



**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 / Midterm

**Prüfer:** Prof. Dr.-Ing. Georg Carle

**Datum:** Dienstag, 16. Juni 2020

**Uhrzeit:** 10:15 – 11:05

Diese Klausur kann wahlweise digital (Tablet mit Stifteingabe, Computer mit PDF-Annotator mit Unterstützung zum Freihandzeichnen) bearbeitet und anschließend über TUMexam abgegeben werden.

Beachten Sie dabei unbedingt die auch schon für die Hausaufgaben gültigen Hinweise auf

[https://grnvs.net.in.tum.de/homework\\_submission\\_details.txt](https://grnvs.net.in.tum.de/homework_submission_details.txt).

### Bearbeitungshinweise

- Diese Klausur umfasst **8 Seiten** mit insgesamt **4 Aufgaben**.  
Bitte kontrollieren Sie jetzt, dass Sie eine vollständige Angabe erhalten haben.
- Die Gesamtpunktzahl in dieser Prüfung beträgt 45 Punkte.
- Das Heraustrennen von Seiten aus der Prüfung ist untersagt.
- Als Hilfsmittel sind zugelassen:
  - alle individuellen Hilfsmittel (Vorlesungsunterlagen, Übungen, Taschenrechner etc.)
  - **nicht** zugelassen sind Gruppenarbeit jedweder Art sowie Copy & Paste
- 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.

Hörsaal verlassen von \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_ / Vorzeitige Abgabe um \_\_\_\_\_

## Aufgabe 1 Multiple Choice (7 Punkte)

Die nachfolgenden Teilaufgaben sind *Multiple Choice Single Answer* mit 1 Punkt wenn richtig beantwortet und 0 Punkten sonst.

Hinweise zur Bearbeitung auf Papier bzw. wenn die Ihr PDF-Editor die Ankreuzfunktion nicht unterstützt:

Kreuzen Sie richtige Antworten an



Kreuze können durch vollständiges Ausfüllen gestrichen werden



Gestrichene Antworten können durch nebenstehende Markierung erneut angekreuzt werden

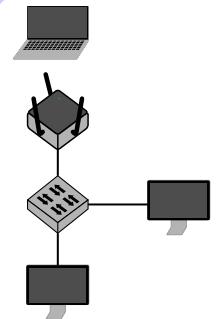
a) Welchem Layer des ISO/OSI Modells ist ICMP zuzuordnen?

- Layer 3: Vermittlungsschicht  
 Layer 4: Transportschicht

- Layer 1: Physikalische Schicht  
 Layer 2: Sicherungsschicht

b) Wenn einer der PCs in der nebenstehenden Abbildung einen Rahmen an das Notebook (NB) senden will, wessen MAC-Adresse(n) werden verwendet um das Ziel anzugeben?

- AP       SW und NB       NB       AP und NB



c)\* Wenn einer der PCs in der nebenstehenden Abbildung einen Rahmen an das Notebook (NB) senden will, wessen IP-Adresse(n) werden verwendet um das Ziel anzugeben?

- NB       AP       SW und NB       AP und NB

d) Gegeben sei eine Signalleistung von 12 mW und Rauschleistung von 18 mW. Bestimmen Sie das SNR in dB.

- anderer Wert       0,67 dB       -1,76 dB       -1,17 dB       -0,18 dB       -0,58 dB

e) Gegeben sei das Datum 0xb3416879 in Little Endian. Wie lautet die Darstellung in Big Endian?

- 0x3b148697       0x143b9786       0x9786143b       0xb3416879       0x796841b3

f) Gegeben sei eine binäre Nachrichtenquelle, die ein Zeichen mit Wahrscheinlichkeit  $p = 0.7$  emittiert. Bestimmen Sie die Entropie der Quelle.

- 0,52 bit       0,36 bit       0,88 bit       anderer Wert       0,15 bit       1,22 bit

g)\* Welche Aussage über traceroute trifft auf die Pfade zwischen zwei Hosts zu?

- Es werden alle Pfade aufgedeckt  
 Es werden keine echten Pfade aufgedeckt
- Es wird ein möglicher Pfad aufgedeckt  
 Es wird ein Pfad aufgedeckt

## Aufgabe 2 Kurzaufgaben (16 Punkte)

a)\* Erläutern Sie in eigenen Worten den Unterschied zwischen der Kanalkapazität nach Shannon und nach Hartley.

Shannon definiert die Kanalkapazität in Abhängigkeit physikalischer Effekte (SNR), Hartely in Abhängigkeit der unterscheidbaren Symbole.

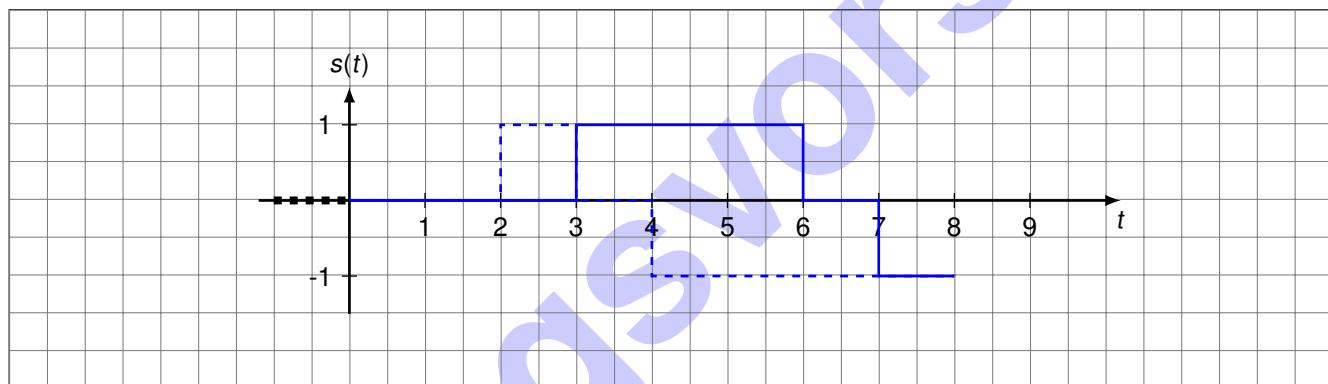
0
1
2

b)\* Ein Signal soll innerhalb des Intervalls  $I = [-3; 3]$  bei einer Stufenbreite mit 2 bit so quantisiert werden, dass der Quantisierungsfehler innerhalb von  $I$  minimiert wird. Geben Sie die Quantisierungsstufen an.

$2^2 = 4$  Stufen äquidistant verteilt auf  $[-3; 3] \Rightarrow \{-2,25, -0,75, 0,75, 2,25\}$

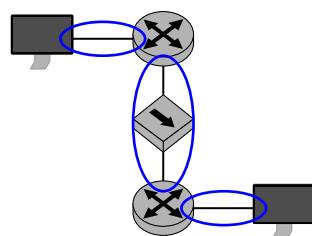
0
1
2

c)\* Gegeben sei die Bitfolge 0001 0011. Zeichnen Sie das Basisbandsignal, wenn MLT-3 als Leitungscode verwendet wird. Es gilt  $s(t) = 0$  für  $t < 0$ .



0
1

d)\* Zeichnen Sie in untenstehender Abbildung alle Broadcast-Domänen ein. Achten Sie darauf, die Zugehörigkeit eines Interfaces zur jeweiligen Domäne deutlich zu kennzeichnen.



0
1
2

e)\* Worin besteht der konkrete Unterschied zwischen CSMA/CD und CSMA/CA hinsichtlich des Binary Exponential Backoffs?

Bei CSMA/CA gibt es eine untere Grenze  $> 0$  Slotzeiten für den Backoff (dort Contention Window genannt), während bei CSMA/CD das Backoff Intervall nur existiert, wenn zuvor eine Kollision aufgetreten ist.

0
1

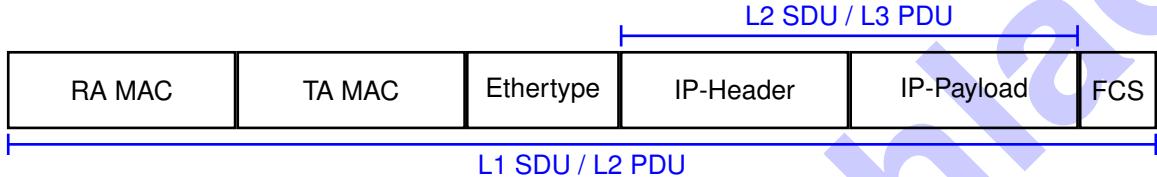
0  
1  
2

f)\* Warum haben IEEE 802.11 Rahmen häufig drei Felder für MAC-Adressen?

Clients kommunizieren bei IEEE 802.11 nicht direkt untereinander sondern immer über einen AP, der innerhalb des kabellosen Netzes nicht transparent ist. Daher muss auf Layer 2 sowohl das Ziel als auch der AP adressiert werden können.

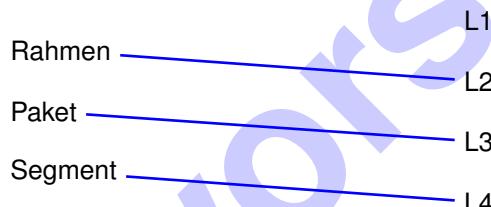
0  
1

g)\* Gegeben sei der nachfolgend schematisch dargestellte Ethernet-Rahmen. Markieren Sie darin die L3-PDU.



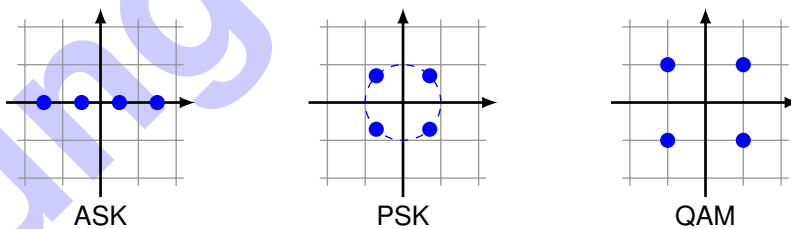
0  
1

h)\* Ordnen Sie die nachfolgenden Begriffe der jeweiligen Schicht des ISO/OSI-Modells zu.



0  
1  
2

i)\* Geben Sie eine jeweils typische, eindeutige und vor allem sinnvolle Signalraumzuordnung für ASK, PSK und QAM an. **Zur Unterscheidung von PSK und QAM ist eine zusätzliche kurze Begründung gefordert!**



0  
1

j)\* Kennzeichnen Sie alle Felder im folgenden IPv4 Header, die ein Router modifiziert, wenn das Paket weitergeleitet und **nicht** fragmentiert wird.

Version	IHL	TOS	Total Length									
Identification			R	DF	MF	Fragment Offset						
TTL	Protocol		Header Checksum									
Source Address												
Destination Address												

TTL und Checksum. Wird zusätzlich fragmentiert auch Total Length. Ob sich MF und Fragment Offset ändern, ist nicht unmittelbar klar.

### Aufgabe 3 IPoAC (IP over Avian Carriers) (6 Punkte)

IPoAC (IP over Avian Carriers) ist eine Alternative zum gebräuchlichem Ethernet. Es wurde unter dem RFC 1149 am 1 April 1990 veröffentlicht. Dabei werden die Layer 2 Datenpakete von Hand hexadezimal kodiert auf einen Zettel geschrieben, am Fuß einer Taube zum Ziel transportiert und durch einen okularen Scan wieder in einen Computer zur Weiterverarbeitung geladen. Dies ist sehr aufwändig. Um mit dem Geist der Zeit zu gehen, sollen im Folgenden die Vorteile gegenüber Ethernet geklärt werden, wenn leistungsstarke USB Sticks verwendet werden.

Um einen USB Stick zu beschreiben und wieder einzulesen, ist eine Serialisierungszeit ( $t_s$ ) von 256 s einzurechnen. Die USB Sticks haben alle eine Kapazität von 8 GiB. Die Avian Carrier haben eine außerordentliche Ausbreitungsgeschwindigkeit von 120 km/h!

a)\* Wieviele bit können mit einem USB Stick versendet werden?

$$L = 8 \text{ GiB} = 8 \text{ GiB} \cdot 2^{30} \text{ B/GiB} \cdot 8 \text{ bit/B} = 2^{36} \text{ bit}$$

0
1

b) Zeigen Sie, dass damit eine höhere Übertragungsrate möglich ist als mit einer durchschnittlich guten 100 Mbit/s Ethernet-Leitung.

$$\begin{aligned}t_s &= 256 \text{ s} = 2^8 \text{ s} \\L/t_s &= \frac{2^{36} \text{ bit}}{2^8 \text{ s}} = 2^{28} \text{ bit/s} \\2^{28} \text{ bit/s} &= 268\,435\,456 \text{ bit/s} \\268\,435\,456 \text{ bit/s} &> 268,43 \text{ Mbit/s} > 100 \text{ Mbit/s}\end{aligned}$$

0
1
2

c)\* Nachrichten werden über eine Strecke von 50 km verschickt. Bestimmen Sie die Ausbreitungsverzögerung (in Sekunden).

$$t_p = \frac{50 \text{ km}}{120 \text{ km/h}} = \frac{50}{120} \text{ h} \cdot 3600 \text{ s/h} = 1500 \text{ s}$$

0
1

d) Eine 50 GiB Archivdatei über Ethernet dieselbe Strecke zu versenden dauert ca. 4300 s. Wie lange dauert es in dem gegeben Fall mit IPoAC (in Sekunden)?

$$\frac{50 \text{ GiB}}{8 \text{ GiB}} = 6,25 \Rightarrow 7 \text{ USB Sticks benötigt}$$

Es müssen also 7 USB Sticks serialisiert werden, d.h.  $t_s = 7 \cdot 256 \text{ s}$

Da mehrere Tauben gleichzeitig durch die Luft fliegen können ist  $t_p = 1500 \text{ s}$

$$\begin{aligned}t_d &= t_s + t_p \\t_d &= 7 \cdot 256 \text{ s} + 1500 \text{ s} = 3292 \text{ s}\end{aligned}$$

0
1
2

## Aufgabe 4 Neuigkeiten aus dem General Post Office (16 Punkte)

Um eine krisenfeste Nachrichtenübermittlung zu ermöglichen, wird am Lehrstuhl für Netzarchitekturen und Netzdienste Gerüchten zufolge ein an POCSAG<sup>1</sup> angelehntes System (GRNVS-POCSAG) verwendet. Bei GRNVS-POCSAG handelt es sich um ein Protokoll, mit dem Information in 16 bit **Paketen inklusive einer 4 bit CRC-Prüfsumme**<sup>2</sup> drahtlos an so genannte Pager<sup>3</sup> übertragen wird.

In Abhängigkeit des Nachrichtentextes wird für die Kodierung der Nachricht entweder BCD<sup>4</sup> oder ASCII verwendet:

1. BCD, wenn die Nachricht nur aus Zahlen besteht
2. ASCII sonst

Um die Übungsleitung von GRNVS über den Beginn der Midterm zu informieren, soll nachfolgende Nachricht versendet werden:

QRV?

0	
1	
2	

a)\* Geben Sie die zu übermittelnde Nachricht in Binärdarstellung an.

0b 01010001 0101 | 0010 01010110 | 00111111

0	
1	

b) Markieren Sie in der obigen Antwort alle Stellen, an denen die zu übertragende Bitfolge zwecks Übertragung mit GRNVS-POCSAG unterteilt werden muss.

0	
1	

c) Geben Sie das Verhältnis von Nutzdaten zu übertragenen Daten an.

Bitfolge ist  $4 \cdot 8 \text{ bit} = 32 \text{ bit}$  lang. Pakete können bis zu 12 bit Nutzlast beinhalten. Es werden also 3 Pakete zur Übertragung benötigt, die je eine Länge von 16 bit (inklusive PCI) haben.

$$k = 4 \cdot 8 \text{ bit} \wedge n = 3 \cdot 16 \text{ bit} \Rightarrow \text{Coderate: } \frac{k}{n} = \frac{32}{48} = \frac{2}{3}$$

0	
1	

Ein wichtiger Teil eines GRNVS-POCSAG-Paket ist die enthaltene Prüfsumme. Diese ist der Rest aus der zu übertragenden SDU nach Polynomdivision im  $F_2[x]$  mit  $x^4 + x^2 + 1$ .

d)\* Geben Sie zwei Fehlerarten an, die in GRNVS-POCSAG nicht verlässlich erkannt werden können.

- Fehler, die länger sind als der Grad des Reduktionspolynoms
- Fehler, die ein Vielfaches des Reduktionspolynoms sind

<sup>1</sup>Post Office Code Standardisation Advisory Group

<sup>2</sup>Wir gehen von grundlegenden CRC-Implementierung aus, die in Vorlesung und Übung eingeführt wurde.

<sup>3</sup>Gerät zum Empfang und Darstellung von via Funk übermittelten Textnachrichten

<sup>4</sup>Binary Coded Decimal

e)\* Nach einiger Zeit soll ein Paket mit der GRNVS-POCSAG-SDU 0x515 übertragen werden.  
Bestimmen Sie die zugehörige Prüfsumme.

```
0101 0001 0101 0000 : 10101  
10101  
-----  
0000101 01  
101 01  
-----  
000 0001 0000  
1 0101  
-----  
0 0101 -> Rest 0101
```

Prüfsumme ist 0101.

0
1
2
3
4

GRNVS-POCSAG wird auf Frequenz 433,975 MHz versendet mit 512 bit/s. Zu Beginn der Prüfung, nach Bestätigung der Prüferbereitschaft<sup>5</sup>, wird die Prüfungsbereitschaft ( $n = 840$  ASCII-Zeichen) verlesen.

f)\* Bestimmen Sie die Übertragungsdauer des Versendens der Prüfungsbereitschaft über GRNVS-POCSAG. Die Ausbreitungsverzögerung darf vernachlässigt werden.

Zahl der benötigten Pakete:  $\lceil \frac{840 \cdot 8 \text{ bit}}{12 \text{ bit}} \rceil = 560$ .  
Übertragungsdauer für alle Pakete:  $\frac{560 \cdot 16 \text{ bit}}{512 \text{ bit/s}} = 17,5 \text{ s}$

0
1
2

g)\* Geben Sie den Nachrichtenfluss zwischen den zwei existierenden GRNVS-POCSAG-Sendestationen und den vier Pagern der Übungsleitung als Graphen an.

$G = (V, E) \wedge V = \{s_0, s_1, p_0, p_1, p_2, p_3\} \wedge E = \{(s_i, p_j) | \forall i \in \{0, 1\} \wedge j \in \{0, 1, 2, 3\}\}$   
Knoten  $s_i$  repräsentieren Sendestationen und Knoten  $p_j$  Pager.

0
1
2

<sup>5</sup>Out-of-band für GRNVS-POCSAG.



h) Handelt es sich um einen gerichteten oder einen ungerichteten Graphen?

Gerichtet, da die Pager nicht mit den Sendestationen interagieren.



Um die Flächenabdeckung mit GRNVS-POCSAG zu vergrößern, soll ein Repeater aufgestellt werden. Dieser wiederholt GRNVS-POCSAG Pakete, die diesen, erreichen auf der gleichen Frequenz.

i)\* Welche Herausforderung in Bezug auf Medienzugriff ergibt sich durch Einsatz eines Repeaters?

Nun gibt es zwei Sender auf der gleichen Frequenz, folglich können nun Kollisionen bei Aussendungen auftreten.



j) Nennen Sie zwei Möglichkeiten, dem entstehenden Problem zu begegnen.

- Zeitmultiplexing
  - Repeater sendet auf anderer Frequenz

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

