

Name

Vorname

Studiengang (Hauptfach)

Fachrichtung (Nebenfach)

Matrikelnummer

Unterschrift der Kandidatin/des Kandidaten

.....
Note

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Fakultät für Informatik

☐ Midterm-Klausur

☒ Final-Klausur

☐ Semestralklausur

☐ Diplom-Vorprüfung

☐ Bachelor-Prüfung

☐

☐ Einwilligung zur Notenbekanntgabe
per E-Mail / Internet

Prüfungsfach: Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

Prüfer: Prof. Dr. Uwe Baumgarten

Datum: 17.08.2011

Hörsaal:

Reihe:

Platz:

	I	II
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Σ		
---	--	--

Nur von der Aufsicht auszufüllen:

Hörsaal verlassen

von :

bis :

Vorzeitig abgegeben

um :

Besondere Bemerkungen:



Endterm-Klausur

Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

Prof. Dr. Uwe Baumgarten
Lehrstuhl für Betriebssysteme und Systemsoftware
Fakultät für Informatik
Technische Universität München

Mittwoch, 17.08.2011
11:30 – 13:00 Uhr

- Diese Klausur umfasst **23 Seiten** und insgesamt **5 Aufgaben**. Bitte kontrollieren Sie jetzt, dass Sie eine vollständige Angabe erhalten haben.
- Schreiben Sie bitte in die Kopfzeile **jeder Seite** Namen und Matrikelnummer.
- Die Gesamtzahl der Punkte beträgt 85.
- Als Hilfsmittel sind **ein beidseitig beliebig beschriebenes DIN A4 Blatt** sowie **ein nicht programmierbarer Taschenrechner** zugelassen. Bitte entfernen Sie alle anderen Unterlagen von Ihrem Tisch und schalten Sie Ihre Mobiltelefone aus.
- Mit * gekennzeichnete Aufgaben sind ohne Kenntnis der Ergebnisse vorhergehender Teilaufgaben lösbar.
- **Es werden nur solche Ergebnisse gewertet, bei denen ein Lösungsweg erkennbar ist.**

Aufgabe 1 Ethernet Physical Layer (19 Punkte)

In dieser Aufgabe untersuchen wir zwei unterschiedliche Implementierungen des Ethernet Physical Layers. Zunächst diskutieren wir das (etwas veraltete) 10BASE-2. Als Leitungscodierung wird die Manchesterkodierung eingesetzt. Eine zusätzliche Kanalkodierung findet nicht statt. Gegeben sei das in Abbildung 1.1 idealisiert dargestellte 10BASE-2-Signal.

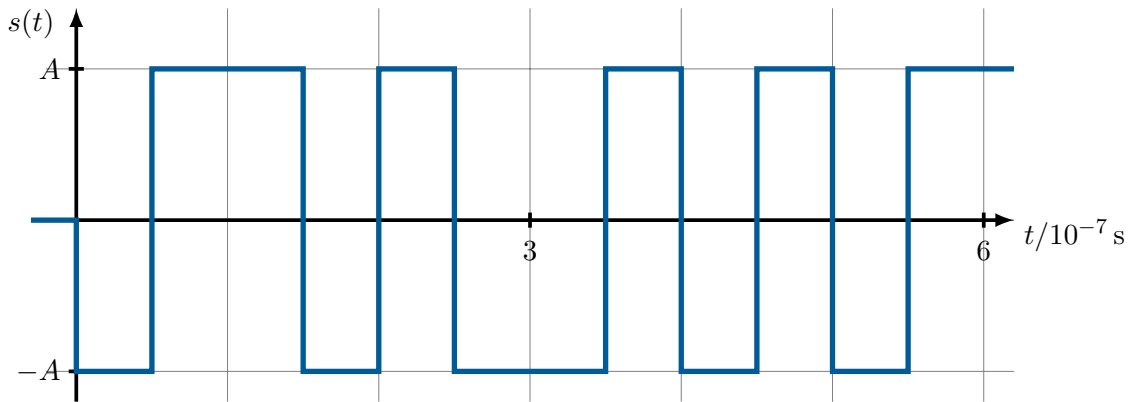


Abbildung 1.1: Idealisierter Verlauf eines 10BASE-2-Signals.

a)* Ist das Signal zeitkontinuierlich oder zeitdiskret?

☐

b)* Bestimmen Sie die im Zeitintervall $t \in [0 \mu\text{s}, 0.6 \mu\text{s})$ übertragene Bitfolge.

Hinweis: Es gibt zwei Varianten der Manchester Kodierung, welche sich in der Festlegung zwischen logisch „0“ und „1“ unterscheiden. Sie können hier eine der beiden Varianten auswählen.

☐

c)* Wie lange dauert es, ein einzelnes Bit zu serialisieren?

☐

d)* Bestimmen Sie die mit 10BASE-2 erzielbare Datenrate (Rechnung oder Begründung).

☐

e) Bestimmen Sie die nach Hartley minimal notwendige spektrale Bandbreite, um mit einem binären Leitungscode die in Teilaufgabe d) bestimmte Datenrate erreichen zu können.

☐

f) Begründen Sie, weswegen 10BASE-2 mind. eine Bandbreite von $B' = 10$ MHz belegt.

☐

g) Begründen Sie, mit welchem **anderen binären** Leitungscode eine höhere Datenrate bei derselben spektralen Bandbreite erzielt werden kann.

☐

h) Welchen wesentlichen Vorteil bietet der Manchestercode?

☐

Im Folgenden betrachten wir den neueren 100BASE-TX Standard. Dieser verwendet als Leitungscode MLT-3 mit 4B5B-Kodierung. Die effektive Datenrate beträgt 100 Mbit/s. In Abbildung 1.2 ist ein idealisierter Signalverlauf einer einzelnen Ader dargestellt, welcher die Bitfolge 0101111101 kodiert.

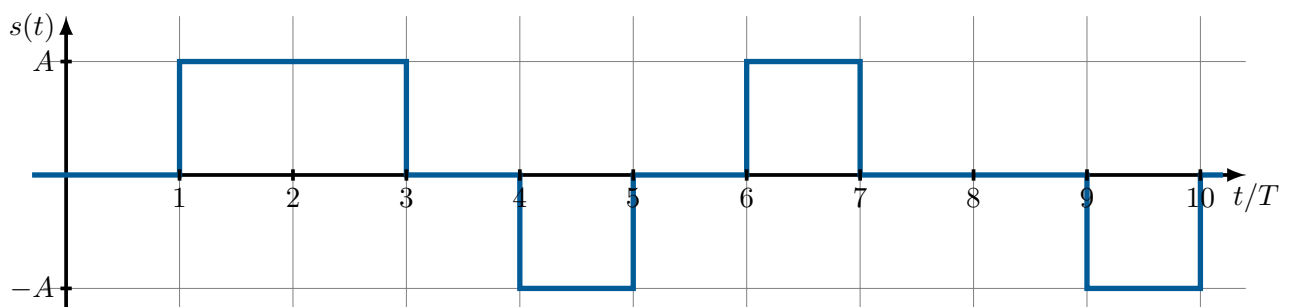


Abbildung 1.2: Idealisierter Verlauf eines MLT-3 Signals.

3 Name: _____

i)* Beschreiben Sie die Funktionsweise von MLT-3.

☐

j) Begründen Sie, ob bei Verwendung der MLT-3 Kodierung Probleme beim Erkennen langer Null- oder Einsfolgen auftreten.

☐

k)* Begründen Sie, ob die 4B5B-Kodierung beim Erkennen langer Null- oder Einsfolgen hilfreich sein kann.

☐

l)* Können mittels der 4B5B-Kodierung Übertragungsfehler korrigiert werden.

☐

m)* Wie hoch muss bei 100BASE-TX die Bitrate tatsächlich sein, um eine effektive Übertragungsgeschwindigkeit von 100 Mbit/s zu erreichen?

Hinweis: Es geht hier lediglich um die Bitrate aus Sicht der physikalischen Schicht. Sie brauchen also nicht den durch Protokollheader entstehenden Overhead zu berücksichtigen!

☐

Notizen:

Aufgabe 2 IP-Fragmentierung (17 Punkte)

Es sei die in Abbildung 2.1 dargestellte Netzwerktopologie gegeben. Die beiden Computer PC1 und PC2 verwenden den jeweils lokalen Router als Default-Gateway. Die Routingtabellen von R1 und R2 seien bereits konfiguriert, so dass eine Verbindung zwischen PC1 und PC2 möglich ist. Die Verbindung zwischen R1 und R2 habe eine MTU von 580 b ($b \hat{=}$ byte). Die MTU innerhalb der beiden lokalen Netze von PC1 und PC2 betrage 1500 b. In Abbildung 2.2a finden Sie eine Übersicht über die Felder des IP-Headers. Das von PC1 gesendete Paket ist in Abbildung 2.2b dargestellt.

MAC-Adressen kürzen wir wie in Abbildung 2.1 angegeben ab: <Gerät>.<Interface>.

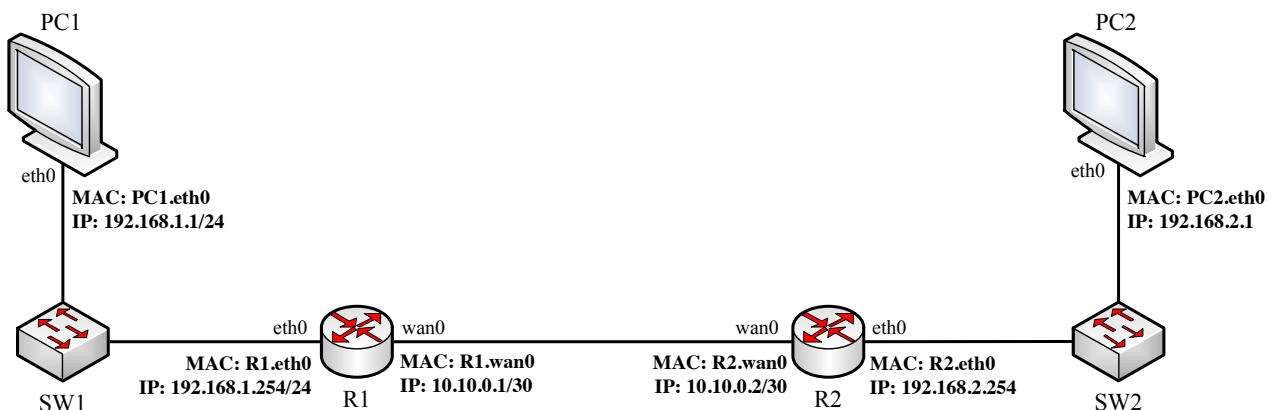


Abbildung 2.1: Topologie

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31						
Version				IHL			ToS								Total Length																						
Identifier																R		D		M		Fragment Offset															
TTL								Protocol								Header Checksum																					
Source IP Address																																					
Target IP Address																																					

(a) IP Header Übersicht

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
0x4				0x5				ToS								1150 ₍₁₀₎																	
7261 ₍₁₀₎																0 0 0			0 ₍₁₀₎														
64 ₍₁₀₎								Protocol								Header Checksum																	
192.168.1.1																																	
192.168.2.1																																	
Payload																																	

(b) Von PC1 gesendetes Paket

Abbildung 2.2: Übersicht über den IP-Header (a) und das von PC1 gesendete Paket (b).

a)* Begründen Sie, ob die Switches SW1 und SW2 für ihre grundlegenden Aufgaben eine eigene MAC-Adresse benötigen. Ergänzen Sie diese ggf. in Abbildung 2.1.

☐

b)* Welche Bedeutung haben die beiden Headerfelder „Identifier“ und „Fragment Offset“ für die IP-Fragmentierung?

☐

c)* Welche Größe besitzt der IP-Header ohne Optionen?

☐

d)* Wie groß ist die Payload des in Abbildung 2.2b dargestellten Pakets?

☐

e)* Welche Teile der Schicht-2-PDU zählen zur MTU?

☐

f) In wieviele Fragmente wird R1 das von PC1 gesendete Paket aufteilen?

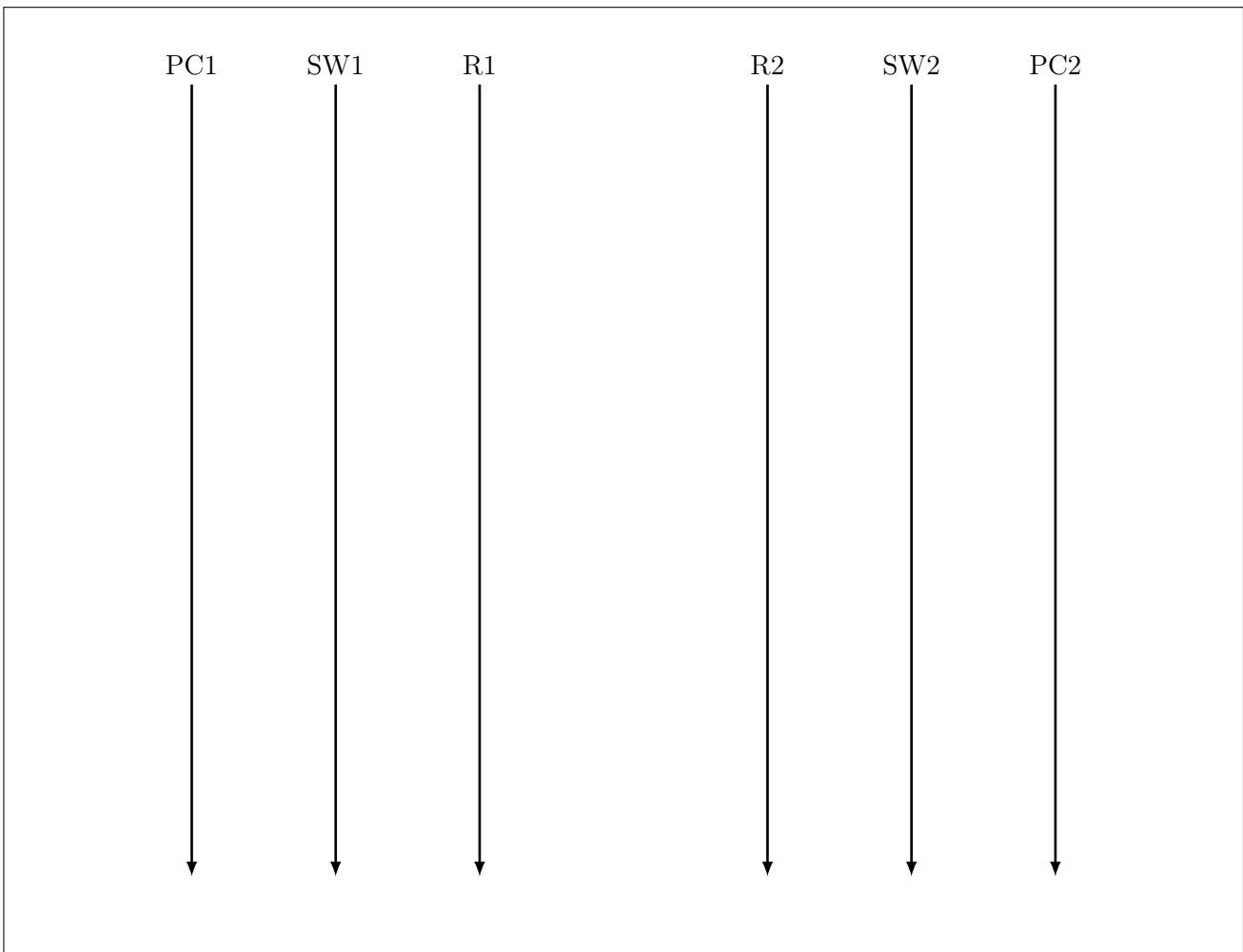
☐

g)* Begründen Sie, ob Fragmente unabhängig voneinander weitergeleitet werden.

h) Aus welchem Grund kann die Reassemblierung von Paketen im allgemeinen Fall erst beim Empfänger stattfinden?

Gehen Sie davon aus, dass bis jetzt **noch kein** Datenaustausch zwischen den Geräten stattgefunden hat. PC1 sende nun das in Abbildung 2.2b dargestellte Paket.

i) Skizzieren Sie ein einfaches Nachrichtenflussdiagramm, welches **alle Rahmen** berücksichtigt, die auf den jeweiligen Verbindungen übertragen werden müssen. **Notieren sie über jeder ausgetauschten Nachricht deren Typ.** Weitere Angaben sind nicht notwendig. Serialierungszeit und Ausbreitungsverzögerung können vernachlässigt werden.



j)* Geben Sie für einen Rahmen zwischen R1 und R2 mit IP-Payload die Sender- und Empfänger-Adresse der Schichten 2 und 3 an.

☐

k)* Was geschieht, wenn PC1 das „D“-Bit im IP-Header setzt?

☐

l)* Kann ein Fragment nochmals fragmentiert werden?

☐

Notizen:

Aufgabe 3 Routing und NAT (21 Punkte)

Wir betrachten die in Abbildung 3.1 dargestellte Netzwerktopologie. PC1 und PC2 befinden sich in dem privaten Netzwerk 192.168.1.208/28, welches über Router R1 an das öffentliche Netzwerk angebunden ist. Gehen Sie davon aus, dass in den drei öffentlichen Netzen (dargestellt durch Wolken) keine weiteren Router vorhanden sind. Alle Router bis auf R2 seien bereits konfiguriert. Die Routingtabelle für R2 zu erarbeiten ist Bestandteil der Aufgabe. Gehen Sie für die gesamte Aufgabe davon aus, dass bislang noch keine Kommunikation in dem Netzwerk stattgefunden hat.

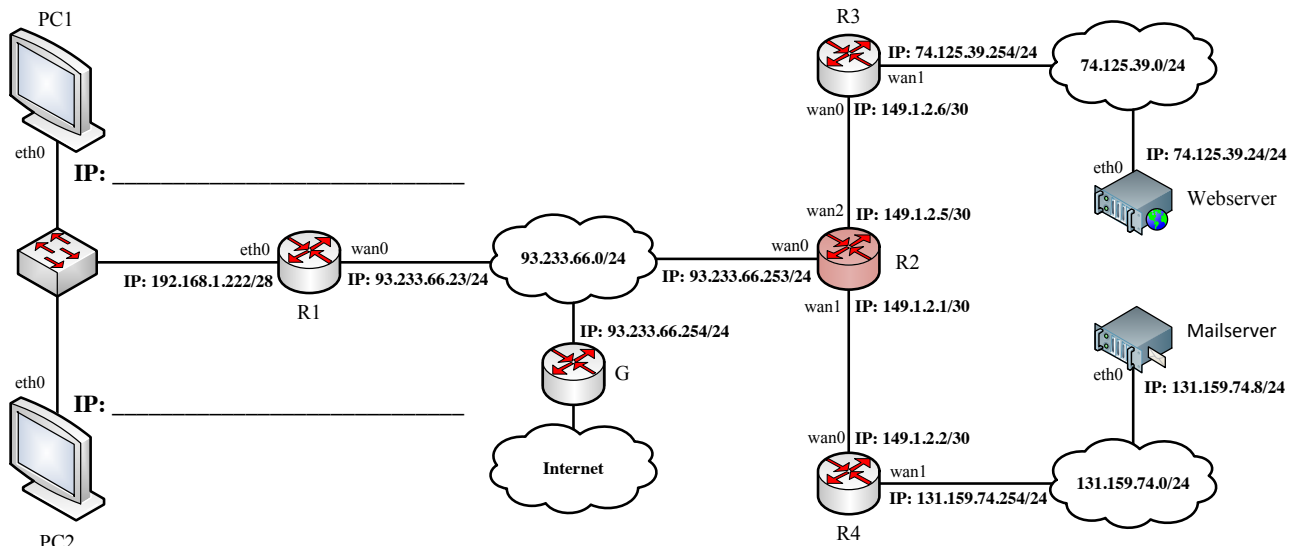


Abbildung 3.1: Topologie und Adressen

a)* Wieviele IP-Adressen sind in einem /28-Netz insgesamt nutzbar?

b)* Geben Sie die Netz- und Broadcastadresse des privaten Netzwerks 192.168.1.208/28 an.

c)* Weisen Sie den beiden Computern PC1 und PC2 IP-Adressen zu, so dass sie mit Ihrem Gateway R1 kommunizieren können. Tragen Sie die Adressen direkt in Abbildung 3.1 ein.

Notizen:

d)* Welche Router müssen NAT unterstützen, so dass PC1 und PC2 mit dem öffentlichen Netzwerk kommunizieren können?

☐

e)* Ergänzen Sie die im Lösungsfeld abgebildete Routingtabelle von R2, so dass PC1 und PC2 mit dem Web- und Emailserver kommunizieren können. Setzen Sie außerdem einen Default Gateway für R2, so dass dieser Pakete ins Internet weiterleiten kann.

☐

Ziel	Netzmaske	Gateway	Interface
149.1.2.0	255.255.255.252	0.0.0.0	wan1

PC1 versuche nun, eine Webseite auf dem Webserver 74.125.39.24 aufzurufen. Der Kommunikationsvorgang soll an insgesamt drei Stellen im Netzwerk näher untersucht werden. Nehmen Sie an, dass bislang noch keine NAT-Einträge vorhanden sind. Etwaige ARP-Nachrichten brauchen nicht weiter berücksichtigt werden. Sie dürfen für die restliche Aufgabe IP-Adressen mittels `<Gerätename>.<Interface>` abkürzen, z. B. `PC1.eth0`, `Web.eth0` oder `R2.wan0`.

☐

f)* Welches Transportprotokoll und welche Zielporthnummer ist für (unverschlüsselte) HTTP-Verbindungen üblich?

☐

g)* Ergänzen Sie für die Anfrage von PC1 an den Webserver die Headerfelder in den drei leeren Kästen in Abbildung 3.2. Sofern ein Feld nicht eindeutig bestimmt ist, treffen Sie eine sinnvolle Wahl.

Hinweis: Wenn Sie die vorhergehende Teilaufgabe nicht lösen konnten, nehmen Sie Zielport 80 an.

☐

h) Ergänzen Sie für die Antwort vom Webserver an PC1 die Headerfelder in den drei leeren Kästen in Abbildung 3.3. Sofern ein Feld nicht eindeutig bestimmt ist, treffen Sie eine sinnvolle Wahl.

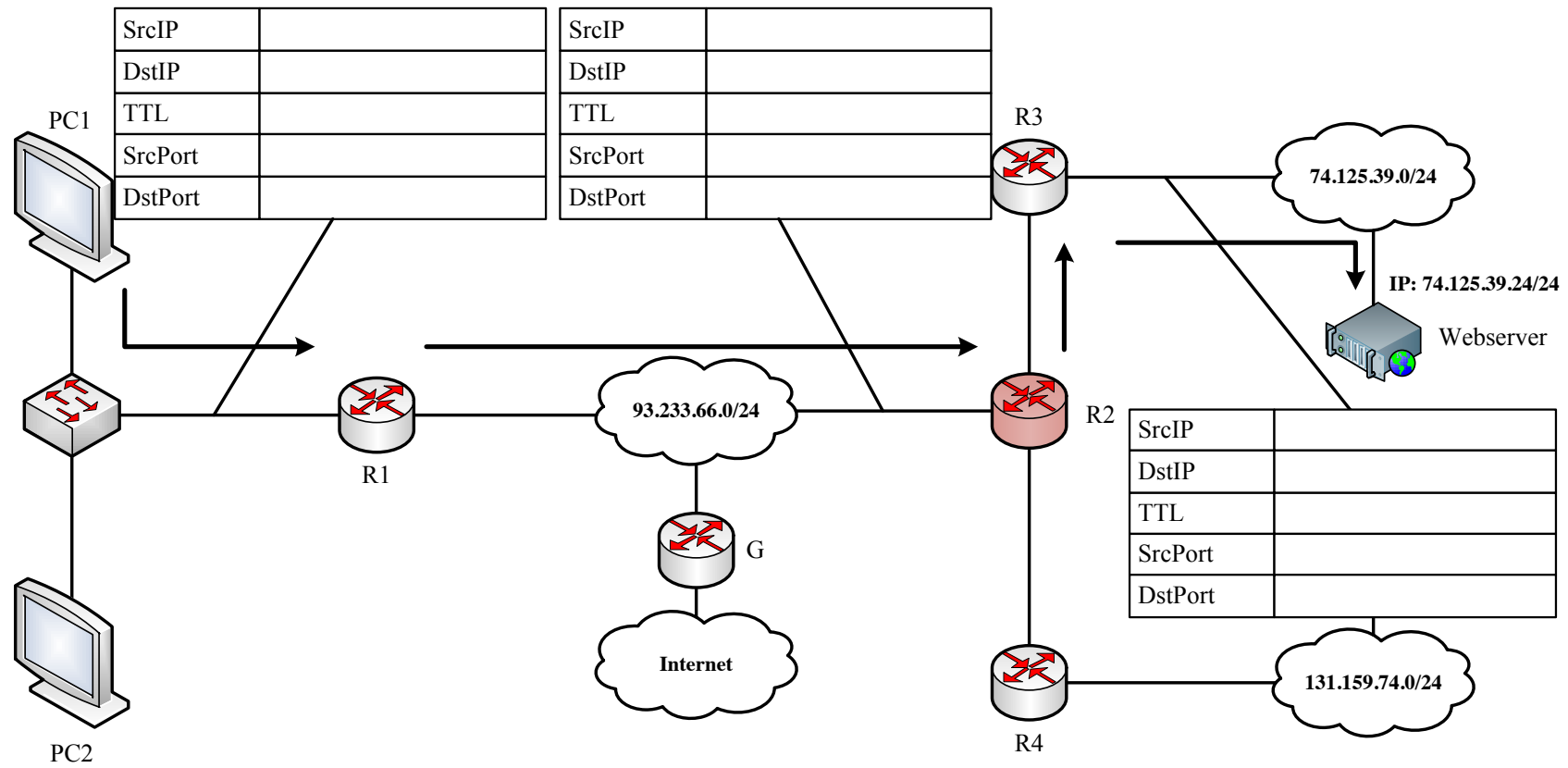


Abbildung 3.2: Vereinfachte Topologie für die Anfrage von PC1 an den Webserver

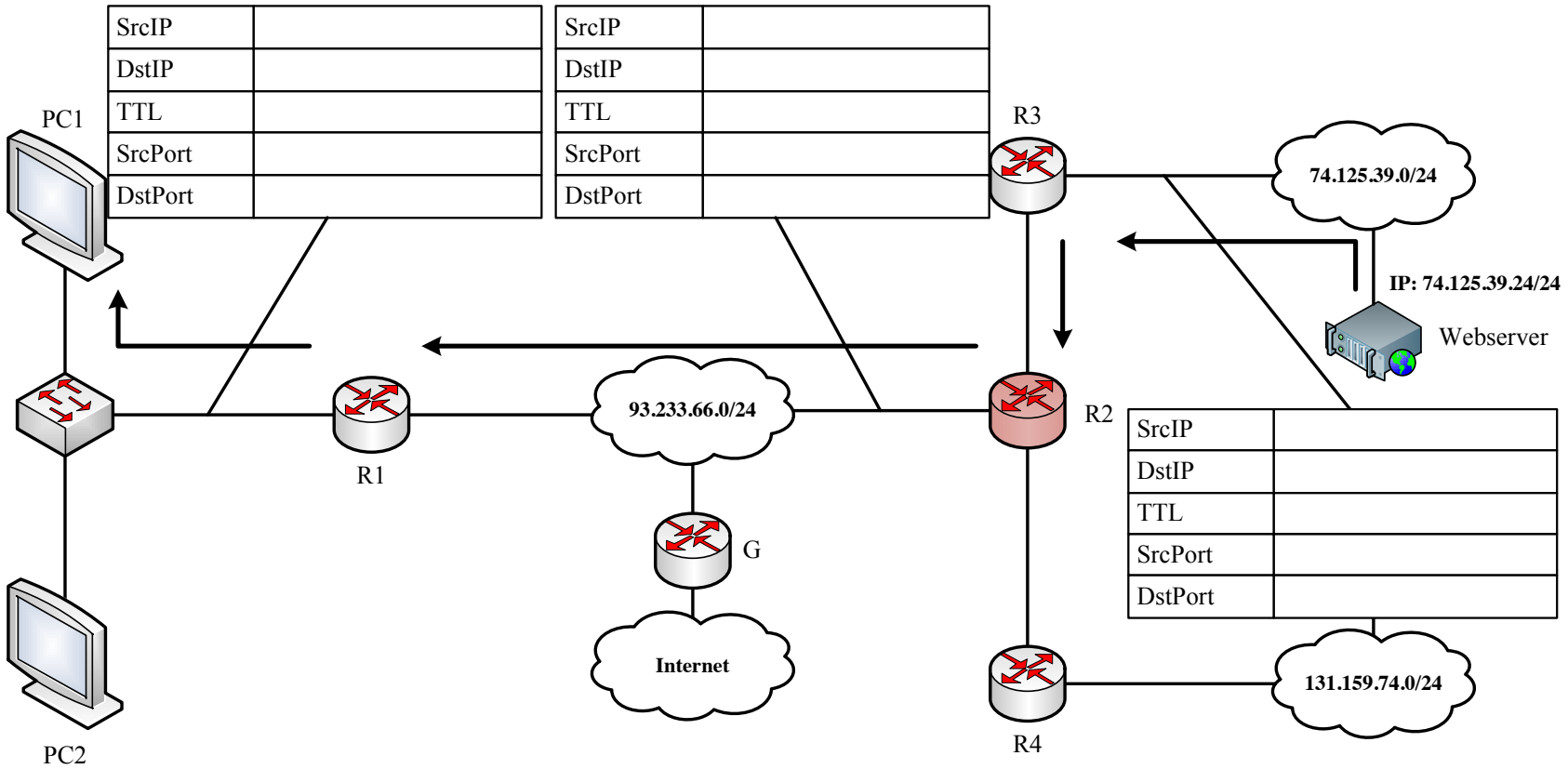


Abbildung 3.3: Vereinfachte Topologie für die Antwort vom Webserver zu PC1

Gehen Sie davon aus, dass die verwendete NAT-Implementierung ausschließlich das Tripel bestehend aus lokaler IP-Adresse, lokalem Port und globalem Port speichert.

i) Geben Sie alle Einträge in der unten stehenden Tabelle an, welche nach dem Nachrichtenaustausch zwischen PC1 und dem Webserver in der NAT-Tabelle von Router R1 vorhanden sind.

☐

Lokale IP	Lokaler Port	Globaler Port

Nun greift PC2 auf den Mailserver (131.159.74.8, TCP 25) zu. Als Quellport wählt er die Portnummer 33213.

j) Geben Sie **alle** Einträge in der unten stehenden Tabelle an, welche nach dem Nachrichtenaustausch zwischen PC2 und dem Mailserver in der NAT-Tabelle von Router R1 vorhanden sind.

☐

Lokale IP	Lokaler Port	Globaler Port

Dem Angreifer Bob aus dem Internet sei nun bekannt, dass ein Computer aus dem Netz hinter R1 Kontakt zu dem Mailserver hatte. Wir nehmen an, dass Bob eine von PC1 an den Mailserver gerichtete Nachricht irgendwo zwischen R1 und dem Mailserver abfangen konnte. Er kennt daher insbesondere die in der Nachricht enthaltenen IP-Adressen und Portnummern.

k)* Begründen Sie, ob Bob mit diesen Informationen eine Verbindung zu PC1 oder PC2 aufbauen kann.

☐

Notizen:

Aufgabe 4 Transportschicht (10 Punkte)

Der unten abgedruckte Trace stellt eine mit Wireshark aufgenommene Verbindung zwischen einem TCPGrnvsClient und dem TCPGrnvsServer dar (Hausaufgabe 3). Quell- und Zieladresse sind der Übersichtlichkeit halber abgekürzt dargestellt.

No.	Source	Destination	Prot	Info
1	2001::9a7	2001::c968	TCP	49821 > 6112 [SYN] Seq=0 Win=14400 Len=0 MSS=1440
2	2001::c968	2001::9a7	TCP	6112 > 49821 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=5712 Len=0 MSS=1440
3	2001::9a7	2001::c968	TCP	49821 > 6112 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=14400 Len=0
4	2001::c968	2001::9a7	TCP	6112 > 49821 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=5712 Len=80
5	2001::9a7	2001::c968	TCP	49821 > 6112 [ACK] Seq=1 Ack=81 Win=14400 Len=0
6	2001::9a7	2001::c968	TCP	49821 > 6112 [ACK] Seq=1 Ack=81 Win=14400 Len=7
7	2001::c968	2001::9a7	TCP	6112 > 49821 [ACK] Seq=81 Ack=8 Win=5712 Len=0
...				

Zur Erinnerung:

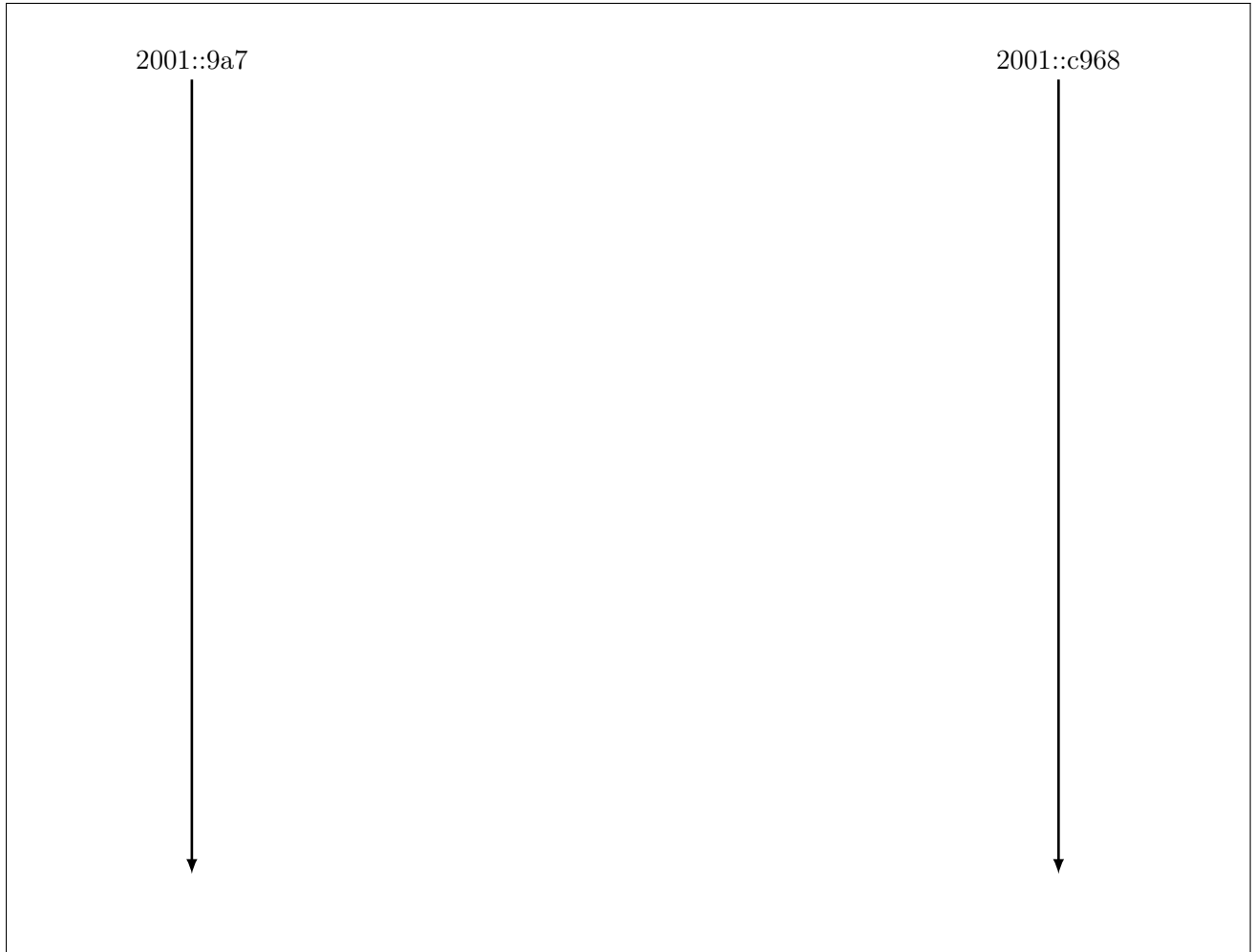
1. Nach dem Aufbau der Verbindung sendet der Server einen Welcome-String, welcher neben einer kurzen Botschaft auch die IP-Adresse des Clients enthält.
2. Der Client soll danach mit „HELLO“ antworten.

Der weitere Protokollablauf ist für diese Aufgabe nicht relevant.

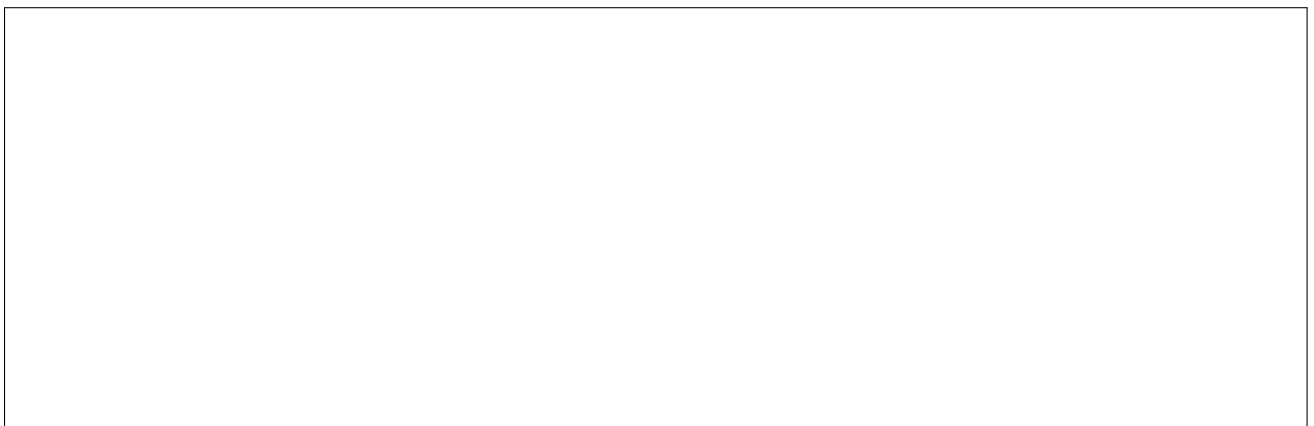
a)* Ordnen Sie Pakete 1 – 7 den TCP-Verbindungsphasen zu. Welche Phase ist in dem Trace nicht abgebildet?



b)* Erstellen Sie aus den Nachrichten 1–7 ein Weg-Zeit-Diagramm und ergänzen dieses um den Verbindungsabbau. Gehen Sie davon aus, dass der Client den Verbindungsabbau einleitet. Notieren Sie zu jeder ausgetauschten Nachricht **Flags, SEQ-Nummer, ACK-Nummer und Länge in dieser Reihenfolge**. Serialisierungszeit und Ausbreitungsverzögerung können Sie vernachlässigen.



c) Angenommen Client und Server würden mittels UDP kommunizieren. Welche Änderungen ergäben sich am Weg-Zeit-Diagramm aus der vorherigen Teilaufgabe?



Aufgabe 5 Kurzaufgaben (18 Punkte)

Die folgenden Kurzaufgaben sind **jeweils unabhängig voneinander**. Stichpunktartige Antworten sind ausreichend!

a)* Das 16 bit große Datum 0x1234 sei in Big Endian (Network Byte Order) gegeben. Konvertieren Sie das Datum in Little Endian.

--

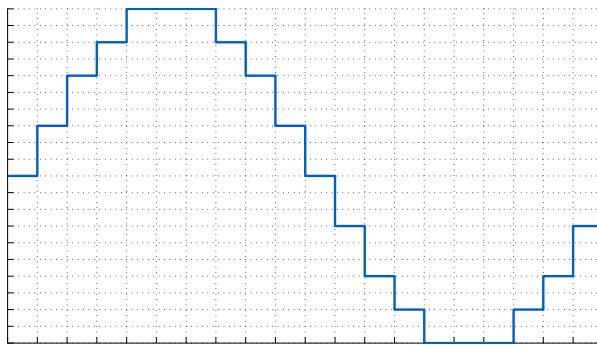
b)* Gegeben sei eine Rauschleistung von $P_N = 2.0 \text{ mW}$. Berechnen oder begründen Sie die notwendige Signalleistung P_S , so dass ein Signal-zu-Rauschabstand von 6 dB erreicht wird.

c)* Bestimmen Sie die CRC-Summe der Nachricht 10011011. Das Generatorpolynom sei $g(x) = x^2 + 1$.

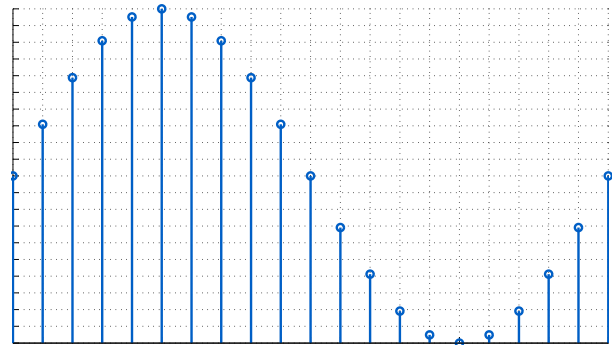
A large grid of graph paper with 20 columns and 15 rows. The grid is composed of small squares, with a slightly larger margin at the top for writing. The grid is empty, with no lines or markings other than the grid itself.

d)* Gegeben sei `fe80::222:b0ff:febc:1fe2/64`. Zu welchem Protokoll gehört diese Adresse?

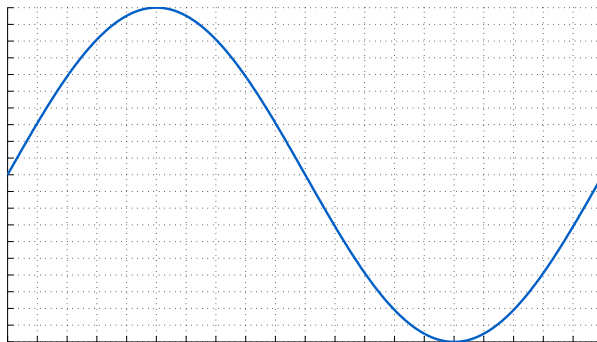
e)* Gegeben seien die vier Signalverläufe in Abbildung 5.1 (Abszisse entspricht der Zeit, Ordinate der Amplitude). Kreuzen sie für jedes der vier Signale zutreffende Eigenschaften in der unten abgedruckten Tabelle an.



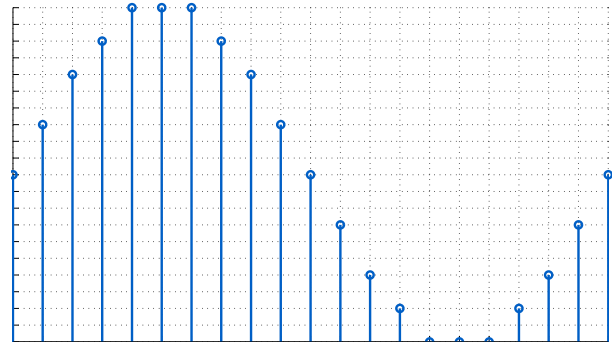
(a)



(b)



(c)



(d)

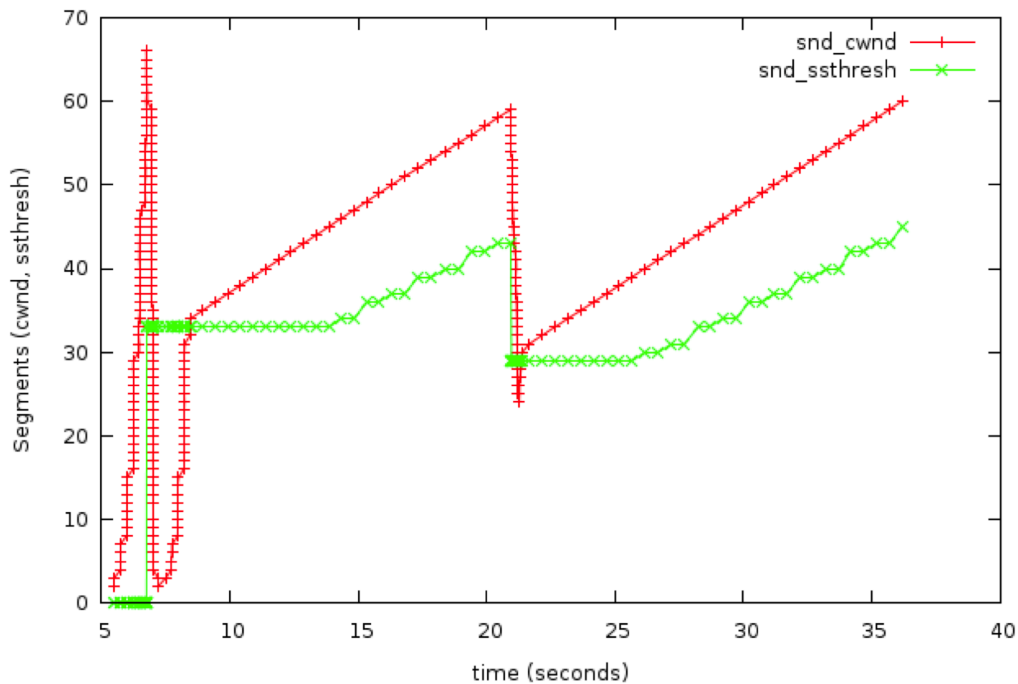
Abbildung 5.1: Signalverläufe

	Zeitdiskret	Zeitkontinuierlich	Wertdiskret	Wertkontinuierlich	Analog	Digital
(a)						
(b)						
(c)						
(d)						

f)* Worin besteht der Unterschied zwischen Distance-Vector- und Link-State-Routingprotokollen?

g)* Begründen Sie, ob Count-to-Infinity bei Link-State-Protokollen auftreten kann.

h)* Die untenstehende Abbildung zeigt einen gemessenen Verlauf des Congestion Windows und der Congestion Threshold einer TCP-Verbindung. Markieren und benennen Sie in der untenstehenden Abbildung die einzelnen Phasen der TCP-Staukontrolle.



i)* Was ist die Aufgabe der Flusskontrolle?

j)* Was ist die Aufgabe der Staukontrolle?

k)* Gegeben sei ein Alphabet mit insgesamt 32 unterschiedlichen Zeichen, deren Auftretswahrscheinlichkeit gleichverteilt ist. Begründen Sie, ob die durchschnittliche Codewortlänge bei Nutzung des Huffman-Codes größer, gleich oder kleiner 5 bit ist.



Notizen:

Zusätzlicher Platz für Lösungen – bitte markieren Sie deutlich die Zugehörigkeit zur jeweiligen Aufgabe und streichen Sie ungültige Lösungen!

