur für die Router, wenn jeder Router zwei Netzteile koppelt und alle Interface-IP-Adressen der Router in demselben IPv4-Subnetz liegen sollen? (2 Punkte) (2)

Wir haben 65 100 m-Streckenabschnitte, benötigen also 64 Router. Jeder dieser Router benötigt zwei Adressen, also 128 Adressen.

- d) Geben Sie in Dezimalnotation die kleinste IPv4-Subnetzmaske an, die Sie benötigen, wenn alle geforderten IP-Adressen im selben Subnetz liegen sollen. Begründen Sie Ihre Antwort. (2 Punkte) (2)

128 ist zwar eine Zweierpotenz, allerdings ist die erste Adresse (Hostanteil=0) stets die Netzadresse und derjenige Hostanteil, der nur aus Einsen besteht stets die Broadcastadresse.

Wir benötigen also 8 bit (=256) als Subnetzmaske. Diese ist somit 255.255.255.0.

- e) Geben Sie alle für Hosts nutzbaren Adressen des IPv4-Subnetzes 10.4.7.0/30 an? (1 Punkt) (1)

Die einzigen nutzbaren Adressen sind 10.4.7.1, 10.4.7.2.

Die verbleibenden Adressen sind reserviert für:

10.4.7.0 = Netzbezeichner

10.4.7.3 = Broadcast

Da Ihnen die Router zu teuer sind und Ihre an den verschiedenen Weiterleitungsknoten angeschlossenen Rechner sowieso im selben Subnetz liegen, ersetzen Sie die Router durch sehr einfache und damit billige Hubs. Als Medienzugriffsverfahren komme Ethernet-802.3 mit CSMA/CD zum Einsatz.

- f) Wieso funktioniert das Netz plötzlich nicht mehr reibungslos, wenn mehrere weiter entfernte Rechner Daten zeitnah versenden möchten? Was müssten Sie am Protokoll ändern, damit CSMA/CD auf der gegebenen Topologie wieder funktioniert? (3 Punkt) (3)

Die Geräte bilden eine Kollisionsdomäne. Durch die Segmentgröße können sich die Signale überlagern, ohne dass dies festgestellt wird. Die Kollisionen können also nicht erkannt werden, da sie auftreten können, ohne, dass die Sender dies merken.

CD funktioniert nicht mehr, da die Segmente zu „lang“ sind bzw. die Rahmen zu kurz.

Folglich könnte man die Rahmen vergrößern.

Nehmen Sie an, Ihre Layer-2-Rahmen haben eine minimale Größe von 64 Byte. Dann können Sie mithilfe der beschriebenen Ethernet-802.3-Technik und den Hubs eine bestimmte Wegstrecke überbrücken, bis

Name: _____

Matrikelnummer: _____

Sie wieder einen Router zwischenschalten müssen. (Die Koppellemente seien weiterhin 100m voneinander entfernt. Als Ausbreitungsgeschwindigkeit nehmen Sie $2 \cdot 10^8$ m/s an. Setzen Sie voraus, dass die Koppellemente keine Signalverzögerung verursachen.)

- g) Wie viele Router benötigen Sie mindestens, damit das Netz mit Ethernet-802.3 wieder funktioniert? (schwer) (6 Punkte) (6)

Voraussetzung, dass die Kollisionserkennung funktioniert ist, dass das Jamsignal den Sender erreicht, solange er noch sendet. Die Sendezeit muss also größer als die RTT sein.

Die Sendezeit für 64 Byte beträgt: $\frac{64 \cdot 8 \text{ bit}}{10^8 \text{ bit/s}}$

Die RTT beträgt: $\frac{2 \cdot \text{maxLength}}{2 \cdot 10^8 \text{ m/s}}$

Also ergibt sich:

$$\begin{aligned} \frac{64 \cdot 8 \text{ bit}}{10^8 \text{ bit/s}} &\geq \frac{\text{maxLength}}{10^8 \text{ m/s}} \\ 64 \cdot 8 \text{ m} &\geq \text{maxLength} \\ 2^6 \cdot 2^3 \text{ m} &\geq \text{maxLength} \\ 2^9 \text{ m} &\geq \text{maxLength} \\ 512 \text{ m} &\geq \text{maxLength} \end{aligned}$$

Wir benötigen also alle 500 m einen Router. Damit ergeben sich $6,5 \text{ km} / 0,5 \text{ km} = 13$ Streckenabschnitte á 500 m und damit 12 Router, die wir minimal benötigen.