



**Emaster**

Sticker mit SRID hier einkleben

**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 / Hausaufgabe 5  
**Prüfer:** Prof. Dr.-Ing. Georg Carle

**Datum:** Montag, 25. Mai 2020  
**Uhrzeit:** 16:00 – 23:59

### Bearbeitungshinweise

- Die erreichbare Gesamtpunktzahl beträgt 43 Punkte.
- Bitte geben Sie bis spätestens Sonntag, den **31. Mai um 23:59 CEST** über TUMexam ab.  
*Bitte haben Sie Verständnis, wenn das Abgabesystem noch nicht reibungslos funktioniert. Wir arbeiten daran!*
- Ihren **persönlichen** Link zur Abgabe finden Sie auf Moodle. Geben Sie diesen **nicht** weiter.
- Bitte haben Sie Verständnis, falls die Abgabeseite zeitweilig nicht erreichbar ist.

### Bitte nehmen Sie die Hausaufgaben dennoch ernst:

- Neben der Einübung des Vorlesungsstoffs und der Klausurvorbereitung dienen die Hausaufgaben auch dazu, den Ablauf der Midterm zu erproben.
- Finden Sie einen für sich selbst praktikablen und effizienten Weg, die Hausaufgaben zu bearbeiten. Hinweise hierzu haben wir auf [https://grnvs.net/homework\\_submission.pdf](https://grnvs.net/homework_submission.pdf) für Sie zusammengestellt.

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





## Aufgabe 1 Medienzugriffsverfahren (16 Punkte)

0 ☐

1 ☐

2 ☐

a)\* Erläutern Sie kurz das Prinzip von ALOHA.

Es wird gesendet, sobald Daten anliegen.  
Bestätigungen werden out-of-band gesendet.

0 ☐

1 ☐

b) Wie werden Kollisionen in ALOHA erkannt?

Nicht direkt  $\Rightarrow$  Ausbleiben einer Bestätigung

0 ☐

1 ☐

c) Erläutern Sie kurz das Prinzip von **Slotted ALOHA**.

Sendebeginn nur zu bestimmten Zeit slotgrenzen.  
Unabhängig anderer Stationen

0 ☐

1 ☐

2 ☐

d) Worin besteht der Vorteil von *Slotted ALOHA* gegenüber normalem ALOHA?

Dann zu Slotgrenzen gesendet werden kann,  
ist die Kollisionswahrscheinlichkeit verringert.

0 ☐

1 ☐

2 ☐

e)\* Erläutern Sie kurz das Prinzip von CSMA.

Das Medium wird abgehört. Sobald es frei ist, wird  
gesendet.

0 ☐

1 ☐

2 ☐

f) Erläutern Sie kurz, welche Ergänzungen CSMA/CD gegenüber reinem CSMA hat.

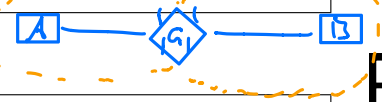
Kollisionen können durch das JAM-Signal erkannt werden.  
Dann werden die Daten erneut übertragen.



g) Wie werden erfolgreiche Übertragungen bei CSMA/CD bei Ethernet erkannt?

Da kein JAM-Signal während der Übertragung auftritt.

vgl. Hidden-Station Problem:



h) Erläutern Sie kurz, welche Ergänzungen CSMA/CA gegenüber reinem CSMA hat.

Die Kollisionswahrscheinlichkeit wird weiter durch einen randomisierten Sendestart verringert.

i)\* Was versteht man unter Binary Exponential Backoff?

Unabhängig von CSMA CD/CA

Es wird zu eine zufällige Anzahl an Slotzeiten, bei einer fehlgeschlagenen Übertragung, gewartet

Algorithmus:

für: Sendeversuch  $k$ :

- ① wähle  $n \in \{0, \dots, \min\{2^{k-1} - 1, 1023\}\}$
- ② warte  $n$  Slotzeiten, dann sende





## Aufgabe 2 ALOHA und CSMA/CD (16 Punkte)

Gegeben sei ein Netzwerk (s. Abbildung 2.1) bestehend aus drei Computern, welche über ein Hub miteinander verbunden sind. Die Distanzen zwischen den Computern betragen näherungsweise  $d_{12} = 1 \text{ km}$  bzw.  $d_{23} = 500 \text{ m}$ . Etwaige indirekte Kabelführung darf vernachlässigt werden. Die Übertragungsrate betrage  $r = 100 \text{ Mbit/s}$ . Die relative Ausbreitungsgeschwindigkeit betrage wie üblich  $\nu = 2/3$ . Die Lichtgeschwindigkeit sei mit  $c_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  gegeben.

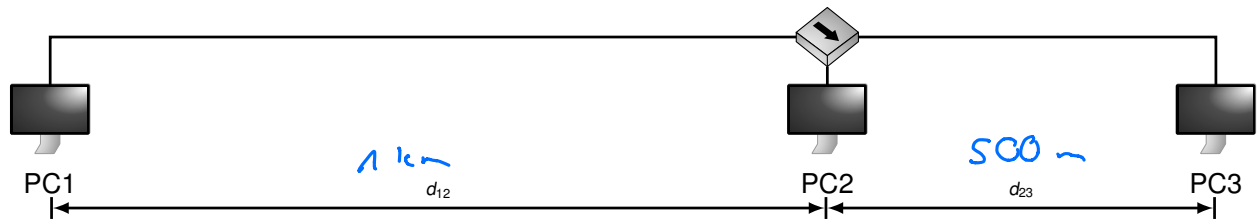


Abbildung 2.1

Zum Zeitpunkt

- $t_0 = 0 \text{ s}$  findet keine Übertragung statt und keiner der Rechner hat Daten zu versenden,
- $t_1 = 5 \mu\text{s}$  beginnt PC1,
- $t_2 = 15 \mu\text{s}$  beginnt PC2 und
- $t_3 = 10 \mu\text{s}$  Beginn PC3

jeweils einen Rahmen der Länge 94 B zu senden.

0 ☐

1 ☐

a)\* Berechnen Sie die Serialisierungszeit  $t_s$  für eine Nachricht.

$$t_s = \frac{L}{r} = \frac{94 \cdot 8 \text{ B}}{100 \cdot 10^6 \frac{\text{B}}{\text{s}}} \approx 7,52 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 7,52 \mu\text{s}$$

Serialisierungszeit:  $t_s := \frac{L}{r}$

0 ☐

1 ☐

2 ☐

b)\* Berechnen Sie die Ausbreitungsverzögerungen  $t_p(1,2)$  und  $t_p(2,3)$  auf den beiden Streckenabschnitten.

$$t_p(1,2) = \frac{d_{12}}{\nu c_0} = \frac{1000 \text{ m}}{2/3 \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 5 \mu\text{s}$$

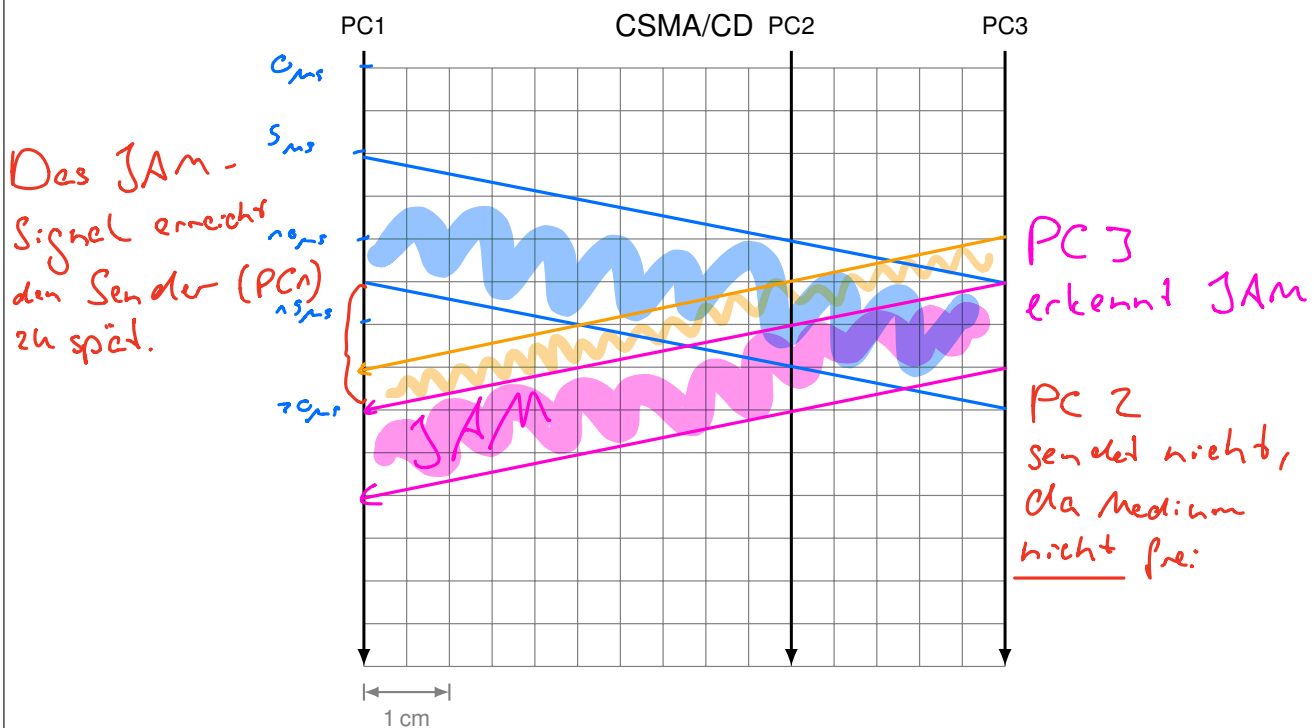
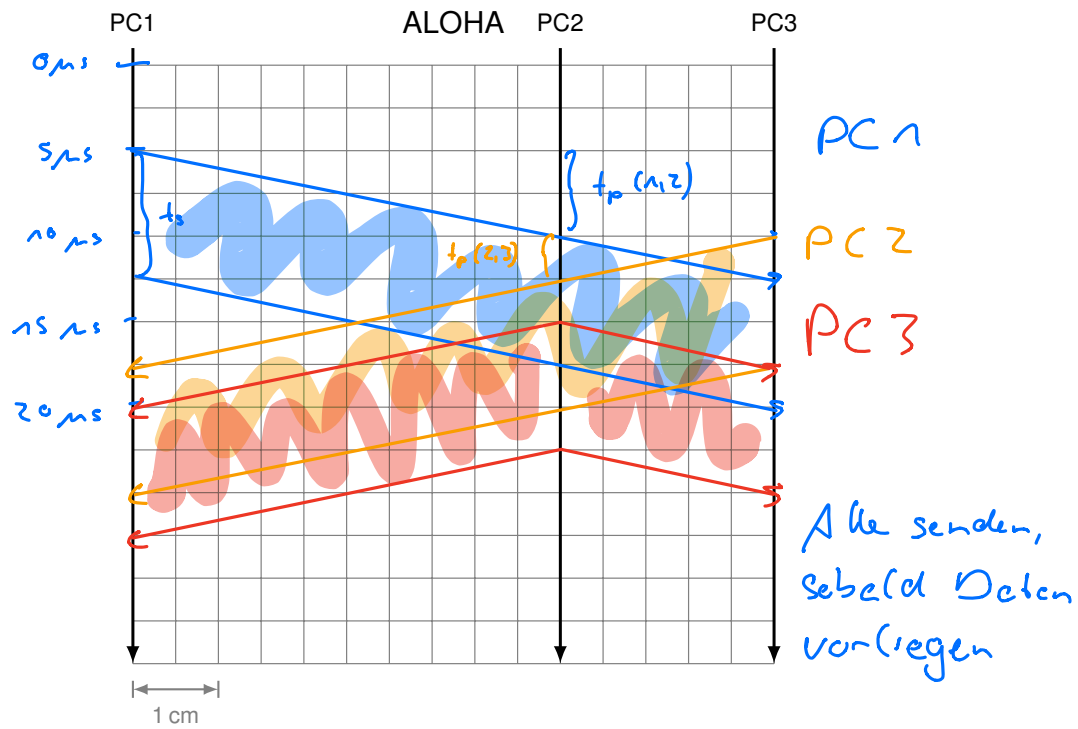
$$t_p(2,3) = \frac{d_{23}}{\nu c_0} = \frac{500 \text{ m}}{2/3 \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 2,5 \mu\text{s}$$

Ausbreitungsverzögerung:  $t_p := \frac{d}{\nu c_0}$





c) Zeichnen Sie für ALOHA und 1-persistentes CSMA/CD jeweils ein Weg-Zeit-Diagramm, das den Sendevorgang im Zeitintervall  $t \in [t_0, t_0 + 30 \mu s)$  darstellt. Maßstab:  $100 \text{ m} \triangleq 5 \text{ mm}$  bzw.  $2,5 \mu s \triangleq 5 \text{ mm}$ , Slotzeit:  $\approx 5 \mu s$





- 0 ☐  
1 ☐  
2 ☐
- d) Aus der vorhergehenden Teilaufgabe ist zu erkennen, dass bei beiden Verfahren Kollisionen auftreten. Im Gegensatz zu ALOHA funktioniert CSMA/CD aber unter den gegebenen Umständen nicht. Warum?

Es muss sicher gestellt werden, dass während der Sendezeit einer Nachricht der Sender ein JAM Signal noch erreichen kann.

PC 1 beendet die Übertragung erfolgreich, bevor ihn das JAM-Signal erreicht.

- 0 ☐  
1 ☐
- e) Wie lautet für CSMA/CD die Bedingung, dass ein Knoten eine Kollision rechtzeitig erkennen kann?

Ein Knoten muss noch senden, wenn er ein JAM-Signal erhält:  $t_s \geq 2 \cdot t_{pmax}$

- 0 ☐  
1 ☐  
2 ☐  
3 ☐
- f) Berechnen Sie für CSMA/CD die maximale Entfernung zweier Rechner innerhalb einer Kollisionsdomäne in Abhängigkeit der minimalen Rahmenlänge. Setzen Sie die Werte für FastEthernet ein ( $r = 100 \text{ Mbit/s}$ ,  $l_{min} = 64 \text{ B}$ ).

Da die Entfernung maximiert werden soll, kann hier von Gleichheit ausgegangen werden.

$$t_s = 2 \cdot t_p$$

$$\Leftrightarrow \frac{L}{r} = 2 \cdot \frac{d}{2 \cdot c}$$

$$\Leftrightarrow d = \frac{1}{2} \cdot r \cdot c \cdot \frac{L}{r}$$

$$\Leftrightarrow d = \frac{1}{2} \cdot \frac{100}{8} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{64 \text{ B} \cdot 8}{100 \cdot 10^6 \frac{\text{bit}}{\text{s}}} = 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{64 \cdot 8 \text{ bit}}{100 \cdot 10^6 \frac{\text{bit}}{\text{s}}} = 512 \text{ m}$$

Brücken sind Switches mit nur 2 Ports

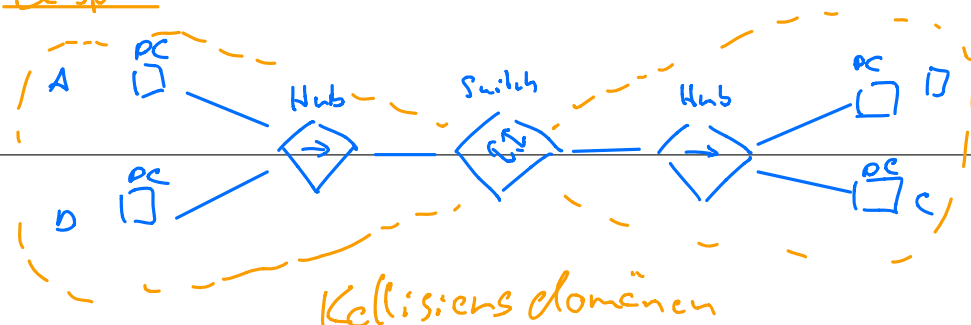
- 0 ☐  
1 ☐  
2 ☐  
3 ☐
- g)\* Welchen Einfluss haben Hubs, Brücken und Switches auf die Kollisionsdomäne?

Hubs: Verbinden auf phys. Schicht  $\Rightarrow$  gemeinsame Kollisionsdomäne

Brücken / Switches: Leiten Pakete nur weiter, falls sich der Empfänger im gleichen "Segment" befindet.

$\Rightarrow$  Kollisionsdomänen werden unterbrochen

Beispiel:





### Aufgabe 3 Cyclic Redundancy Check (CRC) (11 Punkte)

Die Nachricht 10101100 werde mittels CRC, wie in der Vorlesung eingeführt, gesichert. Als Reduktionspolynom sei  $r(x) = x^3 + 1$  gegeben.

a)\* Wie lang ist die Checksumme?

☐ 0  
☐ 1

$$\deg(r(x)) = 3 \text{ Bit}$$

b) Bestimmen Sie die Checksumme für die gegebene Nachricht.

☐ 0  
☐ 1  
☐ 2  
☐ 3

① Nachricht um  $\deg(r(x)) = 3 \text{ Bit}$  padlen  
 ② Binäre Polynomdivision

Padding

10101100 000000 : 1001 = 101110011  
 R: 011

Die Checksumme ist  
 hierbei der Rest R.

! (Größe der Checksumme muss korrekt sein (3 Bit))

c)\* Geben Sie die übertragene Bitfolge an.

☐ 0  
☐ 1

10101100 | 011  
 ^ Nachricht ^ Checksumme

Bei der Übertragung trete nun das Fehlermuster 0010000000 auf.

d)\* Wie lautet die empfangene Bitfolge?

☐ 0  
☐ 1




$$\begin{array}{r}
 1010110000 \\
 \oplus 0010000000 \\
 \hline
 1000110000
 \end{array}$$

0 ☐

1 ☐

2 ☐

e) Zeigen Sie, dass der Übertragungsfehler erkannt wird.

Wer sehr motiviert ist, kann das an dieser Stelle nachrechnen ;)

Ergebnis:

$$1000110000 : 1001 = 1001111111 \text{ Rest } 100$$

Da der erhaltene Rest ungleich 0 ist, wird der Fehler erkannt.

0 ☐

1 ☐

f)\* Geben Sie ein Fehlermuster an, welches nicht erkannt werden kann.

Alle Vielfachen des Reduktionspolynoms







g) CRC wurde in der Vorlesung ausdrücklich als fehlererkennender, nicht aber als fehlerkorrigierender Code eingeführt. Zeigen Sie, dass mittels CRC selbst 1 bit-Fehler im konkreten Beispiel dieser Aufgabe nicht korrigierbar sind.



Die Nachricht ist 11 bit lang, damit ergeben sich 11 mögliche 1-bit Fehlermuster. Da der Rest jedoch nur  $2^3 - 1 = 7$  unterschiedliche Reste codieren kann, ist hier bereits keine eindeutige Zurechnung mehr möglich.



This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of small, equal-sized squares formed by thin, light gray lines. There are no margins, text, or other markings on the page. The grid covers the entire area from edge to edge.