

# Kommunikationssysteme WS24/25

## Übungsblatt 2

Maximilian Amthor

# Übersicht

Ziel:

- ❑ Besprechung von Übungsblatt 2

Themen:

- ❑ LAN Technologien und Netzwerktopologien
- ❑ Datenübertragung in Packet-Switched Networks

# Aufgabe 2.1

- a) Welche Vor- und Nachteile haben LANs gegenüber der Punkt-zu-Punkt-Kommunikation?
- b) Wie viele Leitungen benötigen Sie um 20 Rechner paarweise zu verbinden, so dass jeder mit jedem direkt kommunizieren kann? Wie nennt man diese Topologie?
- c) Welche weiteren LAN-Topologien kennen Sie? Zeichnen Sie, wie jeweils 5 Rechner anhand dieser Topologien vernetzt werden!

# Aufgabe 2.1 a) - Lösung

1. LANs ermöglichen, dass sich mehrere Computer ein gemeinsames Kommunikationsmedium teilen.
2. Dadurch wird die Verbindungsanzahl deutlich reduziert, wodurch Kosten eingespart werden können.

## Ergänzung

Welche Vor- /Nachteile hat ein Punkt-zu-Punkt Netzwerk gegenüber einem LAN?

## Aufgabe 2.1 a) - Ergänzung

Welche Vor- / Nachteile hat ein Punkt-zu-Punkt Netzwerk gegenüber einem LAN?

Vorteile:

1. Hardware kann wahlfrei benutzt werden, da jeder Anschluss unabhängig installiert wird.  
(Übertragungskapazität, Modems, ...)
2. Computer können selbst entscheiden, wie sie Daten senden, da sie exklusiven Zugang haben.  
(Rahmenformat, Rahmengröße, Fehlererkennung)
3. Implementierung einfacher, da immer nur die zwei gleichen Computer Zugang zum Kanal haben.  
(z.B. Implementierung von Sicherheitsmechanismen)

## Aufgabe 2.1 a) - Ergänzung

Welche Vor- / Nachteile hat ein Punkt-zu-Punkt Netzwerk gegenüber einem LAN?

Nachteile:

1. Anzahl der Verbindungen wächst schneller als Computeranzahl  
(bei  $N$  Computern wächst die Verbindungszahl proportional zu  $N^2$ )

# Aufgabe 2.1

- a) Welche Vor- und Nachteile haben LANs gegenüber der Punkt-zu-Punkt-Kommunikation?
- b) Wie viele Leitungen benötigen Sie um 20 Rechner paarweise zu verbinden, so dass jeder mit jedem direkt kommunizieren kann? Wie nennt man diese Topologie?
- c) Welche weiteren LAN-Topologien kennen Sie? Zeichnen Sie, wie jeweils 5 Rechner anhand dieser Topologien vernetzt werden!

## Aufgabe 2.1 b) - Lösung

- *Vorlesung:* Anzahl der Leitungen:  $\frac{n \cdot (n-1)}{2} = \frac{n^2 - n}{2}$
- Für  $n = 20$ :  $\frac{20^2 - 20}{2} = 190$
- Mesh-Topologie

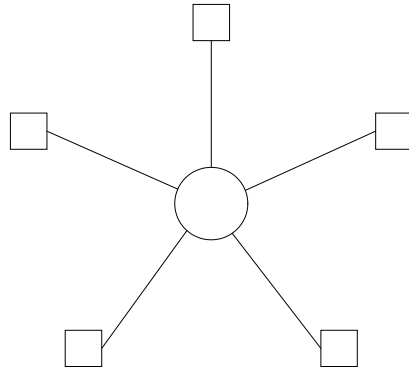


# Aufgabe 2.1

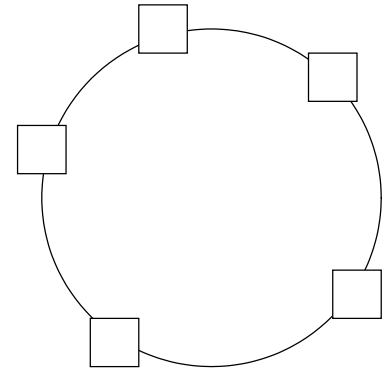
- a) Welche Vor- und Nachteile haben LANs gegenüber der Punkt-zu-Punkt-Kommunikation?
- b) Wie viele Leitungen benötigen Sie um 20 Rechner paarweise zu verbinden, so dass jeder mit jedem direkt kommunizieren kann? Wie nennt man diese Topologie?
- c) Welche weiteren LAN-Topologien kennen Sie? Zeichnen Sie, wie jeweils 5 Rechner anhand dieser Topologien vernetzt werden!

# Aufgabe 2.1 c) - Lösung

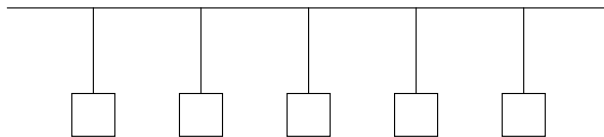
Stern



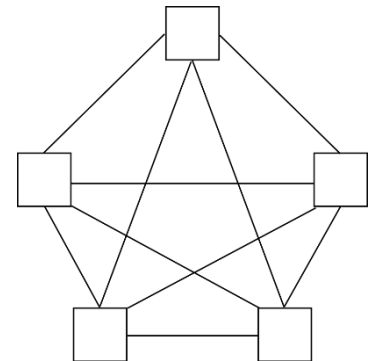
Ring



Bus



Mesh



## Aufgabe 2.2

- a) Warum werden Daten paketweise übertragen und nicht als beliebige Aneinanderreihung einzelner Bytes?
- b) Wie funktioniert Byte-Stuffing?

# Aufgabe 2.2 a) - Lösung

Die Unterteilung von Daten zur Übertragung in kleine Pakete hat zwei Vorteile:

- ❑ **Koordination / Fehlererkennung:** Die Koordination zwischen Sender und Empfänger wird erleichtert, da die fehlerhafte Übertragung einzelner Pakete leichter erkannt werden kann. Es müssen dann nur einzelne Pakete erneut gesendet werden und nicht die kompletten Daten.
- ❑ **Ressourcenteilung / Fairness:** Das Senden einzelner Pakete erlaubt mehreren Computern ein gemeinsames Medium zu teilen. Dabei haben die Computer fairen Zugriff auf das Medium ohne lange Wartezeiten.

# Aufgabe 2.2

- a) Warum werden Daten paketweise übertragen und nicht als beliebige Aneinanderreihung einzelner Bytes?
- b) Wie funktioniert Byte-Stuffing?

## Aufgabe 2.2 b) - Lösung

Unter **Byte Stuffing** versteht man das Einfügen von Markierungszeichen innerhalb des Datenblocks eines Frames zum Markieren und anschließender Zeichenersetzung von Sonderzeichen in den Nutzdaten:

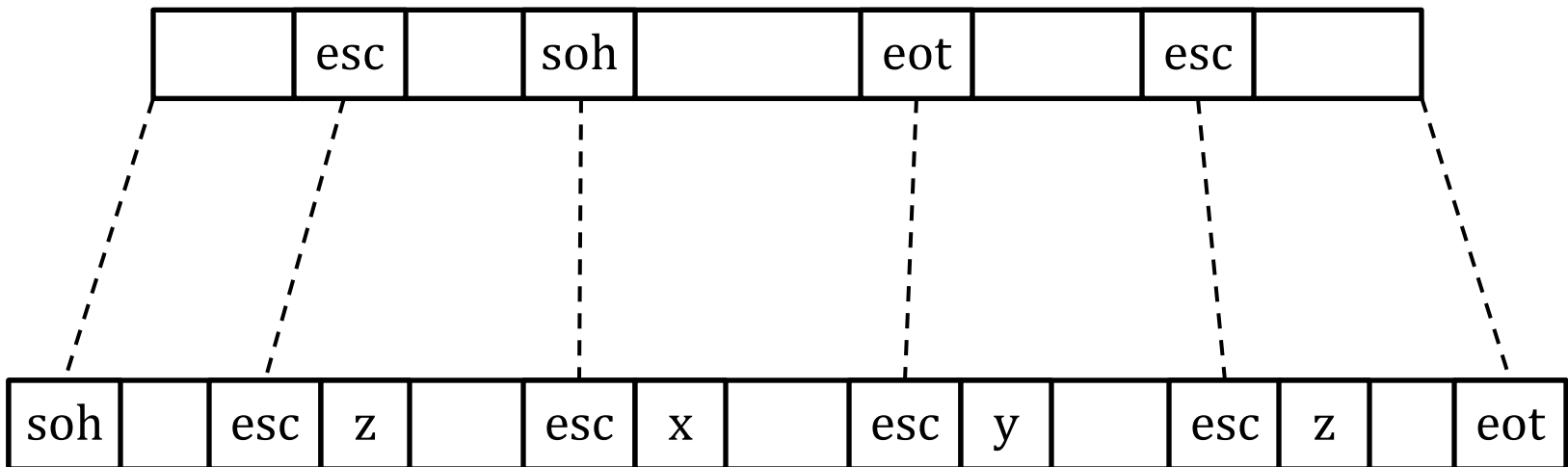
z.B. soh wird markiert und ersetzt durch esc x  
eot wird markiert und ersetzt durch esc y  
esc wird markiert und ersetzt durch esc z

(soh - Start of Header / eot - End of Transmission)

Dies ist notwendig, damit beliebige Daten in einem Frame übertragen werden können, ohne das es zu Fehlern durch falsch interpretierte Kontrollzeichen kommt.

## Aufgabe 2.2 b) - Lösung

- ❑ Sender überträgt jedes reservierte Byte in das entsprechende Bytepaar
- ❑ Receiver interpretiert das Bytepaar und speichert das kodierte Byte im Puffer



## Aufgabe 2.3

Nehmen Sie an, dass eine Datei der Größe 1 MiB über ein Netzwerk versendet werden soll, wobei Verzögerungen ignoriert werden sollen, d.h., es wird nur die reine Transferzeit betrachtet.

Wie lange würde es dauern, diese Datei über ein Ethernet zu schicken? (10 Mbps)



# Aufgabe 2.3 - Lösung

1. Datenmenge in bit:

$$\begin{aligned} 1 \text{ MiB} &= 1024 \text{ KiB} = 1024 * 1024 \text{ Byte} \\ &= 1\,048\,576 * 8 \text{ bit} = 8\,388\,608 \text{ bit} \end{aligned}$$

2. 10 Mbps Ethernet in bit/s:

$$10 \text{ Mbps} = 10 * 10^6 \text{ bit/s}$$

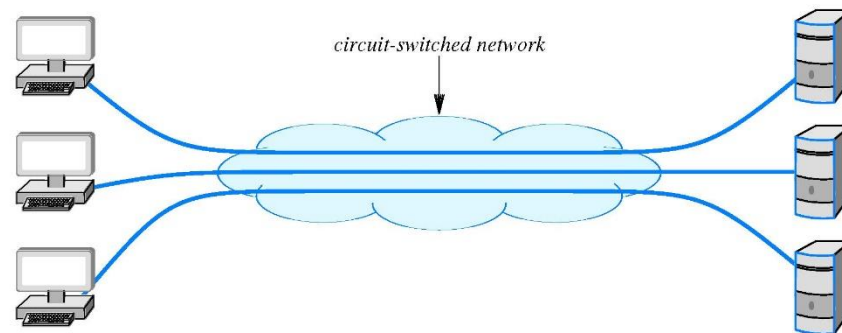
3. Berechnung der Übertragungsdauer:

$$\frac{8\,388\,608 \text{ bit}}{10 * 10^6 \text{ bit/s}} = 0,8388608 \text{ s}$$

# Wiederholung Packet-Switching

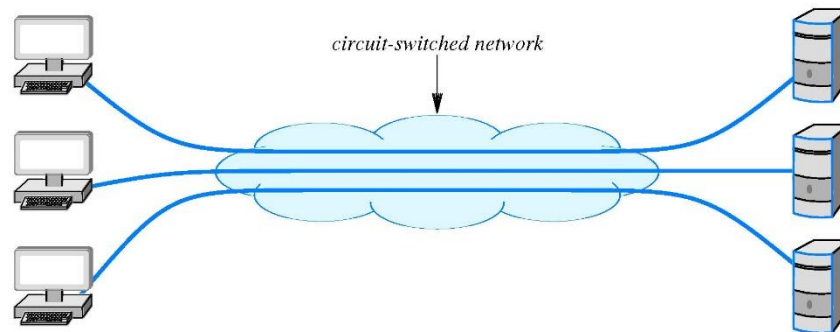
# Circuit Switching (1)

- Erste Telekommunikationsverbindungen wurden als physikalische Leitungen aufgebaut → „Verbindung“ durch Umstecken von Kabeln in der Vermittlungsstelle
- Heute: **Virtuelle Leitungen**
  - ❖ Mehrere Leitungen über einen physikalischen Kanal multiplexed
  - ❖ Geteiltes Medium → Resource Sharing



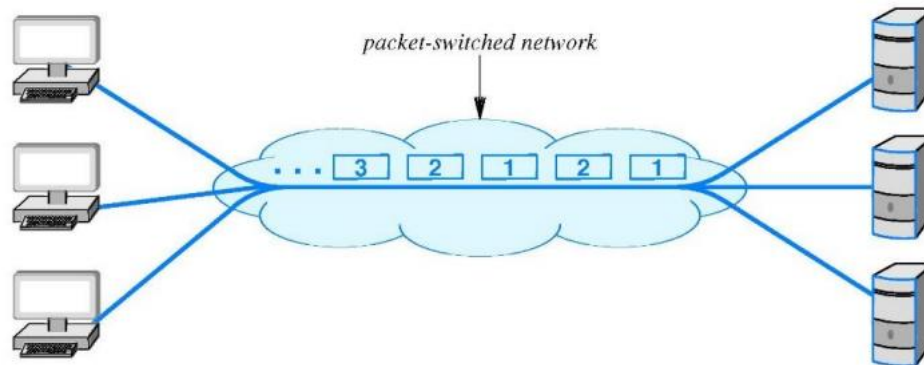
# Circuit Switching (2)

- ❑ Eigenschaften Leitungsvermittlung (Circuit Switching):
  - ❖ Point-to-Point Kommunikation
  - ❖ Verbindungsaufbau und Verbindungsabbau
    - Virtuelle Leitungen sind temporär
  - ❖ Kein Performanceunterschied zu physikalischen Leitungen
    - **Isolation** verschiedener Virtueller Leitungen von einander



# Packet Switching (1)

- ❑ Basis des Internets:  
Daten werden in kleine Pakete aufgeteilt; Pakete werden im Netzwerk geroutet
- ❑ Im Gegensatz zur Leitungsvermittlung konkurrieren die Datenflüsse miteinander um den physikalischen Kanal → **Statistical Multiplexing**



# Packet Switching (2)

## □ Eigenschaften Packet-Switching:

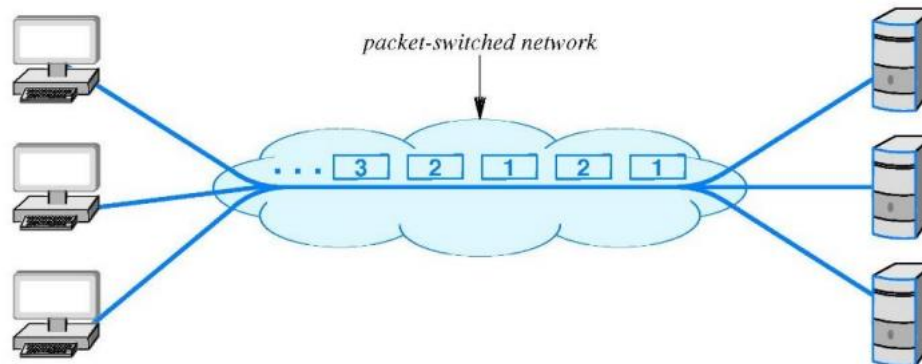
### ❖ Beliebige, asynchrone Kommunikation

- Kommunikation mit beliebig vielen Kommunikationspartner ohne Zeitbeschränkungen

### ❖ Kein Verbindungsaufbau

- Ad-hoc Paketweiterleitung zu jedem beliebigen Ziel

### ❖ Schwankende Performance durch Statistical Multiplexing



## Aufgabe 2.4

- a) Zwei Rechner wollen zum gleichen Zeitpunkt Daten über einen gemeinsamen Kanal senden, der mit 64 000 bps arbeitet. Rechner A möchte eine Datei der Größe 1 MiB übertragen, Rechner B eine Datei der Größe 1 KiB. Geben Sie für folgende Fälle die Übertragungszeit an:
1. Ohne Multiplexing (es gibt keine Pakete)!
  2. Mit Multiplexing (100 Byte-Pakete)!
- b) Berechnen Sie die Werte erneut unter der Voraussetzung, dass auch Rechner B 1 MiB überträgt!

# Aufgabe 2.4 a) - Lösung

64 000 bps, 1 MiB, 1 KiB

---

$$\begin{aligned} 1 \text{ MiB} &= 1024 \text{ KiB} = 1024 * 1024 \text{ Byte} \\ &= 1024 * 1024 * 8 \text{ bit} = 8\,388\,608 \text{ bit} \end{aligned}$$

$$1 \text{ KiB} = 1024 \text{ Byte} = 1024 * 8 \text{ bit} = 8\,192 \text{ bit}$$

1. Ohne Multiplexing (es gibt keine Pakete!):

Rechner A: 
$$\frac{8\,388\,608 \text{ bit}}{64\,000 \frac{\text{bit}}{\text{s}}} = 131,072 \text{ s}$$

Rechner B: 
$$\begin{aligned} &131,072 \text{ s} + \frac{8\,192 \text{ bit}}{64\,000 \frac{\text{bit}}{\text{s}}} \\ &= 131,072 \text{ s} + 0,128 \text{ s} = 131,2 \text{ s} \end{aligned}$$



# Aufgabe 2.4 a) - Lösung

## 2. Mit Multiplexing (Paketgröße berücksichtigen):

$$\text{Zeit pro Paket: } \frac{800 \text{ bit}}{64\,000 \frac{\text{bit}}{\text{s}}} = 0,0125 \text{ s}$$

Rechner A:

$$\frac{1024 * 1024 \text{ Byte}}{100 \text{ Byte}} = 10\,486 \text{ Pakete}$$

$$(10\,486 \text{ P} + 11 \text{ P}) * 0,0125 \frac{\text{s}}{\text{P}} = 131,2125 \text{ s}$$

Rechner B:

$$\frac{1024 \text{ Byte}}{100 \text{ Byte}} = 11 \text{ Pakete}$$

$$(11 \text{ P} + 11 \text{ P}) * 0,0125 \frac{\text{s}}{\text{P}} = 0,275 \text{ s}$$

# Aufgabe 2.4 b) - Lösung

64 000 bps, 1 MiB, 1 MiB

---

$$\begin{aligned} 1 \text{ MiB} &= 1024 \text{ KiB} = 1024 * 1024 \text{ Byte} \\ &= 1024 * 1024 * 8 \text{ bit} = 8\,388\,608 \text{ bit} \end{aligned}$$

## 1. Ohne Multiplexing (es gibt keine Pakete!):

Rechner A: 
$$\frac{8\,388\,608 \text{ bit}}{64\,000 \frac{\text{bit}}{\text{s}}} = 131,072 \text{ s}$$

Rechner B: 
$$\begin{aligned} &131,072 \text{ s} + \frac{8\,388\,608 \text{ bit}}{64\,000 \frac{\text{bit}}{\text{s}}} \\ &= 131,072 \text{ s} + 131,072 \text{ s} = 262,144 \text{ s} \end{aligned}$$

# Aufgabe 2.4 b) - Lösung

## 2. Mit Multiplexing (Paketgröße berücksichtigen):

Zeit pro Paket:  $\frac{800 \text{ bit}}{64\,000 \frac{\text{bit}}{\text{s}}} = 0,0125 \text{ s}$

Rechner A:

$$\frac{1024 * 1024 \text{ Byte}}{100 \text{ Byte}} = 10\,486 \text{ Pakete \& 10485 sendet B}$$

$$(10\,486 \text{ P} + 10\,485 \text{ P}) * 0,0125 \frac{\text{s}}{\text{P}} = 262,1375 \text{ s}$$

Rechner B:

$$\frac{1024 * 1024 \text{ Byte}}{100 \text{ Byte}} = 10\,486 \text{ Pakete \& 10486 sendet A}$$

$$(10\,486 \text{ P} + 10\,486 \text{ P}) * 0,0125 \frac{\text{s}}{\text{P}} = 262,15 \text{ s}$$

# Aufgabe 2.4 - Lösung

## Zusammenfassung:

Voraussetzung: Rechner A sendet zuerst und überträgt eine große Menge Daten

	Rechner B überträgt ebenfalls eine etwa gleich große Menge Daten	Rechner B überträgt eine wesentlich kleinere Menge Daten
Ohne Multiplexing	Rechner B muss warten, bis Rechner A fertig ist	Rechner B muss warten, bis Rechner A fertig ist
Mit Multiplexing	Kein wesentlicher Unterschied zur Übertragung ohne Multiplexing	Rechner B ist wesentlich schneller fertig als ohne Multiplexing - gefühlt als hätte er den Kanal allein

# Aufgabe 2.5

- a) Was sind Ethernet Frames?
- b) Wie sind Frames aufgebaut? Nennen Sie die Bestandteile und deren Funktion!

## Aufgabe 2.5 a) - Lösung

Der Begriff **Paket** beschreibt die Unterteilung von zu übertragenden Daten in kleine Blöcke, wobei das exakte Format eines Pakets nicht bestimmt wird.

Ein Paket, mit dessen Hilfe Daten übertragen werden, das durch ein eindeutiges Format und weitere Details eines **spezifischen Netzwerktyps** (einer **Netzwerktechnologie**) definiert ist, wird **Frame (Rahmen)** genannt.

# Aufgabe 2.5

- a) Was sind Ethernet Frames?
- b) Wie sind Frames aufgebaut? Nennen Sie die Bestandteile und deren Funktion!

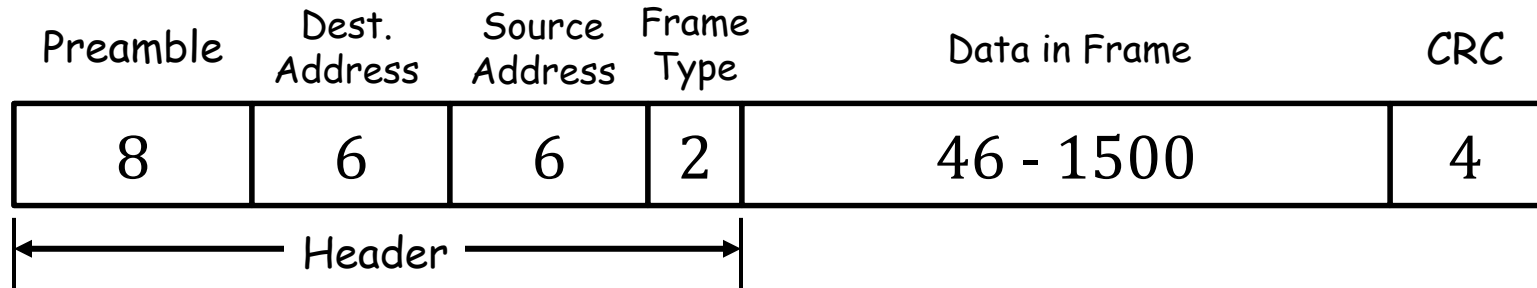
# Aufgabe 2.5 b) - Lösung

Ein beispielhaftes Frameformat hat folgende Bestandteile:

- ❑ Das Frame beginnt mit einem **Header**
  - ❖ Der Headers kann mit einer **Präambel** beginnen, die zur Synchronisation zwischen Sender und Empfänger dient.
  - ❖ Es folgen zwei Adressfelder. Sie enthalten die **Quell-** und die **Zieladresse** des Frames.
  - ❖ Abschließend kann ein **Typfeld** folgen, das die Daten spezifiziert.
- ❑ An den Header schließt sich der Datenbereich (**Payload**) an, also die eigentlich zu übertragenden Daten.
- ❑ Hinter dem Payload-Feld befindet sich ein **Check - Feld** zur Fehlererkennung.



# Ergänzung - Ethernet Frame



Feld	Zweck
Preamble	Receiver-Synchronisation
Dest. addr.	Identifiziert Receiver
Source addr	Hardwareadresse des Senders
Frame type	Typ der Rahmendaten (z.B. 0x0800 für IP Internet Protocol, Version 4 (IPv4).
Data	Rahmennutzdaten
CRC	32-bit CRC-Code (Cyclic Redundancy Check-Code) zur Übertragungsfehlererkennung

# Ergänzung

Nennen und erläutern Sie das Synchronisationsverfahren, welches in einem Ethernet verwendet wird!

# Ergänzung - Lösung

In einem Ethernet wird als Synchronisationsverfahren CSMA (Carrier Sense with Multiple Access) eingesetzt.

## Funktionsweise:

- ❑ es gibt keinen zentralen Controller, der den Zugriff regelt
- ❑ CSMA ist ein verteiltes Koordinationsschema, an dem alle angeschlossenen Computer beteiligt sind
- ❑ während der Rahmenübertragung sendet der Computer zum Kodieren der Bits elektrische Signale, die Träger (Carrier) genannt werden (aber im strengen Sinne von wohl definierten Trägerwellen unterscheiden) in das Medium
- ❑ sendet kein Computer, sind keine Signale im Medium
- ❑ jeder Computer kann vor dem Senden testen, ob schon ein Träger (Carrier) im Medium ist
- ❑ ist kein Träger im Medium. kann der Computer senden
- ❑ ist ein Träger getestet, muss der Computer vor dem Senden warten, bis das Medium frei ist.

# Ergänzung - Lösung

Die Suche nach einem Träger wird Trägerabtastung genannt (*Carrier Sense*).

Da mehrerer Computer gleichzeitig angeschlossen sind (*Multiple Access*) heißt das Konzept, das Vorhandensein eines Signales zur Feststellung heranzuziehen, wann übertragen werden kann:

*Carrier Sense with Multiple Access*

# Ergänzung

Welcher Algorithmus kommt zum Einsatz, um beim CSMA/CD Verfahren nach einer Kollision fortzufahren und erneute Kollisionen (Mehrfachkollisionen) zu vermeiden? Geben Sie eine kurze Erläuterung an.

# Ergänzung - Lösung

Im Ethernet kommt ein Mechanismus mit der Bezeichnung **CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect)** zum Einsatz, das zusätzlich Kollisionssituationen nicht nur erkennen, sondern auch auflösen kann.

Der dabei verwendeten Algorithmus heißt:

**binäres exponentielles Backoff**

## **Erläuterung:**

Nachdem ein Computer beim Senden eine Kollision festgestellt hat, sendet er den beschädigten Rahmen erneut.

Bevor er das tut, verzögert er jedoch um eine zufällig gewählte Zeit, die sich nach weiteren Kollisionen erhöhen kann.

# Ergänzung - Lösung

**Genauer:**

Sei  $d$  eine vorher festgelegte Verzögerung.  
Computer wählt nach der ersten Kollision zufällige Verzögerung  
aus dem Intervall  $0 \dots d$

Sollte eine erneute Kollision auftreten, wird das Intervall  $0 \dots d$   
verdoppelt:

Computer wählt nach der zweiten Kollision also eine zufällige  
Verzögerung zwischen  $0 \dots 2d$

Sollte eine erneute Kollision auftreten, wird das Intervall  $0 \dots 2d$   
wiederum verdoppelt:

Computer wählt nach der dritten Kollision demnach eine zufällige  
Verzögerung zwischen  $0 \dots 4d$

usw.

# Ergänzung

Ist es sinnvoll, bei FDDI das CSMA/CD Zugriffsverfahren zu benutzen? Begründen Sie Ihre Antwort.



# Ergänzung - Lösung

Nein, das ist nicht sinnvoll.

FDDI (Fiber Distributed Data Interface) Netzwerke sind Token-Ring Netzwerke, d.h. die Zugriffsrechtevergabe wird durch **Token-Passing** geregelt.

Beim Token-Passing wird das Senderecht durch das Token vergeben. Damit ist klar geregelt, dass nur der senden darf, der das Token hat.

Das im Ethernet eingesetzte Verfahren Carrier Sense with Multiple Access "hört in die Leitung" um das Senden zu erlauben. Durch die Verwendung des Tokens ist das aber überflüssig.

Auch das im Ethernet verwendete Verfahren Collision Detection zur Kollisionserkennung und -behebung ist überflüssig, da sowieso nur die eine Station, die das Token hat, senden darf. Damit ist von vornherein ausgeschlossen, dass es Kollisionen gibt.