

# Bussysteme

## Vorlesungsmitschrieb

des Studiengangs

## Informationstechnik

von

Jan Ulses

23. Februar 2015

---

Dozent:	Jürgen Röthig
E-Mail:	jr@roethig.de
Vorlesungszeitraum:	09.02.15 - 10.05.15
Klausurtermin:	04.05.2015
Autor:	Jan Ulses
Kurs:	TINF12B3
Ausbildungsfirma:	Harman/Becker Automotive Systems GmbH
Studiengangsleiter:	Jürgen Vollmer

---

---

# Abbildungsverzeichnis

---

1.1	Stern-Topologie . . . . .	5
1.2	Ring-Topologie . . . . .	6
1.3	Bus-Topologie . . . . .	6
1.4	Maschen-Topologie . . . . .	6
1.5	Baum-Topologie . . . . .	7
1.6	Linien-Topologie . . . . .	7
1.7	Kollisionserkennung CSMA/CD . . . . .	9

---

# Tabellenverzeichnis

---

1.1	Einordnung von Technologien in Bussysteme . . . . .	7
-----	-----------------------------------------------------	---

---

## Vorwort

---

Dieser Vorlesungsmitschrieb ist im 6.Semester des Studiengangs Informationstechnik an der DHBW-Karlsruhe entstanden und wurde mit  $\text{\LaTeX}$  verfasst. Die Quelldateien sind [hier](#) in einem GIT-Repository zu finden.

Das Fach Bussysteme behandelt das Thema eines Datenbus. Dieser überträgt Daten zwischen Computerbestandteilen innerhalb eines Computers oder zwischen verschiedenen Computern. Anders als bei einem Anschluss, bei dem ein Gerät mit einem anderen Gerät über eine oder mehrere Leitungen verbunden ist, kann ein Bus mehrere Peripheriegeräte über den gleichen Satz von Leitungen miteinander verbinden.

Besonderer Dank geht an meinen Arbeitskollegen Sascha Moser, der hier für Grafiken und Anpassungen des Mitschriebs ausgeholfen hat.

Ein Dank geht auch an die Kommilitonen, welche in jeder Vorlesung ein Vorlesungsmitschrieb auf Google-Docs aktualisiert haben. Dieses konnte wunderbar bei Vorlesungsversäumnissen zum Nachtragen in dieses Dokument genutzt werden und kann [hier](#) eingesehen werden.



---

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>I</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>II</b>
<b>Vorwort</b>	<b>III</b>
<b>1 Grundlagen</b>	<b>5</b>
1.1 Wortherkunft . . . . .	5
1.2 Topologien von „Computernetzen“ . . . . .	5
1.3 Verwenden alle „Bussysteme“ eine Bustopologie? . . . . .	7
1.4 Spezielle Aufgaben von Bussystemen . . . . .	8
1.5 Entwicklung eines Medienzugriffsverfahrens am Bsp. CSMA/CD . . . . .	8
1.6 Bussysteme . . . . .	10
1.7 Allgemeine Anforderungen/Aufgaben . . . . .	10

# KAPITEL 1

---

## Grundlagen

---

### 1.1 Wortherkunft

**Bus** „omnibus“ lat. „für alle“

**hier:** Kommunikationsmedium „für alle“

**klass. „shared medium“:** Was einer der Teilnehmer auf dem Medium sendet, hören (potentiell) alle Teilnehmer gleichzeitig mit.

### 1.2 Topologien von „Computernetzen“

Stern



**Abbildung 1.1:** Stern-Topologie

Es gibt einen zentralen „Sternverteiler“ in der Mitte und dedizierte Leitungen von diesem zu jedem der Teilnehmer. Üblicherweise ist der Sternverteiler nicht auch ein „normaler Teilnehmer“.

## Ring



Abbildung 1.2: Ring-Topologie

Jeder Teilnehmer hat genau einen Vorgänger und einen Nachfolger, mit denen er jeweils verbunden ist.

## Bus

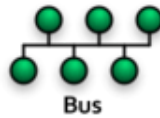


Abbildung 1.3: Bus-Topologie

Es gibt lediglich eine „Leitung“ als „shared medium“, mit welchem jeder Teilnehmer über eine „Stichleitung“ verbunden ist.

## Maschennetz

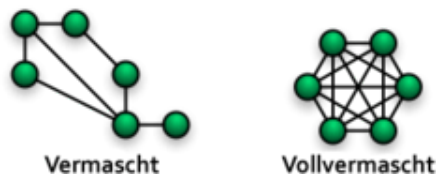


Abbildung 1.4: Maschen-Topologie

Jeder Teilnehmer hat zu beliebig vielen anderen Teilnehmern jeweils eine dedizierte Verbindung. Beim Spezialfall Vollvermascht hat jeder Teilnehmer eine Verbindung zu jedem anderen Teilnehmer.



Abbildung 1.5: Baum-Topologie

## Baum

Die Baumtopologie ist eine hierarchische Topologie. Ausgehend von einem „Wurzel Teilnehmer“ gibt es jeweils ein oder mehrere Verbindungen zu Teilnehmern der nächsten Hierarchieebene.

## Linie



Abbildung 1.6: Linien-Topologie

Jeder Teilnehmer ist mit maximal zwei Teilnehmern verbunden. Es gibt einen Anfang und ein Ende.

## 1.3 Verwenden alle „Bussysteme“ eine Bustopologie?

Bustopologie	Bustopologie
Ethernet in BNC-Verkabelung	USB: Baum
ProfiBus	MOST: Ring
WLAN	Ethernet in TP-Verkabelung: Baum
IDE (P-Data)	(S-ATA)
PCI	(PCI-Express)
SCSI	(SAS (Seriell Attached SCSI))
	Firewire: vermaschtes Netz mit Einschränkungen

Tabelle 1.1: Einordnung von Technologien in Bussysteme

Viele der heutigen „Bussysteme“ sind physikalisch keine Busse, sondern nur noch logisch/protokolltechnisch auf einer höheren Ebene.



## 1.4 Spezielle Aufgaben von Bussystemen

Speziell bei Bussystemen zu lösende Aufgaben:

- Medienzugriff
- Adressierung

## 1.5 Entwicklung eines Medienzugriffsverfahrens am Bsp. CSMA/CD

**ALOHA** (erstes Bussystem für die Entwicklung des CSMA/CD): Bei Bedarf wird gesendet.

Problem: Zwei oder mehr Sender können gleichzeitig senden, dadurch werden alle Sendungen gestört und müssen verworfen werden.

Aufgrund der nicht zu hohen Anzahl an Teilnehmern und der geringen Datenmenge ist die Kollisionswahrscheinlichkeit gering und das Verfahren funktioniert trotzdem (Kollision muss auf höherer Protokollebene durch zweiten Sendeversuch erkannt und behoben werden).

**Slotted ALOHA** (Weiterentwicklung des ALOHA): Die Verfügbarkeit des Mediums wird in Zeitschlitz eingeteilt (synchron für alle Teilnehmer), dabei umfasst jede Sendung genau einen Zeitschlitz.

⇒ verringerte Kollisionswahrscheinlichkeit, da Kollisionen nur zu Beginn des Zeitschlitzes und nicht mehr in dessen Verlauf stattfinden können

⇒ nur genau dieser Zeitschlitz ist von der jeweiligen Kollision betroffen.

**CSMA** (Carrier Sense Multiple Access): Vor dem Beginn der Übertragung wird der Übertragungskanal abgehört, ob bereits eine Sendung stattfindet.

Falls Ja ⇒ späterer Versuch

Falls Nein ⇒ Sendeversuch möglich

**Achtung:** CSMA ist nur als Weiterentwicklung von “Unslotted” ALOHA möglich. Bei Slotted ALOHA ist der Übertragungskanal unmittelbar zu Beginn des Zeitschlitzes immer frei!

⇒ CSMA bringt in diesem Fall keinen Vorteil!

Jetzt: Kollisionen können nur “quasi-gleichzeitig” stattfinden, d.h. innerhalb eines Zeitfensters, welches der Signalverzögerung zwischen den beiden an der Kollision beteiligten Stationen entspricht.

Vorher bei Slotted ALOHA: Kollision immer dann, wenn während des gesamten vorherigen Zeitschlitzes bei zwei oder mehreren Stationen ein Übertragungswunsch entstanden ist.

⇒ CSMA reduziert die Kollisionswahrscheinlichkeit, sofern die Übertragungsverzögerung kürzer als ein Zeitschlitz bei Slotted ALOHA ist.

**CSMA/CD** (CSMA with Collision Detection): Kollisionserkennung, man hört den Übertragungskanal auch während der eigenen Übertragung ab und vergleicht das gesendete mit dem empfangenen Signal. Ungleichheit bedeutet Kollision.

Sender, welcher die Kollision erkennt bricht die Übertragung ab und sendet stattdessen ein sog. JAM Signal, welches den anderen Stationen (insbesondere den Empfängern) signalisiert, dass eine Kollision stattgefunden hat und die bisherige Sendung verworfen werden muss.

⇒ keine Verringerung der Kollisionswahrscheinlichkeit

⇒ Verkürzung der Zeitdauer in der der Übertragungskanal mit Störung (und damit nutzlos) belegt ist, weil direkt abgebrochen wird



Abbildung 1.7: Kollisionserkennung CSMA/CD

Zur sicheren Kollisionserkennung muss die Mindestlänge eines Paketes auch und gerade beim 1. Sender die doppelte Signalverzögerung aufweisen ⇒ ansonsten bekommt der 1. Sender das JAM Signal des zweiten Senders erst nach dem Ende seiner eigenen Übertragung mit ⇒ zu spät.

**Zahlenwert** ("klassisches CSMA/CD"):

- Übertragungsverzögerung:  $12,5\mu s$
- max. Ausdehnung:  $\approx 2500m$
- Übertragungsrate:  $10MBit/s$
- Geschwindigkeit in einem Kupferkabel:  $200000km/s$

$$v = st \Rightarrow t = sv$$

$$v \approx \frac{2}{3}c \approx 2 * 10^8 \frac{m}{s}$$

$$t = \frac{2500m}{200 * 10^6 \frac{m}{s}} = 12,5s$$

$$r = \frac{m}{t} : \text{Speichermenge(inbit)}$$

$$m = r * t = 125bit \approx 16Byte$$

- in der Realität 42 oder 46 Byte
- Folgerung für Fast Ethernet (100Mbit/s):

keine größere minimale Datenmenge!

sondern kleinere “Kollisionsdomänen”

mehrere Kollisionsdomänen müssen über Switches (“Store and Forward”) und nicht einfach Hubs (Signalverstärker) verbunden werden!

- Folgerung für Gigabit Ethernet (1Gbit/s):

für jede Übertragungsrichtung zwischen jeweils zwei Geräten (Endgerät oder Switch - kein HUB erlaubt) gibt es einen eigenen Übertragungskanal  $\Rightarrow$  Vollduplex  $\Rightarrow$  keine Kollisionen möglich!

## 1.6 Bussysteme

Bus  $\equiv$  Rundsendungsmedium Aufgaben:

- Medienzugriff
- Adressierung
- Synchronisierung zwischen Sender und Empfänger

## 1.7 Allgemeine Anforderungen/Aufgaben

- Übertragung
  - synchron = getaktet Die Übertragung findet in einem festen Zeitraster statt, d.h. zwischen zwei aufeinanderfolgenden Übertragungen vergeht immer dieselbe Zeit ( $\Rightarrow$  Takt).
  - Beispiele für synchron:
    - \* RS232 (serielle Schnittstelle)  
Takt: Baudrate, d.h. Schritte pro Sekunde  
in jedem Schritt wird maximal ein bit übertragen  
 $\Rightarrow$  (bit-)serielle Schnittstelle  
 $\Rightarrow$  bitrate  $\hat{=}$  Baudrate  
Möglichkeiten zu getakteter Übertragung:
      - Taktleitung
      - verbindliche Vereinbarung (hier verwendet) dann aber notwendig:  
Erstsynchronisation zu Beginn, danach regelmäßige Nachsynchronisation (wegen Ungenauigkeit der Taktgeber)  
Eine Signalleitung für jede Richtung ausreichend  
Signale: elektrische Spannung
  - asynchron = bedarfsgesteuert Jede Übertragung beginnt unabhängig vom Zeitpunkt der vorherigen Übertragung, d.h. dann, wenn beide zur Übertragung bereit sind.

- Beispiele für asynchron: