



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, 8. Juni 2021
Uhrzeit: 10:45 – 11:30

Unterschreiben Sie die Verhaltensregeln oben rechts neben Ihrem Sticker.

Andernfalls wird Ihre Elektronische Übungsleistung nicht gewertet!

Bearbeitungshinweise

- Diese Klausur umfasst **8 Seiten** mit insgesamt **4 Aufgaben**.
- Die Gesamtpunktzahl in dieser Prüfung beträgt 46 Punkte.
- Die Klausur muss vollständig abgegeben werden, d. h. **keine fehlenden oder doppelten Seiten**.
- Die **Arbeitszeit beträgt 45 min**. Sollten Sie nach Ende der Arbeitszeit weiterarbeiten, wird dies als Untergeschleif gewertet.
- Als Hilfsmittel sind zugelassen:
 - ein **nicht-programmierbarer Taschenrechner (keine Taschenrechner-App!)**
 - der vom Lehrstuhl bereitgestellte Cheatsheet ohne Modifikationen in ausgedruckter Form
- 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.
- Zum Ausdrucken und Einscannen Ihrer Prüfung (falls zutreffend) dürfen Sie den Raum verlassen. Ob Sie Ihre Kamera mitnehmen oder nicht, bleibt Ihnen überlassen. Wie auf Moodle aber bereits bekanntgegeben, könnte es von Vorteil sein, bei etwaigen Problemen eine Kommunikationsmöglichkeit zu haben.
- Sollten Sie während der Prüfung auf Toilette müssen, informieren Sie bitte die Aufsicht vorher mittels privater Nachricht in BBB und warten auf eine Bestätigung. Bitte nehmen Sie Smartphone / Webcam nicht mit.

Aufgabe 1 Multiple Choice (12 Punkte)

Die folgenden Aufgaben sind Multiple Choice / Multiple Answer, d. h. es ist jeweils mind. eine Antwortoption korrekt. Teilaufgaben mit nur einer richtigen Antwort werden mit 1 Punkt bewertet, wenn richtig. Teilaufgaben mit mehr als einer richtigen Antwort werden mit 0,5 Punkten pro richtigem Kreuz und -0,5 Punkten pro falscher Antwort bewertet. Die minimale Punktzahl pro Teilaufgabe beträgt 0 Punkte.

Kreuzen Sie richtige Antworten an



Kreuze können durch vollständiges Ausfüllen gestrichen werden



Gestrichene Antworten können durch nebenstehende Markierung erneut angekreuzt werden



a)* In der ersten Programmierhausaufgabe wurde der Netzplan der Collatz-U-Bahn vorgestellt. Markieren Sie unter den nachfolgenden den zuletzt angefahrenen Halt. Sie betraten die U-Bahn in Halt 547. (**Hinweis:** Der nächste Halt entspricht entweder der Hälfte oder dem Vorgänger des Dreifachen.)

1640

205

820

410

b)* Markieren Sie alle Wortgruppen, welche die Nutzdaten von Schicht 3 des ISO/OSI-Modells beschreiben.

Sicherungsschicht
SDU

Vermittlungsschicht
PDU

Vermittlungsschicht
SDU

Sicherungsschicht
PDU

c)* Das Internet geht zurück auf das:

Usenet

ARPANET

Sneakernet

DARPA Netzwerk

d)* Die Protocol Data Unit der Vermittlungsschicht wird auch bezeichnet als:

Nachrichten

Pakete

Segmente

Rahmen

e)* Welche der nachfolgenden CIDR Notationen kann auch mit Classful Routing realisiert werden?

10.0.0.0/1

10.0.0.0/2

10.0.0.0/16

10.0.0.0/25

f)* Gegeben sei eine binäre Nachrichtenquelle, die die Zeichen 0 und 1 emittiert. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine 0 emittiert wird, betrage $Pr[X = 0] = 0,44$. Bestimmen Sie die Entropie der Quelle in bit.

anders

0,52

0,99

0,37

0,30

0,16

0,11

g)* Gegeben Sei ein zeit- und wertkontinuierliches Signal $s(t)$. Kreuzen Sie zutreffende Aussagen an.

Durch Abtastung von $s(t)$ entsteht ein zeitdiskretes und wertkontinuierliches Signal.

Durch Abtastung von $s(t)$ entsteht ein wertdiskretes und zeitkontinuierliches Signal.

Durch Quantisierung von $s(t)$ entsteht ein zeitdiskretes und wertkontinuierliches Signal.

Durch Quantisierung von $s(t)$ entsteht ein werddiskretes und zeitkontinuierliches Signal.

h)* Gegeben sei ein Kanal mit unabhängiger Bitfehlerwahrscheinlichkeit von $p_e = 0,05$. Bestimmen Sie die Wahrscheinlichkeit, dass ein Codewort der Länge 2 bit fehlerfrei übertragen wird.

0,03

0,90

0,47

0,00

anderer Wert

i) Gegeben sei das Datum 0xf0e64b81 in Little Endian. Wie lautet die Darstellung in Big Endian?

0x6e0f18b4

0x814be6f0

0x18b46e0f

0x0f6eb418

0xf0e64b81

j) Ein gleichverteiltes Signal soll mit 2 bit quantisiert werden, so dass der Quantisierungsfehler innerhalb des Intervalls $I = [0; 8]$ minimiert wird. Wie müssen die Quantisierungsstufen gewählt werden?

4

6

5

7

0

2

1

3

k) Welche der folgenden IPv4 Adressen werden nicht im Internet geroutet?

128.133.3.4

172.16.164.118

131.159.85.159

169.254.26.159

57.245.199.192

170.85.164.118

Aufgabe 2 What does the elephant say? (12 Punkte)

In Vorbereitung einer „GRNVS of the Air“¹ möchte die GRNVS Übungsleitung das drahtlose Versenden von Prüfungsantworten realisieren. Angelehnt an existierende Techniken sollen dazu, dem Schema aus Abbildung 2.1 folgend, Rahmen versendet werden. Um Ressourcen zu sparen, wird dazu ein Niedrigenergieweitverkehrnetz

Offset	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0B	Destination		MF	Checksum		Payload										

Abbildung 2.1: Aufbau eines „GRNVS of the Air“-Rahmen

aufgebaut, welches auf 868,236 MHz (Bandbreite 79 kHz) unter Verwendung von 4-ASK und Manchester-Code sendet. Dabei wird die SDU eines Frames durch CRC-4 (Prüfpolynom $b^3 + b + 1$) gesichert. Das *More Frames* (MF) wird gesetzt, sollte mindestens ein weiterer Frame notwendig sein, um die Schicht 3 Payload zu transportieren. Als Empfängeradresse ist nachfolgend die Adresse 5₁₀ anzunehmen. Zu Testzwecken soll nun die Nachricht toot übertragen werden.

a)* Geben Sie die binäre Darstellung der 8 bit-ASCII Representation der Testnachricht an.

0b01110100011011110110111101110100

0
1
2

b)* Bestimmen Sie die Anzahl der für die Übertragung der Nachricht notwendigen Frames.

Die 8 bit-ASCII Representation der Testnachricht (Länge: 4 Zeichen) ist $4 \cdot 8 \text{ bit} = 32 \text{ bit}$ lang. Ein Frame beinhaltet genau 6 bit Nutzdaten. Es werden also $\frac{32 \text{ bit}}{6 \text{ bit}} \approx 5.3 \Rightarrow 6$ Frames benötigt.

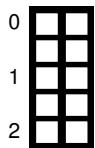
0
1

c) Bestimmen Sie die Checksumme des ersten gesendeten Frames.

$$\begin{array}{r}
 b^8 + b^7 + b^6 + 0b^5 + b^4 + 0b^3 + 0b^2 + 0b + 0 \div \\
 \downarrow \\
 \underline{b^8 + b^7 + b^6 + 0b^5} \\
 b^8 + 0b^7 + b^6 + b^5 \quad \downarrow \\
 \underline{b^7 + 0b^6 + b^5 + b^4} \\
 b^7 + 0b^6 + b^5 + b^4 \quad \downarrow \\
 \underline{0}
 \end{array}$$

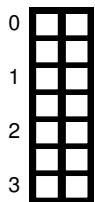
0
1
2

¹ Angelehnt an die australische „School of the Air“. Die Bedeutung dieses Begriffs ist für die weitere Aufgabe unerheblich.

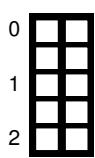
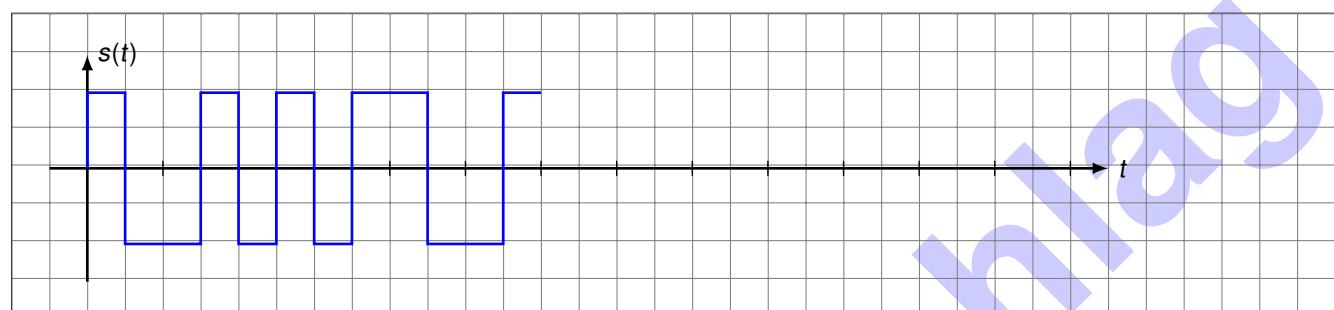


d) Geben Sie den resultierenden Frame an.

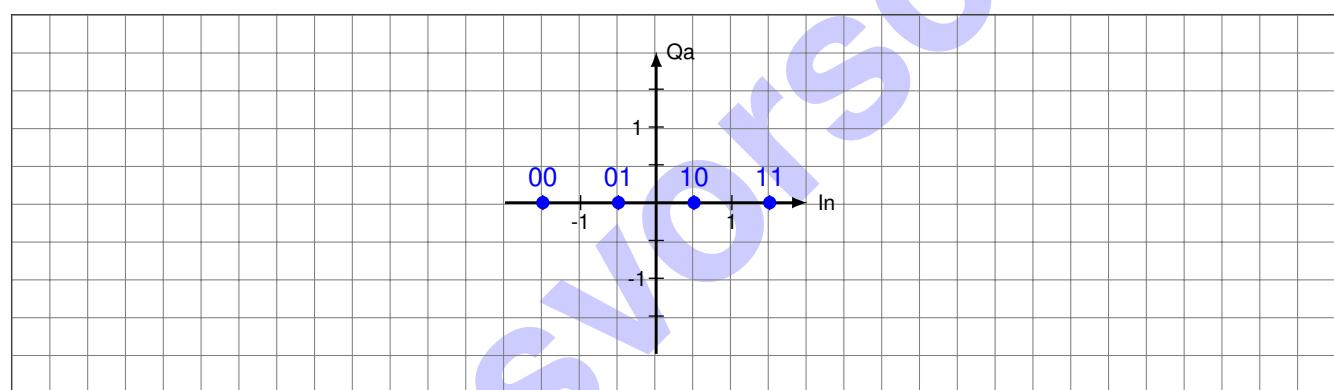
Offset	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0 B						5 ₁₀	1		Siehe c)		011101 ₂					



e) Stellen Sie das kodierte Basisbandsignal für die SDU des ersten gesendeten Frames dar.



f)* Zeichnen Sie in den gegebenen Signalraum 4-ASK und eine gültige Codewortzuordnung ein.



Aufgabe 3 Wummern und Signale (7 Punkte)

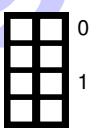
Anton Bergfried wohnt alleine auf seinem Hügel außerhalb von Hintertupfingen. Er möchte aber gerne mit seiner Nachbarin Rosi auf dem Nachbarhügel drahtlos kommunizieren. Von diesen neumodischen Radiowellen hält er gar nichts, deswegen setzt er lieber auf die guten alten Schallwellen. Seine Musikanlage kann Töne von 70 Hz bis 16 kHz erzeugen und der Digital-Analog Wandler erlaubt es, ein 16 bit Signal in diesem Frequenzbereich darzustellen. Weitere Einflüsse auf das Signal, z. B. von Filtern, sind zu vernachlässigen.

a)* Wie viele unterschiedliche Töne oder Signalstufen kann Anton mit dieser Anlage wiedergeben?



$$M = 2^{16} = 65536$$

b) Welche Netto-Datenrate kann Anton mit seiner Anlage theoretisch höchstens erreichen (unter Vernachlässigung von Rauschen und Dämpfung des Signals durch die Luft)? Geben Sie einen nachvollziehbar Rechenweg an.

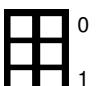


$$B = 16 \text{ kHz} - 70 \text{ Hz} = 15930 \text{ Hz}$$

$$C_H = 2 \cdot B \cdot \log_2(M) = 2 \cdot 15930/\text{s} \cdot 16 \text{ bit} = 509760 \text{ bit/s}$$

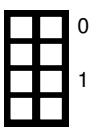
Aus unerfindlichen Gründen hat Antons anderer Nachbar angefangen, seine Musik lauter aufzudrehen. Dies führt dazu, dass Rosi beide hört. Allerdings ist Antons Anlage immer noch mit doppelter Leistung zu hören.

c)* Bestimmen Sie die Signal-to-Noise Ratio in dB, die Rosi durch den zusätzlichen Sender nun für Antons Signal feststellen muss.



$$\text{SNR} = \frac{2}{1} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{2}{1} \right) \text{ dB} \approx 3,01 \text{ dB}$$

d) Führt dies dazu, dass die vorher berechnete Datenrate nicht erreicht werden kann? Wenn ja geben Sie eine bessere obere Schranke mit nachvollziehbarem Rechenweg an.

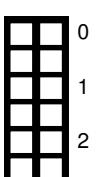


Ja, denn $C_{max} \leq \min\{C_H; C_S\}$

$$C_S = B \cdot \log_2(1 + \text{SNR}) = 15930/\text{s} \cdot \log_2 \left(1 + \frac{2}{1} \right) \approx 25,25 \text{ kbit/s}$$

$$\Rightarrow C_{max} \leq \min\{509,76 \text{ kbit/s}; 25,25 \text{ kbit/s}\} = 25,25 \text{ kbit/s}$$

e)* Anton versendet immer 1600 B große Nachrichten. Doch leider kommen viel zu viele Nachrichten fehlerhaft an. Deshalb beschließt Anton, einen stark fehlerkorrigierenden Blockcode mit Coderate $\frac{3}{5}$ einzusetzen. Jeder Block hat eine Länge von 300 bit. Welche neue maximale Datenrate ergibt sich, wenn Sie die durch den Blockcode eingeführte Redundanz herausrechnen? Gehen Sie der Einfachheit halber von $C_{max} = 21 \text{ kbit/s}$ aus. Achten Sie auf einen nachvollziehbaren Rechenweg.



$$\text{Blöcke pro Nachricht: } n = \left\lceil 1600 \text{ B} \cdot \frac{8 \text{ bit/B}}{300 \text{ bit}} \right\rceil = 43$$

$$\text{Größe einer codierten Nachricht: } n \cdot 300 \text{ bit} \div \frac{3}{5} = 12900 \text{ bit} \cdot \frac{5}{3} = 21500 \text{ bit}$$

$$\text{Verlustfaktor durch Codierung: } v = \frac{1600 \text{ B} \cdot 8 \text{ bit/B}}{21500 \text{ bit}} = \frac{12800 \text{ bit}}{21500 \text{ bit}} = \frac{128}{215}$$

$$\text{Datenrate} = 21 \text{ kbit/s} \cdot v \approx 12,5 \text{ kbit/s}$$

Aufgabe 4 WLAN (15 Punkte)

Gegeben sei das in Abbildung 4.1 dargestellte Netzwerk. Wir nehmen an, dass NB1 und NB2 mit dem AP assoziiert (verbunden) sind, die Switching Table von SW aber noch leer ist.

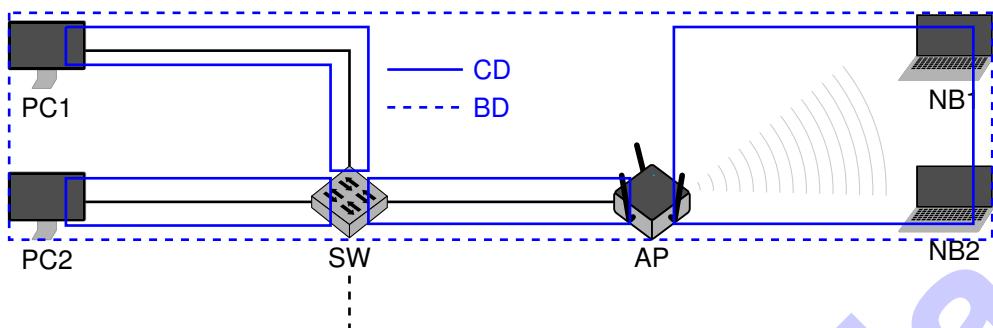


Abbildung 4.1: Netzwerktopologie

0 a)* Markieren Sie in Abbildung 4.1 alle Broadcast-Domänen.

1 b)* Markieren Sie in Abbildung 4.1 alle Kollisions-Domänen.

0 c)* Ist der AP für die NBs transparent? Begründen Sie Ihre Antwort!

1 Nein, der AP muss im WLAN auf Schicht 2 direkt adressiert werden und ist hier daher nicht transparent.

0 d)* Ist der AP für die PCs transparent? Begründen Sie Ihre Antwort!

1 Ja, aus Sicht des PCs sind NB1 und NB2 über Ethernet erreichbar. Der AP akzeptiert Rahmen an seine assoziierten Stationen und leitet diese aus Sicht der kabelgebundenen Netzes transparent weiter.

0 e)* Erläutern Sie, weswegen IEEE 802.3 nur zwei Adressen nutzt, während bei IEEE 802.11 bis zu vier Adressen vorkommen.

1 IEEE 802.3 adressiert nur den NextHop, daher gibt es nur Transmitter Address (TA) und Receiver Address (RA). (Wird hier manchmal auch einfach nur SA und DA genannt, da es keine Verwechslung geben kann.)
IEEE 802.11 kann auf Schicht 2 eine (AP) oder mehrere (Mesh) Zwischenstationen nutzen. Es gibt daher neben TA und RA noch SA (Source Address) und DA (Destination Address).

Wir betrachten nun wieder das Netzwerk aus Abbildung 4.1. NB1 sende nun einen Rahmen an die MAC-Adresse von PC1.

f) Geben Sie alle verwendeten Adressen sowie deren **vier** Bedeutungen im Rahmen an, der von NB1 in Richtung AP übermittelt wird.

TA=SA=NB1, RA=AP, DA=PC

0
1
2

g) Wird dieser Rahmen auch von NB2 empfangen?

Abhängig von der Begründung können beide Antworten richtig sein:

- Ja, sofern sich NB2 in Reichweite von NB1 befindet, da IEEE 802.11 ein Broadcast Medium ist.
- Nein, da NB2 den Rahmen zwar möglicherweise „sieht“, ihn aber wegen der falschen RA verwirft.

0
1

h) Geben Sie alle verwendeten Adressen sowie deren **vier** Bedeutungen im Rahmen an, der vom AP in Richtung PC1 weitergeleitet wird.

TA=SA=NB1, RA=DA=PC1

0
1
2

i) Wird dieser Rahmen auch von NB2 empfangen?

Nein, da der AP weiß, dass NB2 eine assoziierte Station im WLAN ist, der Rahmen aber für eine andere, nicht assoziierte Station bestimmt ist.

Hinweis: Angabe sollte ursprünglich auf PC2 abzielen, daher ist auch folgende Antwort richtig: Nein, da ihn PC2 zwar wegen der leeren Switching Table von SW empfangen jedoch wegen der falschen RA verwerfen wird.

0
1

j)* Angenommen PC2 würde nun einen Rahmen an NB2 adressieren. Begründen Sie, an welche Stationen SW diesen Rahmen weiterleiten würde.

An alle Ports außer dem, an den PC2 angeschlossen ist: Da NB2 bislang nichts gesendet hat, kann SW noch nicht wissen, an welchem Port sich diese Station befindet.

0
1

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

Lösungsvorschlag