

Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme (IN0010)

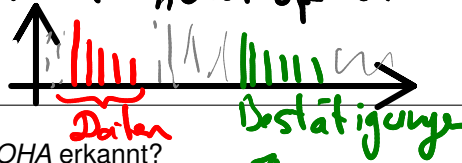
Übungsblatt 5

17. Mai – 21. Mai 2021

Aufgabe 1 Medienzugriffsverfahren

a)* Erläutern Sie kurz das Prinzip von ALOHA.

- Eine Station sendet Daten sobald vorhanden
- Übertragungen werden "out of Band" bestätigt.



b) Wie werden Kollisionen in ALOHA erkannt?

Keine Bestätigungen

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

Stationen beginnen immer zum nächsten Zeitslot erst mit ihrer Übertragung.

Problem: Synchronisation der Zeitslots der Stationen

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

- Verringern die Wahrsch. für Kollisionen
- Kollisionen werden direkt erkannt

e)* Erläutern Sie kurz das Prinzip von CSMA.

- Medium vor dem Senden abhören
 - ↙ Frei
 - Im nächsten Zeitslot senden
 - ↘ belegt
 - verzögern um einen Zeitslot +

Collision Detection

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

- Kollisionen werden erkannt und betroffene Rahmen erneut übertragen.

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

- Kommt kein JAM-Signal während der Übertragung an
⇒ Übertragung erfolgreich.

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

- Daten vorhanden?
 ↓ ja ↘ nein

Senden mit Wahrsch p und verzögern mit $(1-p)$

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

Falls die Übertragung nicht erfolgreich war:

↳ warte n -Zeiteinheiten.

↳ Falls erneut nicht erfolgreich

↳ warte $2n$ -Zeiteinheiten

↳ $4n \dots$

↳ $8n \dots$

Aufgabe 2 ALOHA und CSMA/CD

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 $v = 2/3$. Die Lichtgeschwindigkeit sei mit $c_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ gegeben.

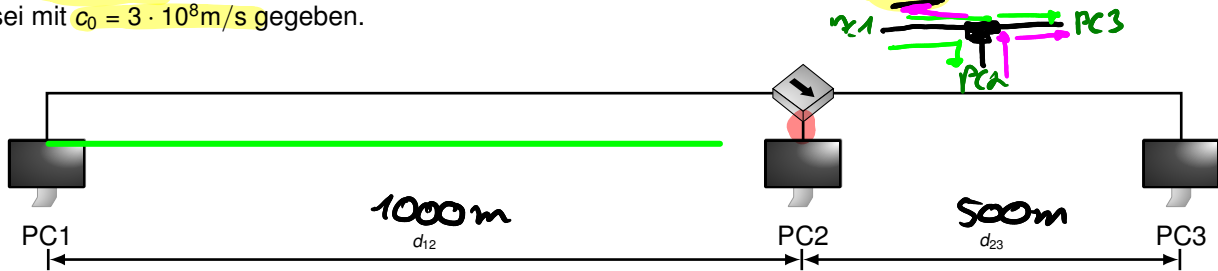


Abbildung 2.1

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, $\rightarrow$
- $t_2 = 15 \mu\text{s}$ beginnt PC2 und
- $t_3 = 10 \mu\text{s}$ Beginn PC3

Handwritten note: xaxinal pp

jeweils einen Rahmen der Länge 94 B zu senden.

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

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

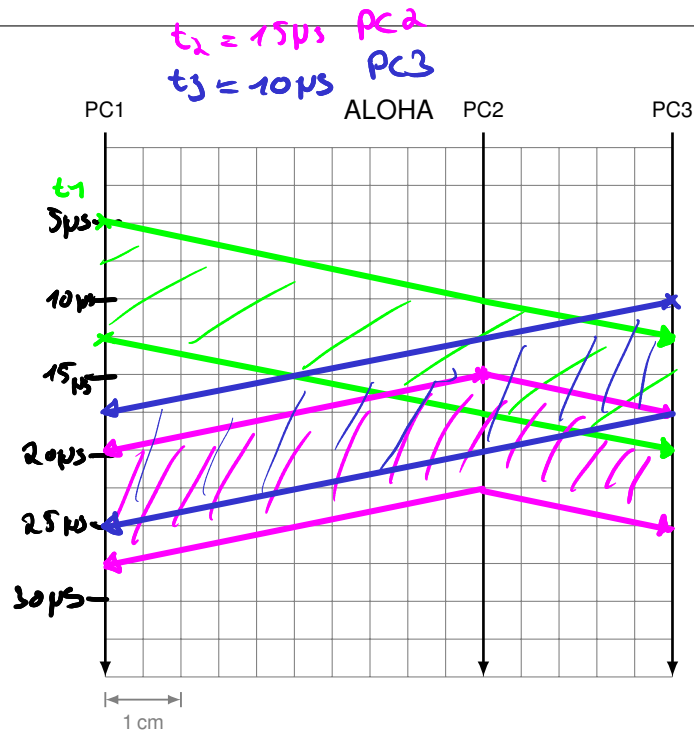
b)* Berechnen Sie die Ausbreitungsverzögerungen $t_p(1,2)$ und $t_p(2,3)$ auf den beiden Streckenabschnitten.

$$t_{p12} = \frac{d}{v \cdot c_0} = \frac{1000 \text{ m}}{2/3 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = \underline{\underline{5 \mu\text{s}}}$$

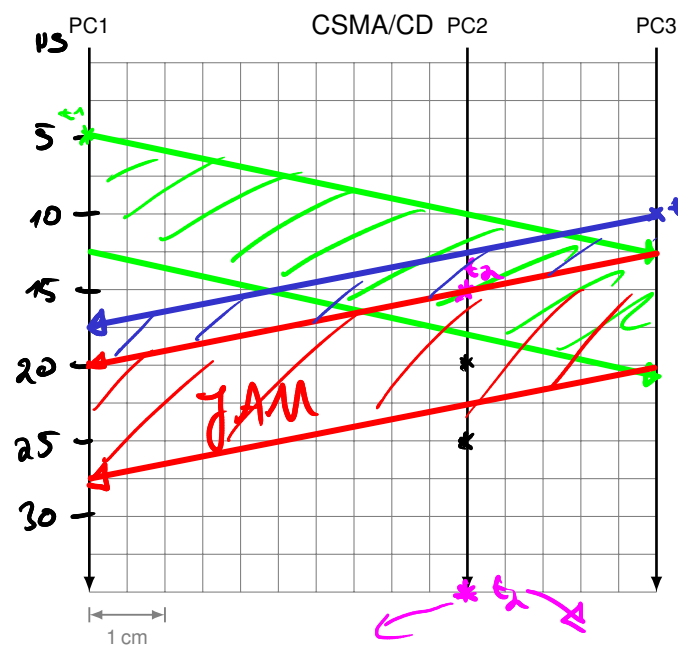
$$t_{p23} = \frac{d}{v \cdot c_0} = \frac{500 \text{ m}}{2/3 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = \frac{5 \text{ m}}{2 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 2,5 \cdot \frac{1}{10^6 \text{ s}} = \underline{\underline{2,5 \mu\text{s}}}$$

Handwritten note: 1 μs

c) Zeichnen Sie für ALOHA und 1-persistentes CSMA/CD jeweils ein Weg-Zeit-Diagramm, das den Sendevorgang im Zeitintervall $t \in [t_0, t_0 + 30 \mu\text{s}]$ darstellt. Maßstab: $100 \text{ m} \triangleq 5 \text{ mm}$ bzw. $2.5 \mu\text{s} \triangleq 5 \text{ mm}$, Slotzeit: $\approx 5 \mu\text{s}$



Alle
Kollisionen
werden erkannt.



t_2 wird später
wiederholt

t_1 ist aus
Sicht von PC1
erfolgreich,
da das JAM-
Signal zu spät
ankommt.

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?

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

Serialisierungszeit muss min. doppelt so lang wie die
max. Ausbreitungsverz. sein.
Warum doppelt?
 $L_{\text{Hinweg}} + L_{\text{Rückweg}} = 2 \text{ (Doppelt)}$

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 ($r = 100 \text{ Mbit/s}$, $l_{\text{min}} = 64 \text{ B}$).

g)* Welchen Einfluss haben Hubs, Brücken und Switches auf die Kollisionsdomäne?

Aufgabe 3 Cyclic Redundancy Check (CRC)

Die Nachricht 10101100 werde mittels CRC, wie in der Vorlesung eingeführt, gesichert. Als Reduktionspolynom sei $r(x) = x^3 + 1$ gegeben. $\Rightarrow 1 \cdot x^3 + 0 \cdot x^2 + 0 \cdot x^1 + 1 \cdot x^0$

a)* Wie lang ist die Checksumme?

$$\text{grad}(r(x)) = 3 \Rightarrow 3 \text{ Bit CRC}$$

b) Bestimmen Sie die Checksumme für die gegebene Nachricht.

Nachricht

xOR

10101100	000	:	1001	=	1011
1001					
001111					
1001					
01100					
1001					
01010					
1001					
001100					
1001					
01010					
1001					
0011					

Hinter 3-Bit = CRC = 011

c)* Geben Sie die übertragene Bitfolge an.

Daten
10101100 CRC
011

Bei der Übertragung trete nun das Fehlermuster 00100000000 auf.

d)* Wie lautet die empfangene Bitfolge?

[illegible]

e) Zeigen Sie, dass der Übertragungsfehler erkannt wird.

This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of thin, light gray horizontal and vertical lines that intersect to form small squares across the entire surface. There are no margins, text, or other markings on the paper.

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

--

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.

Aufgabe 4 ALOHA (Hausaufgabe)

ALOHA (hawaiisch: „Hallo“) ist eines der ältesten Medienzugriffsverfahren und wurde 1971 an der Universität von Hawaii entwickelt, um die Hawaii-Inseln über eine Funkverbindung mit einer zentralen Vermittlungsstation zu verbinden. Die Trennung der zwei Kommunikationsrichtungen von den Inseln zur Vermittlungsstation und zurück erfolgte durch Frequenzduplex (FDD). Die Steuerung des Medienzugriffs war denkbar einfach: Sobald ein Sender Daten erhalten hatte, durfte dieser zu senden beginnen. Da aber keine Richtfunkantennen eingesetzt wurden und alle Sender auf den Inseln dieselbe Frequenz verwendeten, konnte es zu Kollisionen kommen, wenn sich zwei Übertragungen zeitlich überschneiden.

Zwei Jahre später wurde Slotted ALOHA eingeführt, bei dem die Sender nur noch zu Beginn fester Zeitschlitzze (engl. *time slots*) anfangen durften zu senden. Die Vermittlungsstation übertrug dafür auf dem Rückkanal ein Taktsignal zur Synchronisation.

Wir wollen nun eine eigene Strategie definieren, die wir p -persistentes Slotted ALOHA nennen. Liegen Daten vor, so sendet eine Station mit Wahrscheinlichkeit p im nächsten Slot bzw. verzögert die Übertragung mit Wahrscheinlichkeit $1 - p$ um einen Slot. Folgende Ausgangssituation sei gegeben:

- Es seien zunächst nur einige der Hauptinseln an das Netzwerk angeschlossen, d. h. $n \leq 8^2$.
- Alle n Nutzer sind saturiert sind, d. h. es liegen stets Daten zum Senden vor.
- Jeder Nutzer fängt mit Wahrscheinlichkeit p im nächsten möglichen Zeitschlitz an zu senden.
- Die Dauer eines Sendevorgangs entspricht der Länge eines Zeitschlitzes.

a)* Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass in einem Zeitschlitz eine kollisionsfreie Übertragung stattfindet?

[illegible]

b) Bestimmen Sie das p^* , so dass die Wahrscheinlichkeit einer kollisionsfreien Übertragung maximiert wird.

A large grid of graph paper with 20 columns and 10 rows. The grid is composed of small squares, with a slightly larger margin on the left side for writing.

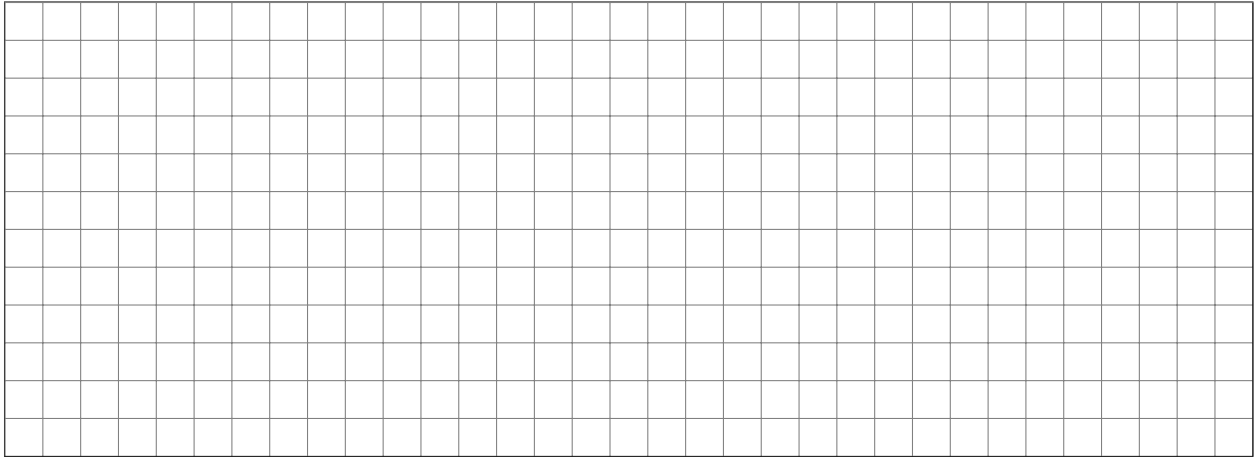
c) Bestimmen Sie nun die maximale Kanalauslastung bei n Nutzern.

[illegible]

²Für große n (ca. $n > 15$) und kleine Sendewahrscheinlichkeiten könnte hier auch die Poisson-Verteilung genutzt werden.

d) Bestimmen Sie nun die maximale Kanalauslastung bei einer sehr großen Anzahl von Nutzern.

Hinweis: $\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{x}{n}\right)^n = e^x$



Die Verlegung und Instandhaltung eines Unterseekabels ist sehr aufwendig. Die Verbindung zwischen den beiden Städten könnte ebenso über Satellit erfolgen. Betrachten Sie die beiden Verbindungswege kurz in Bezug auf die Round-Trip-Time (RTT³).

Nehmen Sie dazu an, dass das Unterseekabel in direkter Luftlinienverbindung zwischen Chikura und Los Angeles liegt. Vernachlässigen Sie dabei die Erdkrümmung. Ein geostationärer Satellit (36 000 km Höhe) befinde sich genau über dem Mittelpunkt der Strecke.

d) Bestimmen Sie die minimale RTT für das Unterseekabel. **Hinweis:** Überlegen Sie sich, welche Komponente der RTT im vorliegenden Fall den wesentlichen Beitrag liefert.

e) Bestimmen Sie die minimale RTT für eine entsprechende Satellitenverbindung.

Hinweis: Überlegen Sie, welche Streckenabschnitte ggf. vernachlässigt werden können. Die Erdkrümmung kann vernachlässigt werden.

³Als RTT bezeichnet man die Zeit, die eine Nachricht vom Sender zum Empfänger und wieder zurück benötigt.

