



**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:** Freitag, 14. Juni 2019  
**Uhrzeit:** 17:30 – 18:15

	A 1	A 2	A 3	A 4
I				
II				

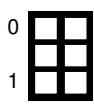
### Bearbeitungshinweise

- 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:
  - die der Angabe beiliegende Formelsammlung (Cheatsheet)
  - 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 \_\_\_\_\_

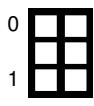
## Aufgabe 1 Kurzaufgaben (10 Punkte)

Die nachfolgenden Teilaufgaben sind jeweils unabhängig voneinander lösbar.



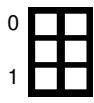
a)\* Was versteht man unter ARP-Spoofing?

Böswilliges Umleiten von Datenverkehr auf Schicht 2 durch Versenden gefälschter ARP Replies.



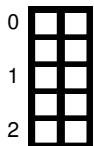
b)\* Wofür wird das Identification-Feld im IPv4-Header benötigt?

Zur Reassemblierung von Fragmenten eines Pakets.



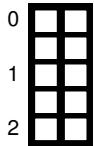
c)\* Gegeben sei eine gedächtnislose Quelle Q, die  $n$  Zeichen emittiert. Wie muss die Auftrittswahrscheinlichkeit der Zeichen gewählt werden, so dass die Entropie der Quelle maximiert wird (ohne Begründung)?

Gleichverteilt mit Auftrittswahrscheinlichkeit  $1/n$ .



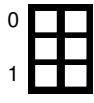
d)\* Erläutern Sie kurz den Unterschied zwischen ASK und PSK.

Bei ASK wird nur die Amplitude moduliert, bei PSK hingegen die Phase.



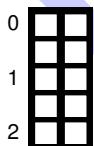
e)\* Die Kanalkapazität nach Shannon und Hartley liefert jeweils unterschiedliche Werte. Erklären Sie kurz, welche äußeren Faktoren hier jeweils berücksichtigt werden.

Shannon berücksichtigt nur (additives, weißes) Rauschen im Verhältnis zur Signalleistung, aber keine Quantisierungsfehler, die durch Signalstufen entstehen.  
Hartley berücksichtigt nur Signalstufen und damit das Quantisierungsrauschen, aber keine Kanaleinflüsse.  
Beide berücksichtigen die jeweilige Kanalbandbreite.



f)\* Nennen Sie zwei Arten, wie sich Rahmengrenzen erkennen lassen (ohne Begründung).

Coderegelverletzung, Längenangabe im Header, Steuerzeichen



g)\* Beschreiben Sie den Unterschied zwischen der  $N$ -SDU und  $N$ -PDU.

$N$  bezieht sich auf die  $N$ -te Schicht des ISO/OSI-Modells. Die SDU ist aus Sicht dieser Schicht die Payload (bzw. die  $(N+1)$ -PDU). Die PDU ist die SDU ergänzt um Headerinformationen der Schicht  $N$ .

## Aufgabe 2 CRC (7 Punkte)

Wir betrachten CRC bei IEEE 802.15.1 (Bluetooth). Hier wird als Reduktionspolynom  $r(x) = x^5 + x^4 + x^2 + 1$  verwendet. Hierbei handelt es sich nicht um ein irreduzibles Reduktionspolynom.

a)\* Erläutern Sie kurz, was ein *irreduzibles* Reduktionspolynom ist.

Ein irreduzibles Polynom von Grad  $n$  lässt sich nicht als Produkt zweier Polynome mit Grad  $< n$  darstellen.

Gegeben sei der Datenblock 0000011011 bestehend aus 10 bit, welcher mittels  $r(x)$  gesichert werden soll.

b)\* Bestimmen Sie den gesicherten Datenblock (Daten inkl. Checksumme).

$$\begin{array}{r} 0000011011 \quad 00000 \\ 11010 \quad 1 \\ \hline - \\ 00001 \quad 10000 \\ 1 \quad 10101 \\ \hline - \\ 0 \quad 00101 \end{array}$$

⇒ Rest: 00101

⇒ Gesicherter Datenblock: 0000011011 00101

c)\* Beschreiben Sie kurz, wie der Empfänger einen Übertragungsfehler feststellen kann.

Modulo-Division der empfangenen Nachricht  $(m(x) + c(x) + e(x)) \bmod r(x)$ . Wenn der Rest ungleich Null ist, ist sicher ein Übertragungsfehler aufgetreten.

d)\* Nennen Sie ein Fehlermuster, welches mittels CRC nicht erkannt werden kann.

Alle Vielfachen von  $r(x)$ .

### Aufgabe 3 Data Link Layer (14 Punkte)

Gegeben sei die aus der Vorlesung bekannte Netzwerktopologie in Abbildung 3.1. Wir nehmen an, dass zunächst alle Caches leer sind (sowohl ARP-Tabellen der Clients als auch die Switching-Tabelle von S). Die beiden kabellosen Clients (verbunden über IEEE 802.11n) seien aber bereits mit dem AP assoziiert.

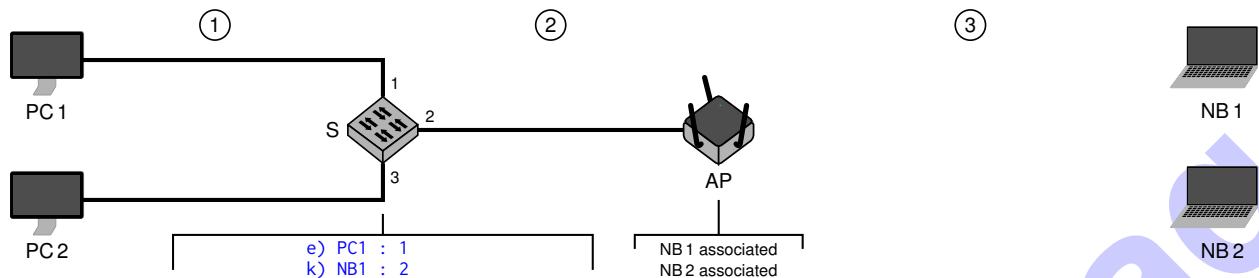


Abbildung 3.1: Netztopologie

**Hinweis:** Die MAC-Adressen aller Stationen in Abbildung 3.1 können durch Angabe des Namens abgekürzt werden, z. B. PC1 für die MAC-Adresse von PC1.

0  
1

a)\* Begründen Sie kurz, ob S für seine normalen Funktionen im Netzwerk eine MAC-Adresse benötigt.

Nein, ein Switch trifft Weiterleitungsentscheidungen auf Basis von MAC-Adressen, wird aber selbst nicht adressiert.

0  
1

b)\* Begründen Sie kurz, ob der AP für seine normalen Funktionen im Netzwerk eine MAC-Adresse benötigt.

Ja, der AP wird innerhalb des kabellosen Netzwerks direkt adressiert.

PC1 möchte nun mit NB1 kommunizieren. Die IP-Adresse von NB1 sei an PC1 bekannt.

0  
1/2

c)\* Was beinhaltet der erste Rahmen, der von PC1 gesendet wird (ohne Begründung)?

ARP-Request

0  
1

d) Geben Sie die Source Address (SA) und Destination Address (DA) dieses Rahmens in den Abschnitten ① und ② an.

① SA: PC1 DA: ff:ff:ff:ff:ff:ff

② SA: PC1 DA: ff:ff:ff:ff:ff:ff

0  
1

e) Geben Sie direkt in Abbildung 3.1 alle Einträge an, die durch diesen Rahmen in der Switching-Tabelle von S erzeugt werden.

IEEE 802.11 kennt für Datenrahmen bis zu vier MAC-Adressen mit den folgenden Bedeutungen:

- Source Address (SA)
- Destination Address (DA)
- Transmitter Address (TA)
- Receiver Address (RA)

Im Infrastrukturmodus besitzen Datenrahmen **drei** MAC-Adressen, da in Abhängigkeit der Richtung, in die ein Rahmen gesendet wird, jeweils zwei Adressen identisch sind. Somit hat in diesem Fall eine Adresse zwei unterschiedliche Bedeutungen.

f) Geben Sie für den Rahmen in Abschnitt ③ vom AP in Richtung der kabellosen Clients alle drei Adressen sowie die Bedeutung der dritten Adresse an.

TA: AP RA: ff:ff:ff:ff:ff:ff = DA h SA: PC1

0
1
2

g) Geben Sie für die Antwort von NB1 an PC1 in Abschnitt ③ alle drei Adressen sowie die Bedeutung der dritten Adresse an.

TA: NB1 = SA h RA: AP DA: PC1

0
1
2

h) Markieren Sie in den Lösungen der Teilaufgaben f) und g) jeweils die Adresse, welche eine doppelte Bedeutung hat.

i)\* Erläutern Sie kurz, wie die Bedeutung der einzelnen Adressfelder im Header festgelegt wird.

**Hinweis:** Es reicht, das zugrundeliegende Prinzip zu erläutern.

Im Header gibt es ein Feld (Frame Control), in dem zwei Bit (FromDS und ToDS) die Bedeutung kodieren.

0
1

0
1
2

j)\* Geben Sie für die Antwort an PC1 die MAC-Adressen in Abschnitt ② an.

SA: NB1 DA: PC1

0
1

0
1

k) Geben Sie alle Einträge direkt in Abbildung 3.1 an, die diese Antwort an PC1 in der Switching-Tabelle von S erzeugt.

## Aufgabe 4 Multiple Choice (14 Punkte)

Kreuzen Sie richtige Antworten an



Kreuze können durch vollständiges Ausfüllen gestrichen werden

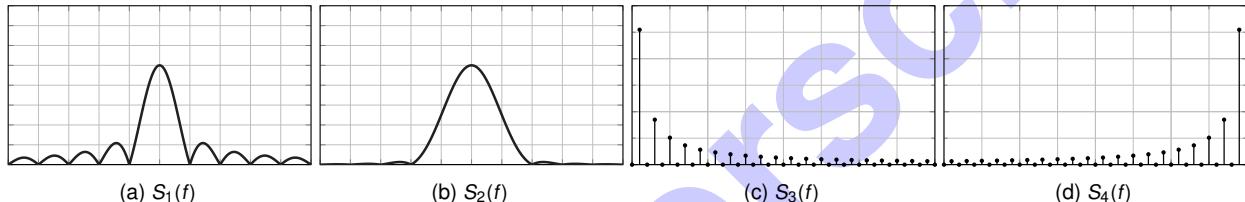
Gestrichene Antworten können durch nebenstehende Markierung erneut angekreuzt werden



Die nachfolgenden Teilaufgaben sind jeweils unabhängig voneinander lösbar und stammen aus den vorlesungsbegleitenden Quizzen. Das Bewertungsschema entspricht ebenfalls dem der Quizze:

- Aufgaben mit nur einer richtigen Antwort werden
  - mit 1 Punkt bei richtiger Antwort und
  - mit 0 Punkten sonst bewertet.
- Aufgaben mit mehr als einer richtigen Antwort werden
  - mit 1 Punkt bei vollständig richtiger Antwort,
  - mit 0,5 Punkten bei einer fehlenden *oder* falschen Antwort und
  - mit 0 Punkten sonst bewertet.

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



- (a)  $s_1(t) \circlearrowleft S_3(f)$       (b)  $s_2(t) \circlearrowleft S_1(f)$       (c)  $s_2(t) \circlearrowleft S_3(f)$       (d)  $s_1(t) \circlearrowleft S_1(f)$   
  $s_1(t) \circlearrowleft S_2(f)$         $s_2(t) \circlearrowleft S_2(f)$         $s_2(t) \circlearrowleft S_4(f)$         $s_1(t) \circlearrowleft S_4(f)$

b)\* Gegeben seien ein Signal  $s(t)$  mit Leistung  $P_s = 100 \text{ mW}$  sowie eine Rauschleistung von  $P_N = 10 \text{ mW}$ . Welchen Wert hat der Signal-zu-Rauschabstand in diesem Fall?

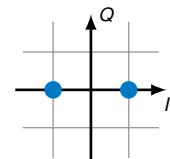
- 1 bit       10       10 bit       10 dB       1 dB

c)\* Ein wertkontinuierliches Signal soll im Intervall  $I = [-2; 2]$  quantisiert werden, sodass der maximale Quantisierungsfehler innerhalb von  $I$  höchstens  $1/2$  beträgt. Wie viele Quantisierungsstufen sind dafür mindestens erforderlich?

- 4       2       12       8       10       6       16       14

d)\* Nebenstehende Signalraumzuordnung stellt welche(s) Modulationsverfahren dar?

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

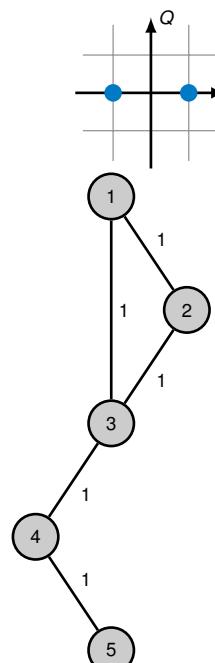


e)\* Kreuzen Sie die Matrix an, die für nebenstehendes Netzwerk nach Vorlesung die Adjazenzmatrix darstellt.

- |                                     |   |                          |   |                          |  |
|-------------------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> | $\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$ | <input type="checkbox"/> | $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ | <input type="checkbox"/> | $\begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$ |
|-------------------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|--|

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

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

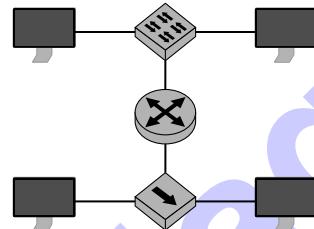


g)\* Gegeben sei die binäre Nachricht 10101010 00000000 in Little Endian. Wie lautet sie in Network Byte Order?

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> 0x00 0x55                    | <input checked="" type="checkbox"/> 0x00 0xaa |
| <input checked="" type="checkbox"/> 00000000 10101010 | <input type="checkbox"/> 00000000 01010101    |

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

- 5     4     3     2     1     6



i)\* Aus wie vielen Kollisionsdomänen besteht das nebenstehende Netzwerk?

- 4     5     2     1     6     3

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

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Es gibt nur Unterschiede in der Kollisionsbehandlung, nicht im Medienzugriff.      | <input type="checkbox"/> CSMA/CA benötigt eine minimale Rahmenlänge von 64 B.     |
| <input checked="" type="checkbox"/> Beim Medienzugriff mittels CSMA/CA gibt es immer eine Contention Phase. | <input type="checkbox"/> CSMA/CD verwendet im Gegensatz zu CSMA/CA Bestätigungen. |

k)\* Welche Aussagen zum Manchester-Code sind zutreffend?

- |   |   |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> automatische Taktrückgewinnung      | <input checked="" type="checkbox"/> immer gleichstromfrei |
| <input type="checkbox"/> gleichstromfrei nur mit zusätzlichem 4B5B-Code | <input type="checkbox"/> schmaleres Spektrum als NRZ      |

l)\* 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.

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

m)\* Die Serialisierungszeit ...

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

n)\* Die Ausbreitungsverzögerung ...

- kann im Vergleich zur Serialisierungszeit grundsätzlich vernachlässigt werden.
- ist abhängig vom Übertragungsmedium.
- ist unabhängig von der Rahmenlänge.
- wird in  $s^{-1}$  angegeben.

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

Lösungsvorschlag