

Aufgabe 1 Packet Pair Probing (11.5 Punkte)

Gegeben sei das in Abbildung 1.1 dargestellte Netzwerk. Knoten 1 und 4 sind mit ihren Routern jeweils über ein full duplex-fähiges Netzwerk verbunden. Die symmetrischen Datenraten auf den Links betragen r_{12} bzw. r_{34} . Die Verbindung zwischen Knoten 2 und 3 ist bedeutend langsamer, d. h. $r_{23} < r_{12}, r_{34}$. Die beiden Distanzen d_{12} und d_{23} seien im Verhältnis zu d_{23} vernachlässigbar klein.

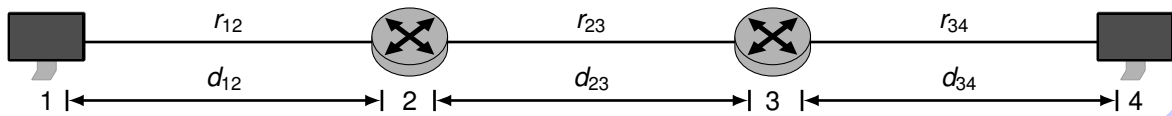
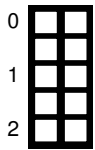


Abbildung 1.1: Vereinfachte Netztopologie

Knoten 1 soll die Datenrate r_{23} bestimmen, so dass möglichst wenig Last auf der ohnehin langsamen Verbindung entsteht. Dabei sei angenommen, dass alle Knoten über einen gewöhnlichen IP-Stack verfügen und ICMP-Pakete zwischen Knoten 1 und 4 ausgetauscht werden können.

a)* Geben Sie die Serialisierungszeit **und** Ausbreitungsverzögerung zwischen zwei benachbarten Knoten i und j in Abhängigkeit der Paketgröße p , Datenrate r_{ij} und Distanz d_{ij} an.

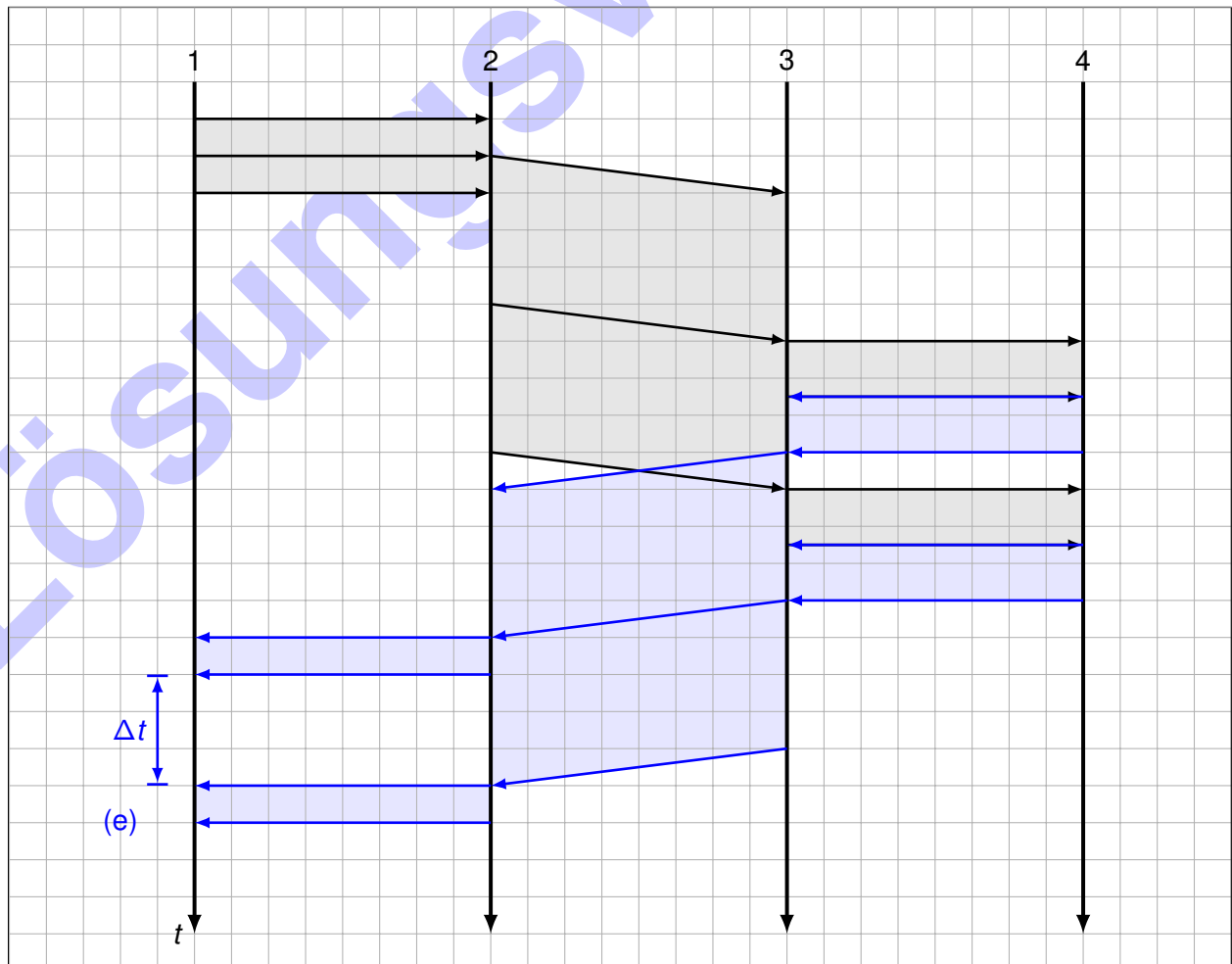
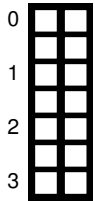


$t_s(i, j) = \frac{p}{r_{ij}}$		$t_p(i, j) = \frac{d_{ij}}{v_c}$	
--------------------------------	--	----------------------------------	--

Knoten 1 sende nun unmittelbar nacheinander zwei ICMP-Echo-Requests der Länge p an Knoten 4. Dabei sei p genau so groß gewählt, dass entlang des Pfads zu Knoten 4 keine Fragmentierung notwendig ist. Knoten 4 wird auf jeden Echo-Request mit einer Echo-Reply derselben Größe p antworten. Vereinfachend seien Verarbeitungszeiten an den Knoten zu vernachlässigen.

b)* Ergänzen Sie das im Lösungsfeld abgebildete Weg-Zeit-Diagramm.

Hinweis: Bei Bedarf finden Sie am Ende der Prüfung einen Ersatzvordruck.



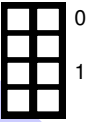
Durch die geringe Übertragungsrate zwischen Knoten 2 und 3 entsteht an Knoten 1 eine Empfangspause Δt . Diese kann von Knoten 1 gemessen und zur Bestimmung der gesuchten Übertragungsrate zwischen Knoten 2 und 3 verwendet werden.

c) Markieren Sie Δt in Ihrer Lösung von Teilaufgabe b).



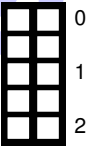
d) Von welchen Größen hängt Δt ab, falls $r_{23} < r_{34}$ gilt. (ohne Begründung)

p, r_{12} und r_{23}



e) Erklären Sie, was sich im Vergleich zur vorherigen Teilaufgabe ändern würde, falls $r_{23} > r_{34}$ gilt.

Für $r_{34} < r_{23}$ limitiert die Serialisierungszeit an Knoten 4 anstatt an Knoten 3, weswegen Δt unabhängig von r_{23} und abhängig von r_{34} wird.



f) Bestimmen Sie Δt allgemein für $r_{23} < r_{12}, r_{34}$. Vereinfachen Sie das Ergebnis soweit wie möglich.

$$\Delta t = t_s(2, 3) - t_s(1, 2) = p \left(\frac{1}{r_{23}} - \frac{1}{r_{12}} \right)$$


g) Geben Sie einen Ausdruck für die gesuchte Datenrate r_{23} an. Vereinfachen Sie das Ergebnis soweit wie möglich.

Umstellen des Ergebnisses aus Teilaufgabe f):

$$r_{23} = \frac{p}{\Delta t + \frac{p}{r_{12}}}$$


Aufgabe 2 Wireshark (20 Punkte)

Gegeben sei das Netzwerk aus Abbildung 2.1a. Das abgebildete Paket ist von *PC1* an *Srv* gerichtet.

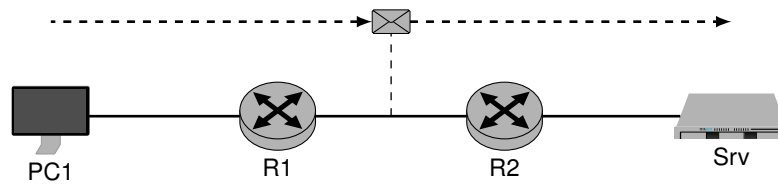


Abbildung 2.1a: Netztopologie

```

0x0000  90 e2 ba 2a 8d 97 90 e2  ba 86 dd 60 08 00 45 10
0x0010  00 3c b0 95 40 00 40 06 f) 77 37 c0 a8 f0 06 0a 35
0x0020  57 fb e0 da 0d 3d 81 8b  e4 cc 00 00 00 00 a0 02
0x0030  6a 40 bb f7 00 00 02 04  05 50 04 02 08 0a 66 83
0x0040  54 59 00 00 00 00 01 03  03 07
    
```

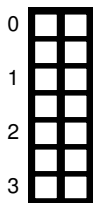
Abbildung 2.1b: Ethernet-Rahmen zwischen R1 und R2

Der Offset ist der Index in das Byte-Array und muss 0-basiert (so wie in C oder Java) angegeben werden. Geben Sie interpretierte Daten wie Adressen oder Ports jeweils in ihrer üblichen und gekürzten Schreibweise an.

Hinweis: Verwenden Sie zur Lösung die am Cheatsheet abgedruckten Header und Informationen.

Beispiel: Bestimmen Sie die Layer 2 Adresse des Empfängers.

Offset: 0x0000 Länge: 6
 Adresse: 90:e2:ba:2a:8d:97 gehört zu Knoten: <Name>



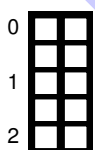
a)* Bestimmen Sie die Layer 2 Adresse des Absenders.

Offset: 0x0006 (6) Länge: 6
 Adresse: 90:e2:ba:86:dd:60 gehört zu Knoten: R1



b)* Begründen Sie, welches Layer 3 Protokoll verwendet wird.

Ethertype 0x0800 = IPv4



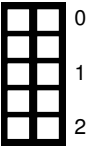
c) Bestimmen Sie die Layer 3 Adresse des Empfängers.

Offset: 0x001e (30) Länge: 4
 Adresse: 10.53.87.251

d) Bestimmen Sie die Layer 3 Adresse des Absenders.

Offset: 0x001a (26) Länge: 4

Adresse: 192.168.240.6



e)* Begründen Sie, woran zu erkennen ist, dass der L3-Header eine Länge von 20 B hat.

Unteres Nibble des IHL ist 0x5, was die Länge des IPv4 Headers in Vielfachen von 4 B angibt.

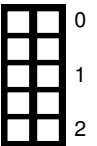


f)* Markieren Sie deutlich die Stelle in Abbildung 2.1b, aus der hervorgeht, dass die IPv4-Payload TCP ist.

Wiedereinstieg: L4-Header (TCP) beginnt bei Index 0x0022.

g)* Geben Sie den Destination Port an. (ohne Begründung)

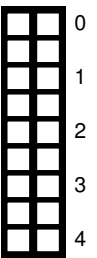
3389



h)* Geben Sie die genaue Position (Offset und Position innerhalb des betreffenden Bytes) der TCP-Flags, die Flags selbst sowie deren jeweiligen Werte an.

Offset: niederwertige 6 bit des Bytes an Position 0x002f (47)

Flag	-	-	URG	ACK	PSH	RST	SYN	FIN
Wert			0	0	0	0	1	0



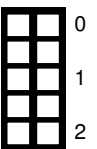
i)* Geben Sie die minimale Länge des TCP-Headers an. (ohne Begründung)

20 B



j)* Bestimmen Sie die exakte Länge des TCP-Headers aus Abbildung 2.1b. (mit Begründung)

0xa0 an Offset 0x002e enthält in den höchstwertigen 4 bit das Feld *Offset* (0xa), welches die Gesamtlänge des TCP-Headers in Vielfachen von 4 B angibt. Die Headerlänge beträgt damit $10 \cdot 4 B = 40 B$



k) Was verursacht den Längenunterschied in diesem Fall?

Der TCP-Header enthält Optionen



Aufgabe 3 IPv6 (19 Punkte)

Gegeben ist die Netzwerktopologie in Abbildung 3.1. Der Router *R* ist mit dem Netz *NET1* über *GW* an das Internet angebunden und versorgt die Netze *NET2* und *NET3*. *NET3* wird für WLAN Clients verwendet.

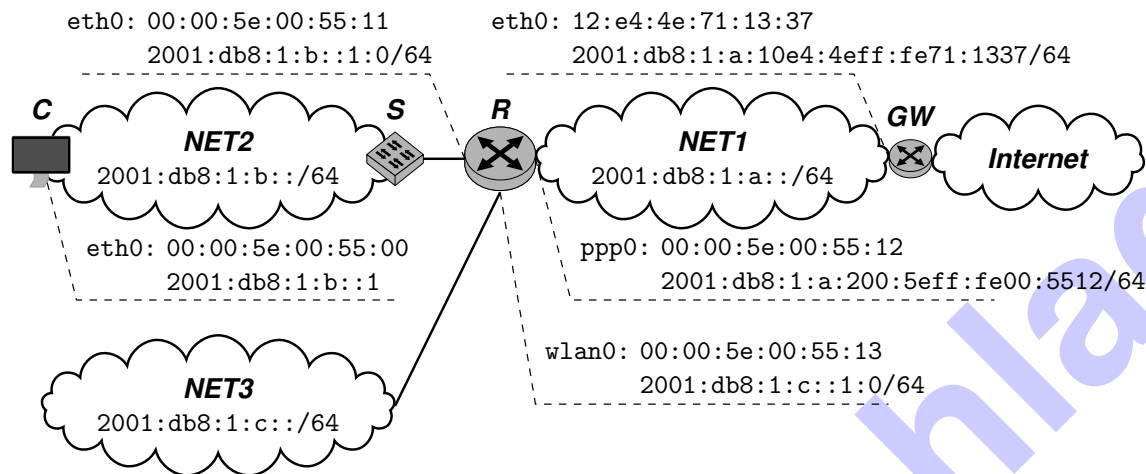


Abbildung 3.1: Topologie

- 0 1
- a)* Wie erhält *R* am Interface *ppp0* die IP-Adresse $2001:db8:1:a:200:5eff:fe00:5512$?
- Es handelt sich wahrscheinlich um eine automatisch konfigurierte Adresse. Der Router generiert diese über Stateless Address Autoconfiguration (SLAAC) aus dem Prefix-Announcement und der MAC-Adresse des Interfaces .
- 0 1
- b)* Nennen Sie den grundlegenden Unterschied bei Fragmentierung zwischen IPv4 und IPv6.
- Bei IPv4 kann im Netzwerk fragmentiert werden, bei IPv6 nur auf den Hosts.
- 0 1 2
- c)* Zeigen Sie, dass *NET2* und *NET3* auf *GW* nicht aggregiert werden können.
- NET2* und *NET3* sind nicht im gleichen /63 Präfix. Für die Bits 61 bis 64: $b_{16} = 1010_2$, $c_{16} = 1100_2$.
- 0 1
- d)* Begründen Sie, weswegen *NET1* und *NET2* auf *GW* nicht aggregiert werden können.
- NET2* ist nicht direkt erreichbar und wird über *R* geroutet. *NET1* liegt direkt an *GW* an.
- 0 1
- e)* Nennen Sie das Verfahren, mit welchem ein Router entscheidet, wohin ein Paket weitergeleitet wird.
- Longest-Prefix-Matching

f) Destination	Next Hop	Interface
g) 2001:db8:1:a::/64	::	ppp0
g) 2001:db8:1:b::/64	::	eth0
g) 2001:db8:1:c::/64	::	wlan0
g) ::/0	2001:db8:1:a:10e4:4eff:fe71:1337	ppp0
g)		
g)		

Tabelle 3.1: Routingtabelle auf R

f)* Tragen Sie die üblichen Spaltennamen in der Routingtabelle 3.1 ein.

g) Vervollständigen Sie die Routingtabelle 3.1 für R, sodass die angeschlossenen Netze das Internet erreichen und von dort erreicht werden können. Aggregieren Sie soweit möglich.

Hinweis: Es sind zusätzliche Leerzeilen gegeben. Streichen Sie ungültige Einträge deutlich.

h) Argumentieren Sie, wohin Router R ein Paket mit der Zieladresse fe80::1:2ff:fe03:405 weiterleitet.

Der Router leitet das Paket nicht weiter, da es sich um eine Link-Local-Adresse handelt.

R hat ein an C adressiertes Paket erhalten, und muss zunächst die MAC Adresse auflösen.

i)* Grenzen Sie L2- und L3-Adressen hinsichtlich ihrer Verwendung ab.

L2: Next Hop Adressierung, L3: Ende-zu-Ende Adressierung

j)* Mit welchem Verfahren wird die MAC-Adresse bei IPv4 aufgelöst?

ARP

k)* Mit welchem Verfahren wird die MAC-Adresse bei IPv6 aufgelöst?

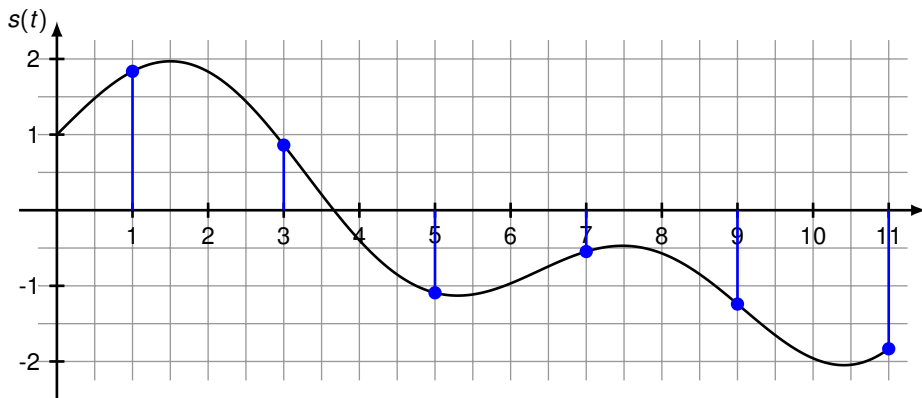
Neighbor Discovery

l) Geben Sie für die Adressauflösung bei IPv6 bzw. IPv4 die jeweiligen L2- und L3-Adressen im Header des gesendeten Pakets an. Sollten gewisse Adressen nicht vorhanden sein oder benötigt werden, so markieren Sie diese Einträge in der Tabelle im Lösungsfeld als „nicht zutreffend“.

Adresse	IPv6	IPv4
L2 Sender	00:00:5e:00:55:11	00:00:5e:00:55:11
L2 Empfänger	33:33:ff:00:00:01	ff:ff:ff:ff:ff:ff
L3 Sender	2001:db8:1:b::1:0	nicht zutreffend
L3 Empfänger	ff02::1:ff00:1	nicht zutreffend

Aufgabe 4 Abtastung und Quantisierung (11 Punkte)

Gegeben sei das in Abbildung 4.1a dargestellte Basisbandsignal. Im Folgenden soll dieses Signal abgetastet, quantisiert und die übertragene Bitfolge rekonstruiert werden.



4.1a: Basisbandsignal $s(t)$

Stufe	Codewort
-1,5	00
-0,5	01
0,5	10
1,5	11

4.1b: Zuordnung

Abbildung 4.1: Basisbandsignal und Zuordnung zwischen Quantisierungsstufen und Codewörtern

0 1 2 a)* Tasten Sie das Signal $s(t)$ mit der Abtastfrequenz $f_a = 500$ Hz ab. Tragen Sie die Abtastwerte als zeitdiskretes Signal direkt in Abbildung 4.1a ein. **Wählen Sie als ersten Abtastzeitpunkt $t = 1,0$ ms.**

Das Signal soll im Intervall $[-2; 2]$ mit vier Stufen quantisiert werden, so dass der maximale Quantisierungsfehler innerhalb des Intervalls minimiert wird.

0 1 b)* Geben Sie die numerischen Werte der Quantisierungsstufen in Tabelle 4.1b der Größe nach aufsteigend sortiert an (kleinster Wert zuerst).

Den Quantisierungsstufen sind binäre Codewörter zugewiesen, wobei die Codewörter als Dezimalwert interpretiert den Stufen in aufsteigender Reihenfolge zugewiesen sind. Das als Dezimalwert interpretiert kleinste Codewort ist der niedrigsten Quantisierungsstufe zugewiesen.

0 1 c)* Ergänzen Sie Tabelle 4.1b um die entsprechenden Codewörter.

d)* Bestimmen Sie den maximalen Quantisierungsfehler innerhalb des Intervalls $[-2, 2]$. (Rechnung oder Begründung)

0 1

Maximaler Quantisierungsfehler beträgt $\Delta/2$. Mit $\Delta = 1$ ergibt sich ein max. Fehler von 0,5.

0 1 2 e) Geben Sie die quantisierten Abtastwerte in der untenstehenden Tabelle 4.1 an.

f) Geben Sie die empfangene Nachricht in Binärdarstellung pro Symbol in untenstehender Tabelle 4.1 an.

numerisch	1,5	0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-1,5						
binär	11	10	00	01	00	00						

Tabelle 4.1: Quantisierte Abtastwerte und binäre Darstellung der Nachricht

0 1 2 g) Leiten Sie die erzielbare Datenrate ausgehend vom zutreffenden Theorem her.

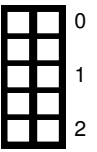
$$r = 2B \cdot \log_2(M), \text{ mit } 2B = f_a = 500 \text{ Hz: } 500 \text{ Hz} \cdot \log_2(4) = 1 \text{ kbit/s}$$

Aufgabe 5 Kurzaufgaben (13.5 Punkte)

Die nachfolgenden Teilaufgaben sind jeweils unabhängig voneinander lösbar.

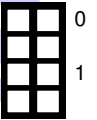
a)* In der Vorlesung wurde der Begriff „WLAN-Router“ diskutiert. Welche Geräte der Schichten 1 – 3 sind in einem solchen Gerät üblicherweise vereint?

Router (L3), Switch (L2), Medienkonverter (L1) (oder WLAN-AP), Modem (L1)



b)* Wie kommt die häufig verwendete MSS von 1460 B zustande?

1500 B MTU (Ethernet) abzüglich 20 B IPv4 Header und 20 B TCP Header.



c)* Wozu dient *Bit Stuffing*?

Verhinderung des Vorkommens von Rahmenbegrenzern in den Nutzdaten.

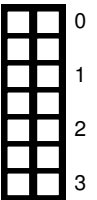
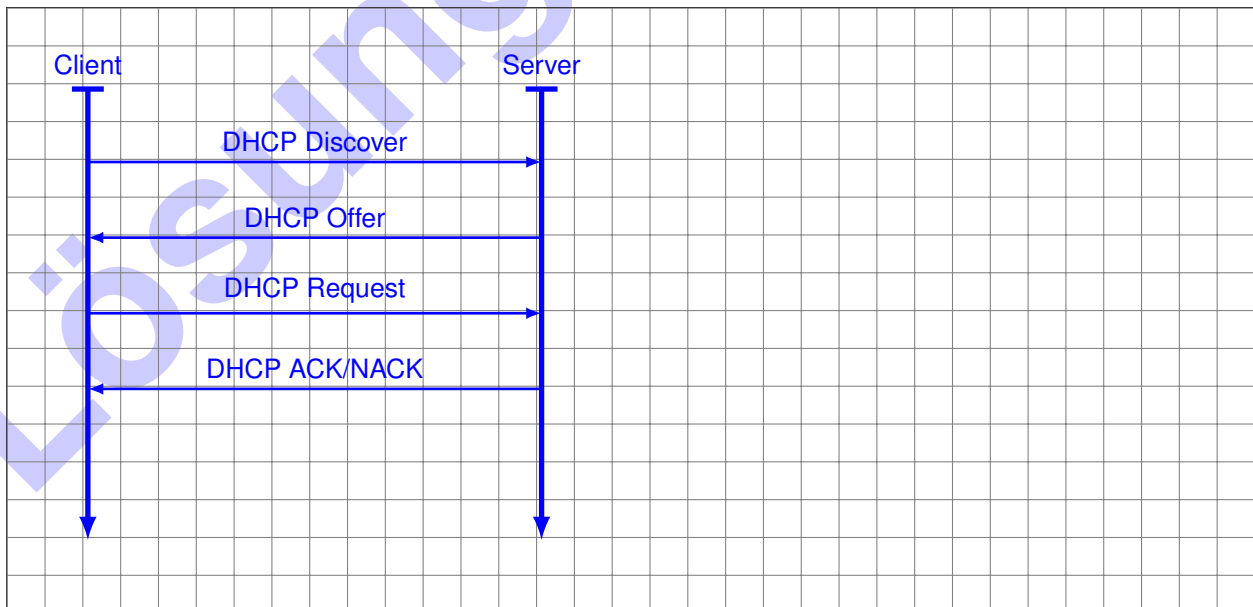


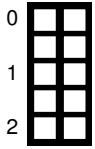
d)* Sie betreiben einen Webserver hinter einem NAT. Beschreiben Sie kurz, was Sie tun müssen, damit dieser Webserver vom Internet aus erreichbar ist.

Port-Forwarding am NAT von TCP 80 bzw. TCP 443 auf den Port, auf dem der lokale Webserver eingehende Verbindungen erwartet.



e)* Zeichnen Sie ein vereinfachtes Weg-Zeit-Diagramm (Ablaufdiagramm) für DHCP. Nehmen Sie dazu ein Netzwerk mit einem DHCP-Server und einem bislang unkonfiguriertem Client an. Achten Sie auf eine vollständige Beschriftung des Diagramms.





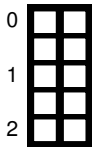
f)* Erklären Sie stichpunktartig Funktion und Ergebnis des Syscalls `select()`.

- Überwacht mehrere Sets von Filedeskriptoren auf Aktivität
- Modifiziert die Sets, so dass nur aktiv gewordene Filedeskriptoren enthalten sind
- Gibt die Anzahl aktiv gewordener Filedeskriptoren (-1 bei Fehler und 0 bei Timeout) zurück



g)* Gegeben sei das binäre Datenwort 1100110010101010 in Big Endian. Geben Sie es in Network Byte Order an.

1100110010101010



h)* Erklären Sie die Begriffe *stromorientiert* und *nachrichtenorientiert* bzgl. Schicht 4.

stromorientiert: Senden/Empfangen von Daten erfolgt Byte-weise ohne Garantie, dass Nachrichtengrenzen erhalten bleiben
Nachrichten-orientiert: Nachrichtengrenzen bleiben erhalten. (Ob eine Garantie besteht oder nicht, dass Nachrichten auch ankommen, impliziert das aber nicht)

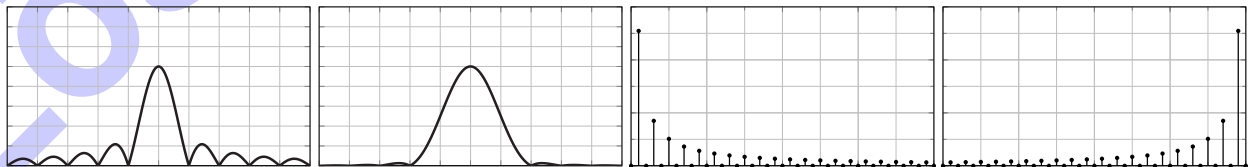
Aufgabe 6 Multiple Choice (15 Punkte)

Die nachfolgenden Teilaufgaben sind jeweils unabhängig voneinander lösbar und stammen aus den vorlesungsbegleitenden Quizzes. Das Bewertungsschema entspricht ebenfalls dem der Quizze: 1 oder 0 Punkte bei Aufgaben mit nur einer richtigen Antwort bzw. Abstufung auf 0,5 Punkte bei einer fehlenden oder falschen Antwort, sofern mehr als eine Antwort richtig ist.

a)* Wie lautet das Ergebnis des bestimmten Integrals $\int_0^{T/2} \sin(2\pi ft) dt$ (für $f, T \in \mathbb{R}$)?

- 1 $\frac{1}{2\pi f} (1 - \cos(\pi f T))$ $1 - \cos(\pi f T)$ nichts davon
 1 $\frac{1}{2\pi f} (\cos(\pi f T) - 1)$ $1 + \cos(\pi f T)$ π

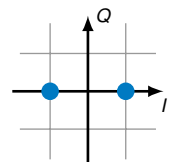
b)* Gegeben seien der Rechteckimpuls $s_1(t)$ sowie der \cos^2 -Impuls $s_2(t)$. Untenstehende Abbildung zeigt vier verschiedene Spektren. Welche Aussagen sind zutreffend?



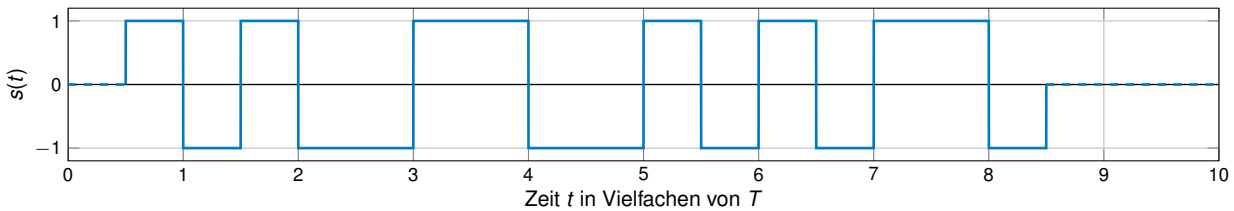
- $s_1(t) \leftrightarrow S_1(f)$ $s_1(t) \leftrightarrow S_4(f)$ $s_1(t) \leftrightarrow S_2(f)$ $s_1(t) \leftrightarrow S_3(f)$
 $s_2(t) \leftrightarrow S_4(f)$ $s_2(t) \leftrightarrow S_3(f)$ $s_2(t) \leftrightarrow S_2(f)$ $s_2(t) \leftrightarrow S_1(f)$

c)* Nebenstehende Signalraumzuordnung stellt welche(s) Modulationsverfahren dar?

- 1-PSK 2-ASK 2-QAM 2-PSK 1-QAM 1-ASK



d)* Gegeben sei das unten abgebildete Manchester-kodierte Sendesignal. Welche Bitsequenz/en passt/passen zu diesem Signal?



- 11010001 1010011001010110 0101
 1010 0101100110101001 00101110

e)* Welche Aussagen zu MLT-3 sind zutreffend?

- Es gibt drei unterschiedliche Signalpegel. Es handelt sich um einen Kanalcode.
 Es handelt sich um einen Leitungscode. 01 erzeugt immer eine Pegeländerung.
 Es wird Gleichstromfreiheit garantiert. Ein Symbol kodiert 3 bit.

f)* Welche Aussagen zu CSMA sind zutreffend?

- CSMA gehört zu den nicht-deterministischen Zeitmultiplexverfahren.
 CSMA ist das zugrundeliegende Medienzugriffsverfahren für Ethernet.
 CSMA sichert jedem von N Teilnehmern durchschnittlich $1/2N$ der Kanalbandbreite zu.
 CSMA erlaubt mehreren Stationen gleichzeitig Zugriff auf das Medium.
 CSMA ist Frequenzmultiplexverfahren.

g)* Wobei handelt es sich um Aufgaben der Sicherungsschicht?

- Adressierung zwischen Direktverbindungsnetzen
 Staukontrolle bei Weiterleitung von Nachrichten
 Schutz vor unbefugtem Mitlesen von Nachrichten
 Prüfung von Nachrichten auf Übertragungsfehler
 Adressierung in einem Direktverbindungsnetz
 Steuerung des Medienzugriffs

h)* Worin besteht der wesentliche Unterschied zwischen CSMA/CD und CSMA/CA?

- CSMA/CD verwendet im Gegensatz zu CSMA/CA Bestätigungen. Beim Medienzugriff mittels CSMA/CA gibt es immer eine Contention Phase.
 Es gibt nur Unterschiede in der Kollisionsbehandlung, nicht im Medienzugriff. CSMA/CA benötigt eine minimale Rahmenlänge von 64 B.

i)* Gegeben sei ein Basisbandsignal mit 16 unterscheidbaren Symbolen sowie ein Übertragungskanal mit einer Bandbreite von 1 MHz sowie ein SNR von 7. Bestimmen Sie die erzielbare Datenrate.

- 5 Mbit/s 6 Mbit/s 4 Mbit/s 3 Mbit/s 8 Mbit/s 7 Mbit/s

j)* Die Signalleistung betrage 1 mW, das SNR betrage -20 dB. Bestimmen Sie die Rauschleistung.

- 10 μ W 100 μ W 500 mW 10 mW 50 μ W
 5 mW 1 mW 50 mW 100 mW 500 μ W

k)* Bei welchen der folgenden IP-Adressen handelt es sich **nicht** um öffentliche Adressen?

- 10.10.10.10 192.169.1.1 192.168.255.0
 8.8.8.8 172.16.20.1 127.0.0.1

l)* Bei welchen der genannten Routingprotokolle handelt es sich um *Interior Gateway Protokolle*?

- RIP ISIS OSPF BGP IGRP EIGRP

m)* Welche Felder finden sich im TCP-Header?

- Window Sequence Number Source Address Protocol
 Destination Port Push-Flag Fragment Offset TTL / Hop Limit

n)* Bei welchem der nachfolgend beschriebenen Netzwerke (basierend auf Ethernet) mit mindestens drei Hosts sind Kollisions- und Broadcastdomäne identisch?

- Hosts verbunden über einen Router. Hosts verbunden über ein Hub.
 Hosts verbunden über ein Switch. Hosts und ein Router verbunden über ein Hub.

o)* Wie lautet der FQDN zum PTR-Record der IP-Adresse 203.0.113.42?

- 42.113.0.203.in-addr.arpa. 203.0.113.42.in-addr.arpa.
 24.311.0.302.in-addr.arpa. 302.0.311.21.in-addr.arpa.

Weiterer Vordruck für Aufgabe 1b)

