



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
1

- 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.

0
1

- b)* Wozu dient SLAAC?

0
1

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

0
1

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

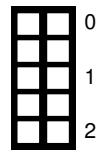
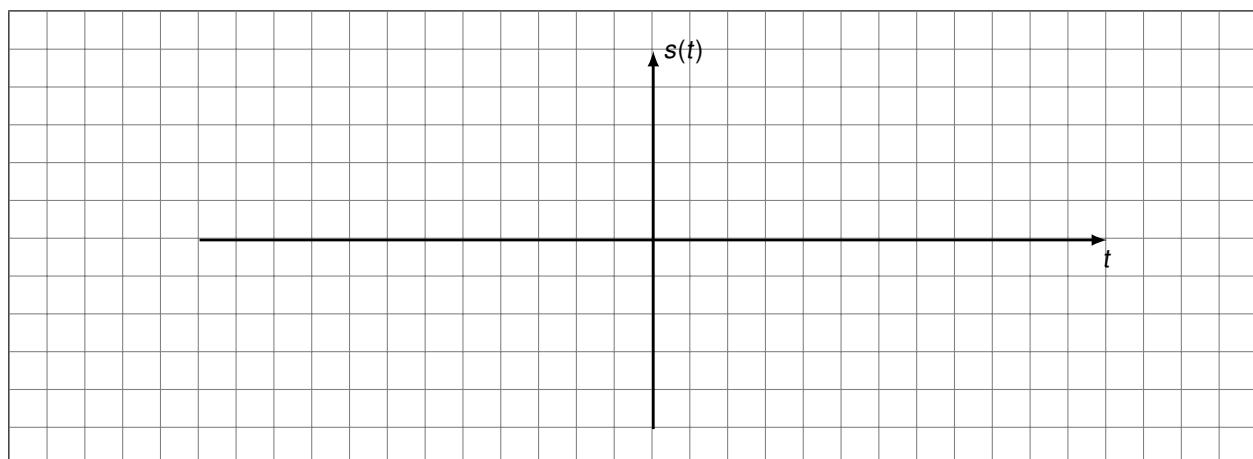
0
1
2

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

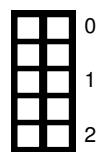
0
1
2

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

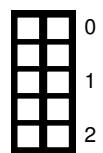
g)* Skizzieren Sie ein nicht-konstantes, zeitkontinuierliches Signal $s(t)$, welches ein rein reelles Spektrum aufweist.



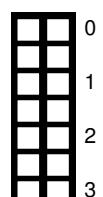
h)* Berechnen oder begründen Sie die notwendige Signalleistung P_S , so dass bei einer Rauschleistung von $P_N = 1 \text{ mW}$ ein Signal-zu-Rauschabstand von 6 dB erreicht wird.



For more information about the study, please contact Dr. John Smith at (555) 123-4567 or via email at john.smith@researchinstitute.org.

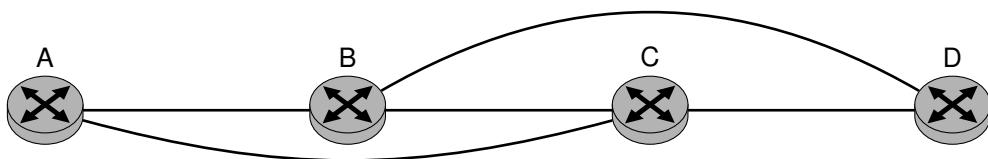


j)* Ein analoges Signal soll mit 3 bit quantisiert werden. Der maximale Quantisierungsfehler innerhalb des Quantisierungsintervalls $[a; b]$ soll $1/8$ nicht übersteigen. Der zeitliche Mittelwert des Signals betrage 0, d. h. das Quantisierungsintervall ist um 0 zentriert. Bestimmen Sie die Intervallgrenzen.



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.



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

Abbildung 2.1: Vereinfachte Netztopologie

0

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

1

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

0

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

1

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

2

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

0

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

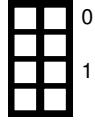
1

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.

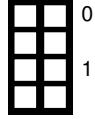
g)* Geben Sie die Routingtabellen der verbleibenden Router unmittelbar nach dem Ausfall an.

A			B			C		
Dst	GW	Cost	Dst	GW	Cost	Dst	GW	Cost
B			A			A		
C			C			B		
D			D			D		



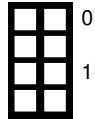
h) Geben Sie die Routingtabellen an, nachdem Router A ein regelmäßiges Update versendet hat.

A			B			C		
Dst	GW	Cost	Dst	GW	Cost	Dst	GW	Cost
B			A			A		
C			C			B		
D			D			D		



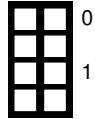
i) Geben Sie die Routingtabellen an, nachdem Router B ein regelmäßiges Update versendet hat.

A			B			C		
Dst	GW	Cost	Dst	GW	Cost	Dst	GW	Cost
B			A			A		
C			C			B		
D			D			D		



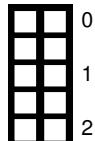
j) Geben Sie die Routingtabellen an, nachdem Router C ein regelmäßiges Update versendet hat.

A			B			C		
Dst	GW	Cost	Dst	GW	Cost	Dst	GW	Cost
B			A			A		
C			C			B		
D			D			D		



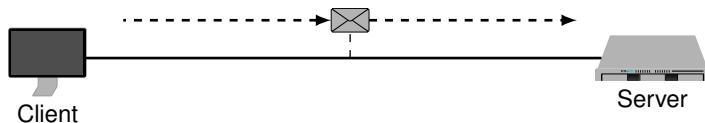
k) Beschreiben Sie den weiteren Ablauf, wenn weiterhin Router A, B und C in dieser Reihenfolge alle 30 s ein Update versenden.

--



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	
1	

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

0	
1	

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

0	
1	

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

0	
1	

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

0	
1	

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.*

Aufgabe 4 Wireshark (20 Punkte)

Gegeben sei das Netzwerk aus Abbildung 4.1a. Router R1 sei über einen haushaltsüblichen DSL-Anschluss ans Internet angebunden. Das abgebildete Paket ist von PC1 an Srv gerichtet.

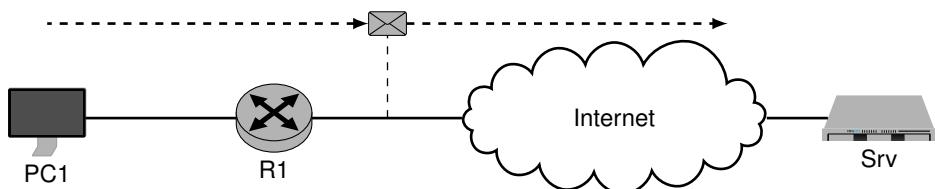


Abbildung 4.1a: Netztopologie

0x0000	90	e2	ba	2a	8d	97	90	e2	ba	86	dd	60	88	64	11	00
0x0010	0d	42	00	56	00	57	60	06	7d	4c	00	40	3a	40	20	01
0x0020	4c	a0	20	01	00	11	a1	88	65	ad	93	a5	09	48	20	01
0x0030	48	60	48	60	00	00	00	00	00	00	00	00	88	88	80	00
0x0040	df	0e	6a	d2	00	1b	92	df	89	5d	00	00	00	00	e5	57
0x0050	0b	00	00	00	00	00	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0x0060	1a	1b	1c	1d	1e	1f	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0x0070	2a	2b	2c	2d	2e	2f	30	31	32	33	34	35	36	37		

Abbildung 4.1b: 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.

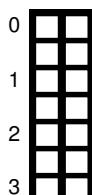
Beispiel: Bestimmen Sie die Layer 2 Adresse des Empfängers.

Offset: 0x0000 Länge: 6

Adresse: 90:e2:ba:2a:8d:97 gehört zu Knoten: <Name>



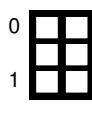
a)* Zeigen Sie, ob es sich bei der Empfänger-Adresse um eine Multicast-Adresse handelt.



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

Offset: _____ Länge: _____

Adresse: _____ gehört zu Knoten: _____



c)* Woran ist der Typ der Payload zu erkennen?

Offset: _____ Länge: _____

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.

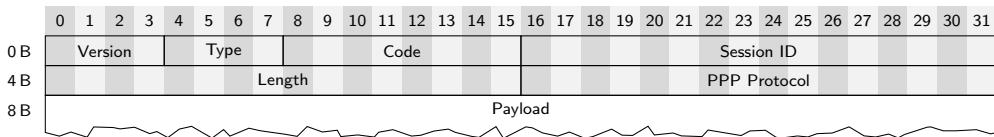


Abbildung 4.2: Aufbau des PPPoE-Headers

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
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
1

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

0
1

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

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

0
1

c)* Wofür wird $r(x)$ benötigt?

0
1

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

0
1

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

0
1

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

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



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

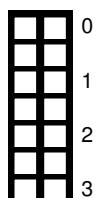
h)* Weswegen sind die beiden Darstellungen **nicht** äquivalent?



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

$$\begin{array}{r} 00110101 \quad 000 \quad \text{mod} \quad 101 = 100 \\ 101 | \quad | \quad | \quad | \\ 001 \quad | \quad | \quad | \\ 110 \\ 101 \\ 001 \\ 11 \quad 0 \\ 10 \quad 1 \\ 00 \quad 100 \end{array}$$

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



Aufgabe 6 Multiple Choice (11 Punkte)

Die nachfolgenden Teilaufgaben sind jeweils unabhängig voneinander lösbar und stammen aus den vorlesungsbegleitenden Quizzen. 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 Fouriertransformation lässt sich das Spektrum nicht-periodischer Signale bestimmen.

- Mittels Fourierreihe lässt sich das Spektrum 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

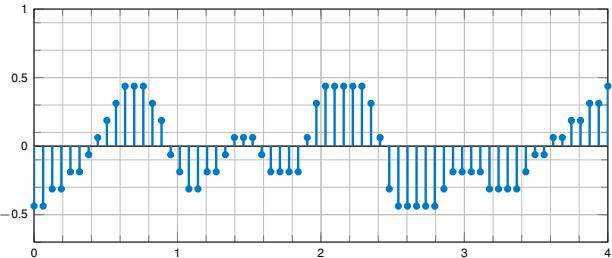
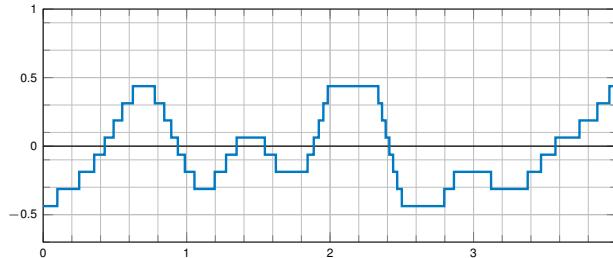
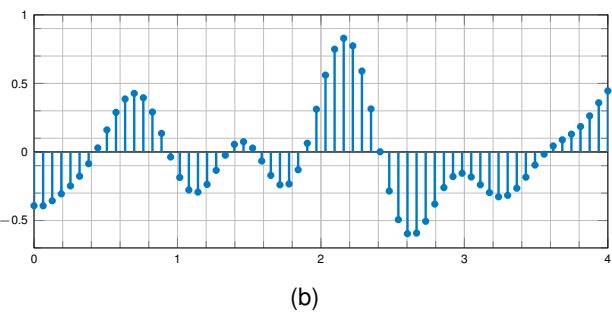
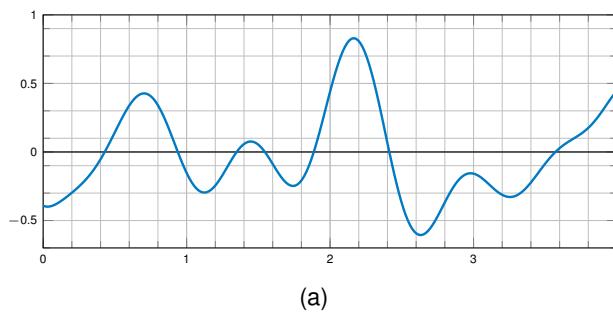


Abbildung 6.1: Signale

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

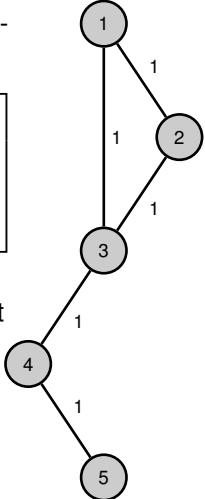
- Steuerung des Medienzugriffs
- Staukontrolle bei Weiterleitung von Nachrichten
- Adressierung in einem Direktverbindungsnetz
- Adressierung zwischen Direktverbindungsnetzen
- Schutz vor unbefugtem Mitlesen von Nachrichten
- Prüfung von Nachrichten auf Übertragungsfehler

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 $D^n = D^{n+1}$?

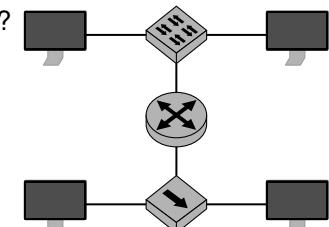
- $n = 7$
- $n = 6$
- $n = 4$
- $n = 2$
- $n = 5$
- $n = 0$
- $n = 3$
- $n = 1$

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.

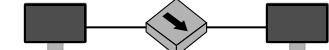
h)* Aus wie vielen Broadcast-Domänen besteht das nebenstehende Netzwerk?

- 5
- 4
- 3
- 2
- 1
- 6



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

- 4
- 5
- 2
- 1
- 6
- 3



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

- Management
- Info
- Data
- Control

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

- APs sind für alle Teilnehmer transparent.
- APs sind nur innerhalb des kabellosen Netzwerks transparent.
- APs sind für Teilnehmer außerhalb des kabellosen Netzwerks transparent.
- 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.**

A large grid of squares, approximately 20 columns by 30 rows, intended for writing solutions. The grid is enclosed in a thin black border.

