



Hinweise zur Personalisierung:

- Ihre Prüfung wird bei der Anwesenheitskontrolle durch Aufkleben eines Codes personalisiert.
- Dieser enthält lediglich eine fortlaufende Nummer, welche auch auf der Anwesenheitsliste neben dem Unterschriftenfeld vermerkt ist.
- Diese wird als Pseudonym verwendet, um eine eindeutige Zuordnung Ihrer Prüfung zu ermöglichen.

Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

Klausur: IN0010 / Retake
Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Georg Carle

Datum: Dienstag, 8. Oktober 2019
Uhrzeit: 13:30 – 15:00

	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6
I						
II						

Bearbeitungshinweise


- Diese Klausur umfasst **16 Seiten** mit insgesamt **6 Aufgaben** sowie eine beigelegte Formelsammlung. Bitte kontrollieren Sie jetzt, dass Sie eine vollständige Angabe erhalten haben.
- Die Gesamtpunktzahl in dieser Prüfung beträgt 90 Punkte.
- Das Heraustrennen von Seiten aus der Prüfung ist untersagt.
- Als Hilfsmittel sind zugelassen:
 - ein **nicht-programmierbarer Taschenrechner**
 - ein **analoges Wörterbuch** Deutsch ↔ Muttersprache **ohne Anmerkungen**
- Mit * gekennzeichnete Teilaufgaben sind ohne Kenntnis der Ergebnisse vorheriger Teilaufgaben lösbar.
- **Es werden nur solche Ergebnisse gewertet, bei denen der Lösungsweg erkennbar ist.** Auch Textaufgaben sind **grundsätzlich zu begründen**, sofern es in der jeweiligen Teilaufgabe nicht ausdrücklich anders vermerkt ist.
- Schreiben Sie weder mit roter/grüner Farbe noch mit Bleistift.
- Schalten Sie alle mitgeführten elektronischen Geräte vollständig aus, verstauen Sie diese in Ihrer Tasche und verschließen Sie diese.


Hörsaal verlassen von _____ bis _____ / Vorzeitige Abgabe um _____

Aufgabe 1 Kurzaufgaben (17 Punkte)


Die nachfolgenden Teilaufgaben sind jeweils unabhängig voneinander zu beantworten.

0  a)* Nennen Sie die notwendigen Syscalls **in der richtigen Reihenfolge**, um einen verbindungsorientierten Socket zu erstellen und sich mit diesem zu einem Server zu verbinden.


1 

0  b)* Wozu dient SLAAC?

1 

0  c)* Gegeben sei das 16 bit lange Datum 10101010 11001100 in Network Byte Order. Geben Sie das Datum binär in Little Endian an.


1 

0  d)* Nennen Sie die wesentliche Aufgabe der Netzwerkschicht.


1 


0  e)* Erklären Sie den Unterschied zwischen einem *Nameserver* und einem *Resolver*.

1 

2 

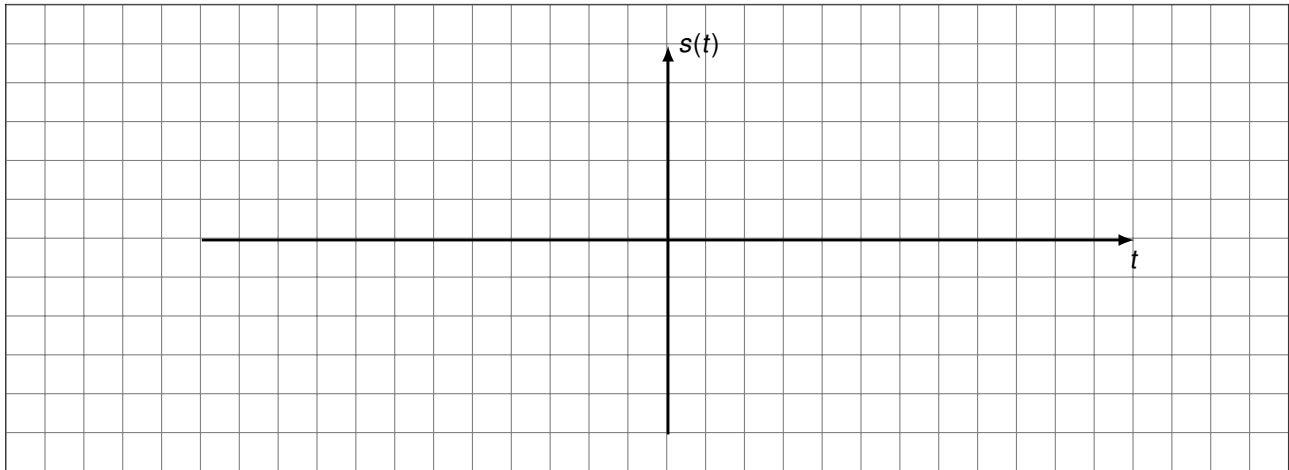
0  f)* Erläutern Sie kurz den Unterschied zwischen einem MST und einem SPT.

1 

2 

g)* Skizzieren Sie ein nicht-konstantes, zeitkontinuierliches Signal $s(t)$, welches ein rein reelles Spektrum aufweist.

			0
			1
			2



h)* Berechnen oder begründen Sie die notwendige Signalleistung P_S , so dass bei einer Rauschleistung von $P_N = 1 \text{ mW}$ ein Signal-zu-Rauschabstand von 6 dB erreicht wird.

			0
			1
			2

i)* Bestimmen Sie die IP-Adresse in ihrer üblichen und vollständig gekürzten Schreibweise zum Reverse-FQDN 4.4.8.8.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.6.8.4.6.8.4.0.1.0.0.2.ip6.arpa..

			0
			1
			2

j)* Ein analoges Signal soll mit 3 bit quantisiert werden. Der maximale Quantisierungsfehler innerhalb des Quantisierungsintervalls $[a; b]$ soll $\frac{1}{8}$ nicht übersteigen. Der zeitliche Mittelwert des Signals betrage 0, d. h. das Quantisierungsintervall ist um 0 zentriert. Bestimmen Sie die Intervallgrenzen.

			0
			1
			2
			3

Aufgabe 2 Dynamisches Routing (16 Punkte)

Gegeben sei das in Abbildung 2.1 vereinfacht dargestellte Netzwerk. Alle Router verwenden RIP als Routingprotokoll. Die Tabellen in Abbildung 2.1 stellen den Inhalt der Routingtabelle des jeweiligen Routers dar, nachdem RIP einen konvergenten Zustand erreicht hat.

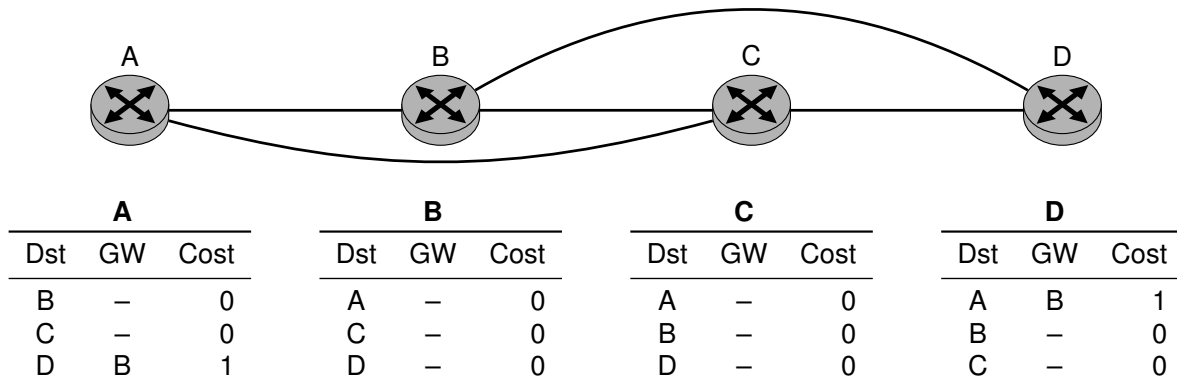


Abbildung 2.1: Vereinfachte Netztopologie

0 a)* Welche Metrik verwendet RIP? (ohne Begründung)

1 Hop Count

0 b)* Zu welcher Klasse von Routingprotokollen gehört RIP? (ohne Begründung)

1 Distanz-Vektor -Protokolle

0 c) Inwiefern sind Netze, deren Router ausschließlich RIP als Routingprotokoll verwenden, in der Größe beschränkt?

1 In RIP ist der Hop Count auf 15 limitiert.
Dies liegt am Count-to-infinity Problem.

0 d)* Welche beiden Bestandteile enthält ein Update, das ein RIP-Router regelmäßig versendet?

1 Nur den Hop Count zu bekannten Routern.
2 (Kosten, Ziel)

0 e) Welche wesentliche Information der eigenen Routingtabelle ist in einem solchen Update **nicht** enthalten?

1 Nicht enthalten: Über welches Next Hop ist das Ziel zu erreichen

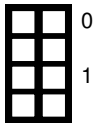
0 f) Begründen Sie, ob RIP stets die schnellste Route zu einem Ziel wählt.

1 Nein, da nur Hop Count als Metrik verwendet wird, aber Faktoren, wie Datenrate, Delay, ... außer Acht gelassen.
2



Der Standort, an dem Router D steht, erleidet einen Stromausfall, wodurch die Verbindungen zu den Routern B und C getrennt werden. Wir nehmen an, dass der Ausfall von diesen Routern auch sofort erkannt wird.

g)* Geben Sie die Routingtabellen der verbleibenden Router unmittelbar nach dem Ausfall an.

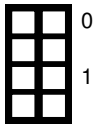


A		
Dst	GW	Cost
B	-	0
C	-	0
D	B	1

B		
Dst	GW	Cost
A	-	0
C	-	0
D	-	∞

C		
Dst	GW	Cost
A	-	0
B	-	0
D	-	∞

h) Geben Sie die Routingtabellen an, nachdem Router A ein regelmäßiges Update versendet hat.

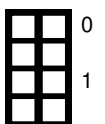


A		
Dst	GW	Cost
B	-	0
C	-	0
D	B	1

B		
Dst	GW	Cost
A	-	0
C	-	0
D	A	2

C		
Dst	GW	Cost
A	-	0
B	-	0
D	A	2

i) Geben Sie die Routingtabellen an, nachdem Router B ein regelmäßiges Update versendet hat.

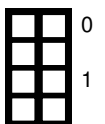


A		
Dst	GW	Cost
B	-	0
C	-	0
D	B	3

B		
Dst	GW	Cost
A	-	0
C	-	0
D	A	2

C		
Dst	GW	Cost
A	-	0
B	-	0
D	A	2

j) Geben Sie die Routingtabellen an, nachdem Router C ein regelmäßiges Update versendet hat.

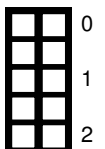


A		
Dst	GW	Cost
B	-	0
C	-	0
D	B	3

B		
Dst	GW	Cost
A	-	0
C	-	0
D	A	2

C		
Dst	GW	Cost
A	-	0
B	-	0
D	A	2

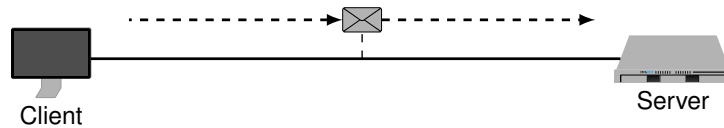
k) Beschreiben Sie den weiteren Ablauf, wenn weiterhin Router A, B und C in dieser Reihenfolge alle 30 s ein Update versenden.



Es wird weiterhin daran liegen, dass die Router A, B, C die fehlerhafte Route zu D als richtig propagieren. Dabei werden die Plackosten zu D bis 15 ansteigen. Danach werden alle Routen zu D mit Kosten 15 verworfen.


Aufgabe 3 Worst-Case Analyse (15 Punkte)


Um die Performanceeigenschaften eines Design zu überprüfen, kann eine Worst-Case-Analyse hilfreich sein. Dabei handelt es sich um eine Untersuchung des ungünstigsten aller möglichen Fälle. Nachfolgend soll eine solche Analyse für eine Telnet-Verbindung durchgeführt werden. Telnet ist ein auf TCP aufbauendes zeichenorientiertes Protokoll. Analog zu SSH können mit Telnet auf einem über das Netzwerk erreichbaren Server Befehle ausgeführt werden.





3.1: Telnet Netztopologie: Client sendet Nutzereingabe zu Server


Für die Worst-Case Analyse soll die Datenübertragung von einem Telnet-Client zum Server untersucht werden. Eine Telnet-Verbindung wurde bereits aufgebaut. Abbildung 3.1 stellt die Netzwerktopologie dar. In dem betrachteten Szenario werden als Layer 2 und 3 Protokolle Ethernet bzw. IPv4 verwendet.

0  a)* Wie kann telnet verhindern, dass die TCP-Stacks von Sender bzw. Empfänger Information puffern?

0  b)* Warum ist das Verhindern von Puffern durch den TCP-Stack für telnet sinnvoll?

0  c)* Warum ist es im Allgemeinen sinnvoll, dass TCP versucht Daten zu puffern?

0  d)* Bestimmen Sie die maximale Größe eines TCP-Headers in Byte. (Begründung!)

0  e)* Bestimmen Sie die maximale Größe eines IPv4-Headers in Byte. (Begründung!)

f) Bestimmen Sie das minimale Verhältnis von Layer 4 SDU zu Layer 2 PDU.

	0
	1
	2
	3

--

In RFC 791 Abschnitt 3.2 findet sich die folgende Aussage: „Every internet module must be able to forward a datagram of 68 octets without further fragmentation.“¹

g)* Begründen Sie obige Aussage des RFC 791.

	0
	1
	2

--

h) Begründen Sie, wie viele Pakete maximal benötigt werden, minimale MTU vorausgesetzt, um mit Telnet 1 B Nutzlast zu transportieren?

	0
	1
	2

--

Obige Rechnung geht unter anderem von der Verwendung von IPv4 aus. Nachfolgend soll der Einfluss eines Wechsels auf IPv6 untersucht werden.

i) Welche Herausforderung für die Berechnung des Verhältnisses von Layer 4 SDU zu Layer 2 PDU (wie in Teilaufgabe f) zu bestimmen) entsteht durch Verwendung von IPv6?

	0
	1

--

Im IPv6 spezifizierenden RFC 8200 findet sich folgende Passage:

„IPv6 requires that every link in the Internet have an MTU of 1280 octets or greater.“²

j) Angenommen der Layer 3 Header kann mit 100 B abgeschätzt werden. Was folgt aus der zitierten RFC 8200 Passage für die Zahl der übertragenen IPv6 Pakete?

	0
	1

--

¹Sinngemäß: Jeder Internetknoten muss in der Lage sein 68 Oktett Datagramme ohne Fragmentierung weiterzuleiten.

²Sinngemäß: IPv6 schreibt vor, dass im Internet jeder Link eine MTU von mindestens 1280 Oktetten hat.

Abbildung 4.2 zeigt das Format des direkt auf den Ethernet-Header folgenden PPPoE³-Headers. Dabei handelt es sich um einen weiteren Header auf Schicht 2, welcher zur Kommunikation zwischen den Routern verschiedener Haushalte und einem regionalen Breitbandrouter eines Serviceproviders dient.

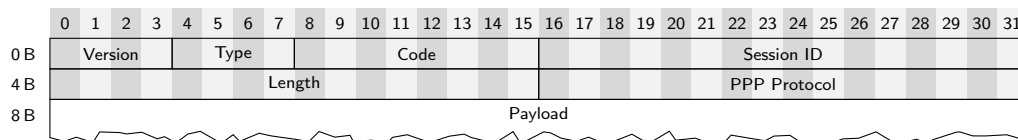


Abbildung 4.2: Aufbau des PPPoE-Headers

d) Markieren Sie die einzelnen Felder des PPPoE-Headers direkt in Abbildung 4.1b.

e)* Wie groß ist die MTU bei gewöhnlichem FastEthernet? (ohne Begründung)

	0
	1
	2

f) Wie groß ist die MTU im vorliegenden Fall? (ohne Begründung)

	0
	1

g) Welche Auswirkungen hat dies auf die Schichten 3 und 4?

	0
	1

	0
	1
	2

Aus dem Wert „PPP Protocol“ geht hervor, dass es sich bei der Payload um ein IPv6-Paket handelt.

h) Bestimmen Sie die Layer 3 Adresse des Absenders.

Offset: _____ Länge: _____

Adresse: _____

	0
	1
	2

i) Bestimmen Sie die Layer 3 Adresse des Empfängers.

Offset: _____ Länge: _____

Adresse: _____

	0
	1
	2

j) Begründen Sie, woran zu erkennen ist, dass der L3-Header eine Länge von 40 B hat.

	0
	1


k) Bestimmen Sie die **genau** die weitere Payload des IP-Pakets (Typ / Inhalt). (Begründung!)

	0
	1
	2
	3
	4

³Point-to-Point Protocol over Ethernet

Aufgabe 5 CRC (11 Punkte)

In der Vorlesung wurden sowohl fehlererkennende als auch fehlerkorrigierende Codes vorgestellt.


- 0  a)* Begründen Sie kurz, ob ein fehlerkorrigierender Code automatisch auch ein fehlererkennender Code ist.

Ja. Um Fehler zu korrigieren, müssen diese zuerst erkannt werden.


- 0  b)* Wird CRC bei Ethernet fehlererkennend oder fehlerkorrigierend eingesetzt?

Be. Ethernet nur Fehlererkennend


Wir betrachten im Folgenden CRC wie in der Vorlesung eingeführt. Gegeben sei das Reduktionspolynom $r(x) = x^2 + 1$.

- 0  c)* Wofür wird $r(x)$ benötigt?

Fehler in der durch die Checksumme gesicherte Nachricht werden auf Reste modulo $r(x)$ abgebildet.

- 0  d)* Wann ist $r(x)$ irreduzibel?


Gena dann wenn es sich nicht durch die "Multiplikation" (modulo 2) aus zwei "kleineren" Polynomen darstellen lässt

- 0  e) Zeigen Sie, ob $r(x)$ irreduzibel ist.

$$x^2 + 1 = (x+1)^2 \cdot (x^2 + 2x + 1) \bmod 2 = 1x^2 + 0x + 1 = x^2 + 1$$

$\Rightarrow r(x)$ reduzibel

$$(x+1)(x+1) = x^2 + x + x + 1 = (x^2 + 2x + 1) \bmod 2 = x^2 + 1$$

- 0  f)* Nennen Sie einen Vorteil bzw. eine sich daraus ergebende Eigenschaft, wenn für $r(x)$ ein irreduzibles Polynom verwendet wird.

$r(x)$ irreduzibel, dann gilt, dass modulo $r(x)$ die größtmögliche Anzahl von Resten im Körper der Restklassen modulo $r(x)$ liegen.

g)* Erläutern Sie kurz, weswegen man bei einem Reduktionspolynom für CRC häufig **kein** irreduzibles Polynom wählt. Geben Sie ggf. ein Beispiel bei CRC32 an.



- ① Durch spezielles Wählen des Reduktionspolynoms können bestimmte Fehlermuster besser / schlechter erkannt werden
- ② Bei CRC32 (Ethernet) ist $r(x)$ reduzibel, aber es können ungeradzählige Fehler die Länge des Reduktionspolynoms nicht erkannt werden.

Eine binäre Nachricht gegeben als Polynom $m(x) = x^5 + x^4 + x^2 + 1$ könnte – ermangels weiterer Angaben – verkürzt als 110101 oder auch z. B. 00110101 dargestellt werden.

h)* Weswegen sind die beiden Darstellungen **nicht** äquivalent?

$$m(x) \mid r(x)$$



Da wir von der Nachricht ausgehen, macht es einen Unterschied, wie viele Bits gesetzt werden
6 bit vs 8 bit

Wir gehen von der Darstellung 00100101 für $m(x)$ aus. Im Folgenden ist die Berechnung der CRC-Checksumme mit $r(x)$ als Reduktionspolynom angegeben:

$$r(x) = x^2 + 1 = 101$$

① Padding um $\deg(r(x)) = 2$

$$00110101 \ 000 \bmod \ 101 = 100$$

③ Länge des Rests muss $\deg(r(x)) = 2 \neq 3$

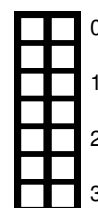
② ff.

101				
001				
110				
101				
001				
11		0		
10		1		
00		100		

$$00110101 \ 000 \bmod \ 101 = 100$$

101				
001				
110				
101				
001				
11		0		
10		1		
00		100		

i)* Beschreiben Sie die Fehler, die in oben stehender Berechnung gemacht werden. weisen Sie ggf. auch auf sich daraus ergebende Folgefehler hin.



$$00110101 \ 000 \bmod \ 101 = 100$$

③ 101

0	1	1	1	
⊕	1	0	1	
0	1	0	0	
⊕	1	0	1	
0	0	1	1	0
⊕	1	0	1	
0	1	1	0	
⊕	1	0	1	
0	1	1		

Aufgabe 6 Multiple Choice (11 Punkte)

Die nachfolgenden Teilaufgaben sind jeweils unabhängig voneinander lösbar und stammen aus den vorlesungsbegleitenden Quizen. 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.

Kreuzen Sie richtige Antworten an

Kreuze können durch vollständiges Ausfüllen gestrichen werden

Gestrichene Antworten können durch nebenstehende Markierung erneut angekreuzt werden



a)* Welche Aussagen zu Fourier-Reihe und Fourier-Transformation sind bzgl. zeitkontinuierlicher Signale richtig?

☒ Mittels Fouriertransformation lässt sich das Spektrum periodischer Signale bestimmen.

☒ Mittels Fourierreihe lässt sich das Spektrum periodischer Signale bestimmen.

☒ Mittels Fouriertransformation lässt sich das Spektrum nicht-periodischer Signale bestimmen.

☒ Mittels Fourierreihe lässt sich das Spektrum nicht-periodischer Signale bestimmen.

b)* Gegeben seien die Abbildungen 6.1 (a)–(d) weiter unten. Welche Signaleigenschaften treffen zu?

☐ (a) zeitdiskret

☐ (b) zeitkont.

☒ (a) zeitkont.

☒ (b) zeitdiskret

☐ (d) zeitkont.

☒ (d) zeitdiskret

☒ (c) zeitkont.

☐ (c) zeitdiskret

c)* Gegeben seien die Abbildungen 6.1 (a)–(d) weiter unten. Welche Signaleigenschaften treffen zu?

☒ (a) wertkont.

☐ (c) wertkont.

☒ (c) wertdiskret

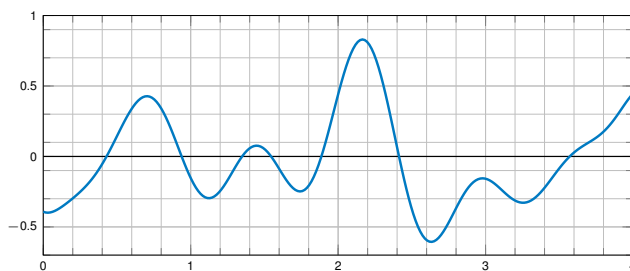
☐ (d) wertkont.

☐ (a) wertdiskret

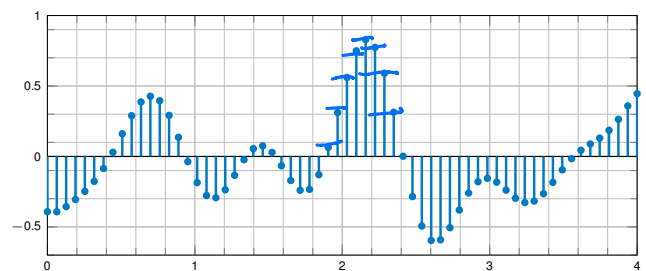
☒ (b) wertkont.

☐ (b) wertdiskret

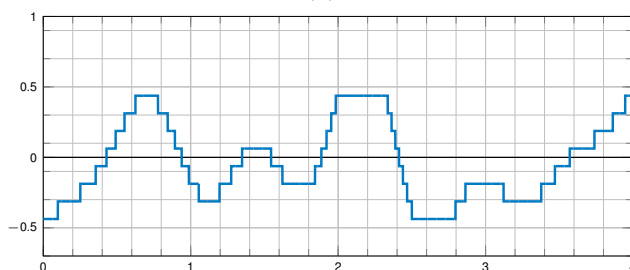
☒ (d) wertdiskret



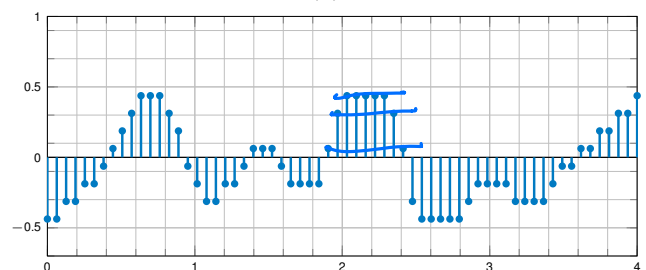
(a)



(b)



(c)



(d)

Abbildung 6.1: Signale

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

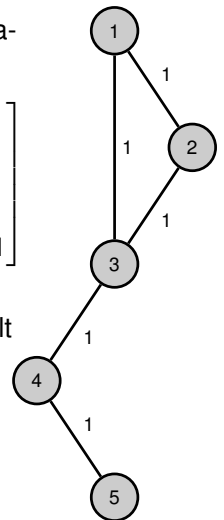
- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Steuerung des Medienzugriffs | <input type="checkbox"/> Adressierung zwischen Direktverbindungsnetzen |
| <input type="checkbox"/> Staukontrolle bei Weiterleitung von Nachrichten | <input type="checkbox"/> Schutz vor unbefugtem Mitlesen von Nachrichten |
| <input type="checkbox"/> Adressierung in einem Direktverbindungsnetz | <input type="checkbox"/> Prüfung von Nachrichten auf Übertragungsfehler |

e)* Kreuzen Sie die Matrix an, die für nebenstehendes Netzwerk nach Vorlesung die Adjazenzmatrix darstellt.

☐
$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

☐
$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

☐
$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$



f)* Gegeben sei die Distanzmatrix D für nebenstehendes Netzwerk. Für welches minimale n gilt $D^n = D^{n+1}$?

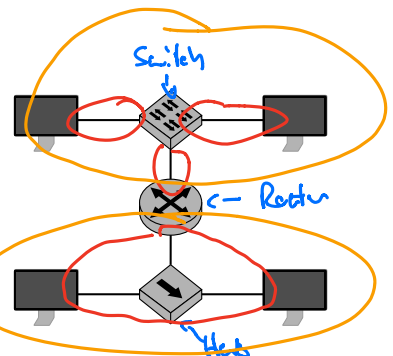
- | | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> $n = 7$ | <input type="checkbox"/> $n = 6$ | <input type="checkbox"/> $n = 4$ | <input type="checkbox"/> $n = 2$ |
| <input type="checkbox"/> $n = 5$ | <input type="checkbox"/> $n = 0$ | <input type="checkbox"/> $n = 3$ | <input type="checkbox"/> $n = 1$ |

g)* Die Serialisierungszeit ...

- ☐ ist Bestandteil des Delays zwischen Sender und Empfänger.
- ☐ kann aus dem Bandbreitenverzögerungsprodukt bestimmt werden.
- ☐ gibt die notwendige Zeit zur Serialisierung eines einzelnen Bits an.
- ☐ ist der Quotient aus Distanz zwischen Sender / Empfänger und der Signalgeschwindigkeit.
- ☐ ist der Quotient aus Rahmenlänge und Datenrate.

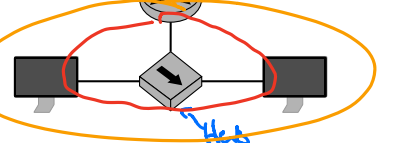
h)* Aus wie vielen Broadcast-Domänen besteht das nebenstehende Netzwerk?

- | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 6 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|



i)* Aus wie vielen Kollisions-Domänen besteht das nebenstehende Netzwerk?

- | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 3 |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|



j)* Welche der folgenden Begriffe beschreiben Kategorien von IEEE 802.11 Rahmentypen?

- | | | | |
|--|-------------------------------|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Management | <input type="checkbox"/> Info | <input checked="" type="checkbox"/> Data | <input checked="" type="checkbox"/> Control |
|--|-------------------------------|--|---|

k)* Welche Aussagen zu IEEE 802.11 Access Points (APs) sind richtig?

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> APs sind für alle Teilnehmer transparent. | <input type="checkbox"/> APs sind nur innerhalb des kabellosen Netzwerks transparent. |
| <input type="checkbox"/> APs sind für Teilnehmer außerhalb des kabellosen Netzwerks transparent. | <input type="checkbox"/> APs werden grundsätzlich direkt adressiert und sind daher nie transparent. |

Zusätzlicher Platz für Lösungen. Markieren Sie deutlich die Zuordnung zur jeweiligen Teilaufgabe. Vergessen Sie nicht, ungültige Lösungen zu streichen.

