



Systeme II

**6. Vorlesungswoche
02.06. – 06.06.2008**

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Christian Schindelhauer
Sommer 2008

Systeme II

Kapitel 4

Mediumzugriff in der Sicherheitsschicht

CSMA und Übertragungszeit

▶ CSMA-Problem:

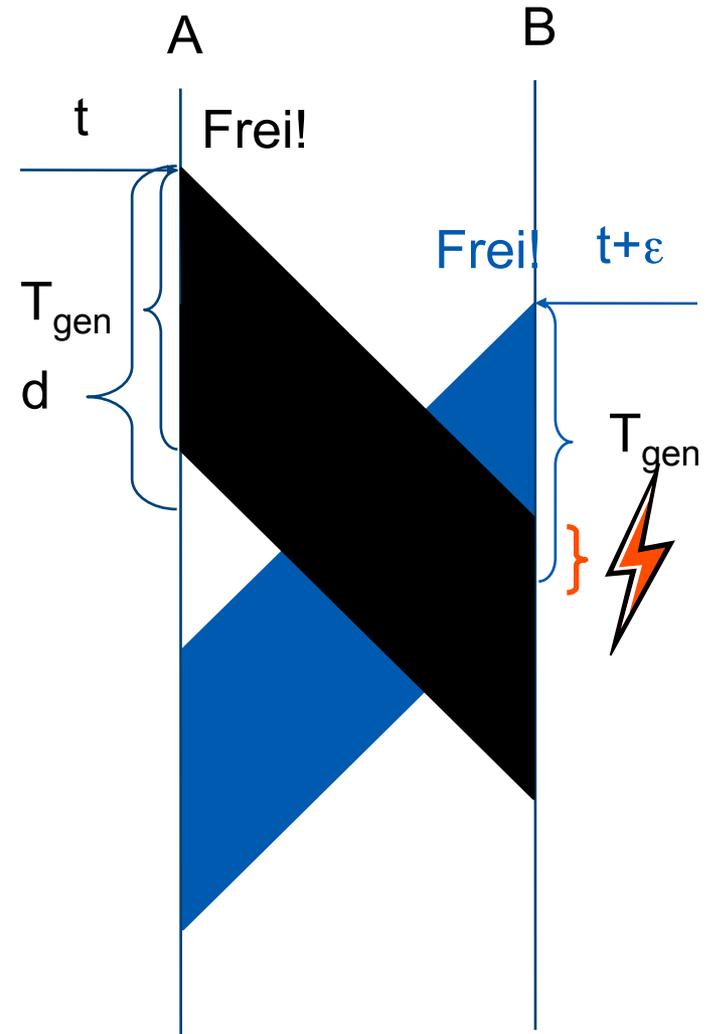
- Übertragungszeit d (propagation delay)

▶ Zwei Stationen

- starten Senden zu den Zeitpunkten t und $t+\varepsilon$ mit $\varepsilon < d$
- sehen jeweils einen freien Kanal

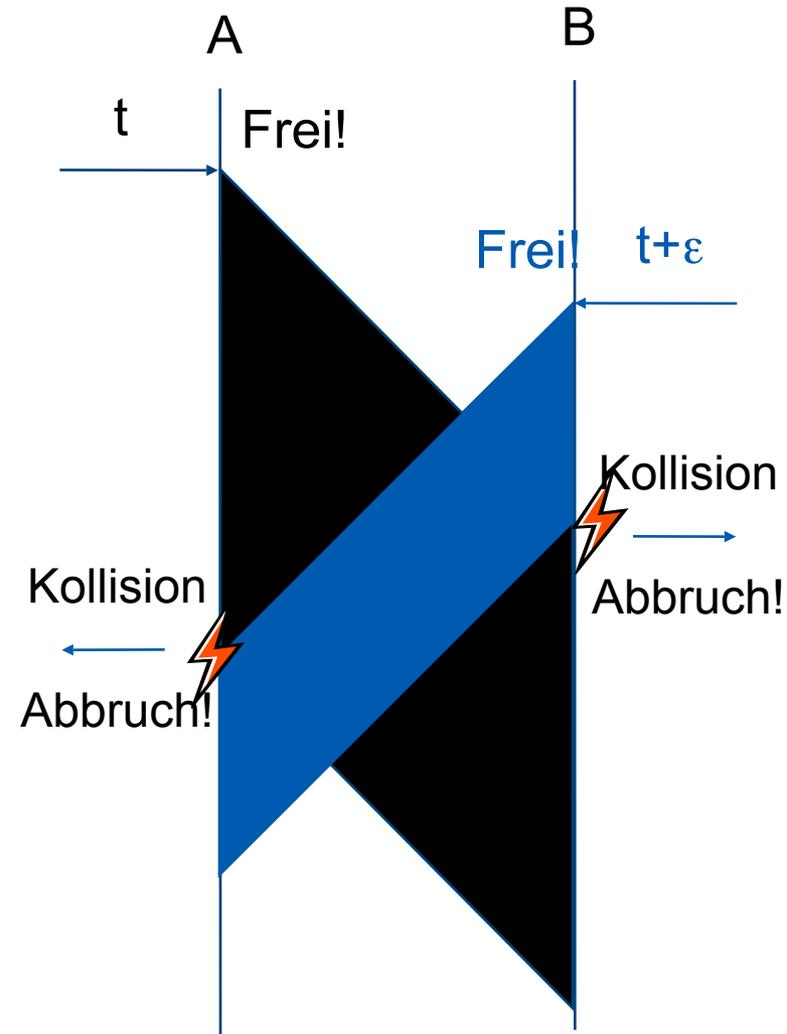
▶ Zweite Station

- verursacht eine Kollision



Kollisionserkennung – CSMA/CD

- ▶ Falls Kollisionserkennung (collision detection) möglich ist,
 - dann beendet der spätere Sender seine Übertragung
 - Zeitverschwendung wird reduziert, da mindestens eine Nachricht (die erste) übertragen wird
- ▶ Fähigkeit der Kollisionserkennung hängt von der Bitübertragungsschicht ab
- ▶ CSMA/CD – Carrier Sense Multiple Access/ Collision Detection
- ▶ Collision Detection
 - setzt gleichzeitiges Abhören des Kanals nach Kollisionen voraus
 - Ist das was auf dem Kanal geschieht, identisch zu der eigenen Nachricht?



Phasen in CSMA/CD

▶ Leer-Phase (IDLE)

- Keine Station sendet einen Frame

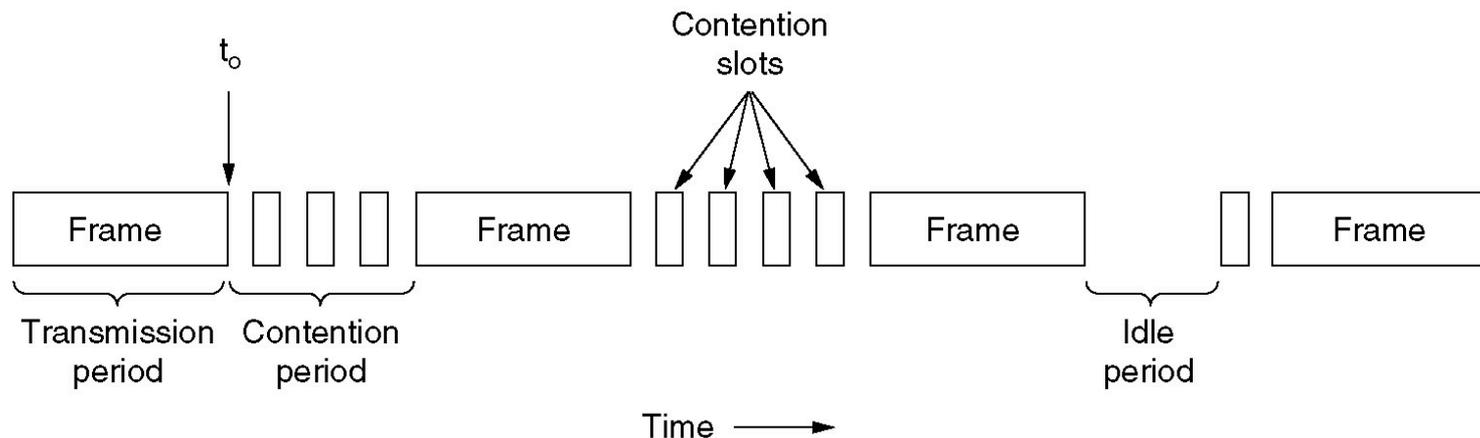
▶ Wettbewerbsphase (Contention Period)

- Kollisionen entstehen, Übertragungen werden abgebrochen

▶ Übertragungsphase (Transmission Period)

- Keine Kollision, effektiver Teil des Protokolls

→ Es gibt nur Wettbewerbs-, Übertragungsphasen und Leer-Phasen



Bestimmung der Warte-Zeit

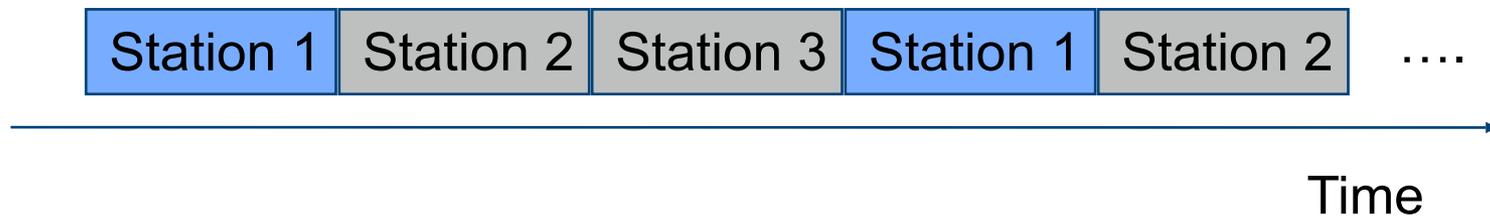
- ▶ **Nach der Kollision:**
- ▶ **Algorithmus binary exponential backoff**
 - $k:=2$
 - Solange Kollision beim letzten Senden
 - Wähle t gleichwahrscheinlich zufällig aus $\{0, \dots, k-1\}$
 - Warte t Zeit-Slots
 - Sende Nachricht (Abbruch bei Collision Detection)
 - $k:= 2 k$
- ▶ **Algorithmus**
 - passt Wartezeit dynamisch an die Anzahl beteiligter Stationen an
 - sorgt für gleichmäßige Auslastung des Kanals
 - ist fair (auf lange Sicht)

Der Mediumzugriff in der Sicherungsschicht

- ▶ **Statisches Multiplexen**
- ▶ **Dynamische Kanalbelegung**
 - Kollisionsbasierte Protokolle
 - **Kollisionsfreie Protokolle (contention-free)**
 - Protokolle mit beschränktem Wettbewerb (limited contention)
- ▶ **Fallbeispiel: Ethernet**

Wettbewerbfreie Protokolle

- ▶ **Einfaches Beispiel: Statisches Zeit-Multiplexen (TDMA)**
 - Jeder Station wird ein fester Zeit-Slot in einem sich wiederholenden Zeitschema zugewiesen
- ▶ **Nachteile bekannt und diskutiert**
- ▶ **Gibt es dynamische kollisionsfreie Protokoll?**



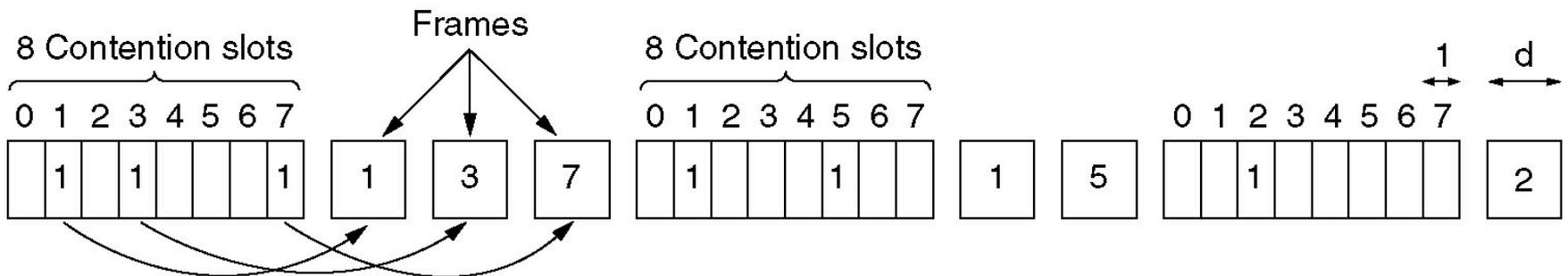
Bit-map Protokoll

► Probleme von TDMA

- Wenn eine Station nichts zu senden hat, dann wird der Kanal nicht genutzt

► Reservierungssystem: Bit-map protocol

- Kurze statische Reservierung-Slots zur Ankündigung
- Müssen von jeder Station empfangen werden



Bitmap-Protokolle

- ▶ **Verhalten bei geringer Last**
 - Falls keine Pakete verschickt werden, wird der (leere) Wettbewerbs-Slot wiederholt
 - Eine Station muss auf seinen Wettbewerbs-Slot warten
 - Erzeugt gewisse Verzögerung (delay)
- ▶ **Verhalten bei hoher Last**
 - Datenpakete dominieren die Kanalbelegung
 - Datenpakete sind länger als die Contention-Slots
 - Overhead ist vernachlässigbar
 - Guter und stabiler Durchsatz
- ▶ **Bitmap ist ein Carrier-Sense Protokoll!**

Der Mediumzugriff in der Sicherungsschicht

- ▶ **Statisches Multiplexen**
- ▶ **Dynamische Kanalbelegung**
 - Kollisionsbasierte Protokolle
 - Kollisionsfreie Protokolle (contention-free)
 - Protokolle mit beschränktem Wettbewerb (limited contention)
- ▶ **Fallbeispiel: Ethernet**

Protokolle mit beschränktem Wettbewerb

▶ Ziel

- geringe Verzögerung bei kleiner Last
 - wie Kollisionsprotokolle
- hoher Durchsatz bei großer Last
 - wie kollisionsfreie Protokolle

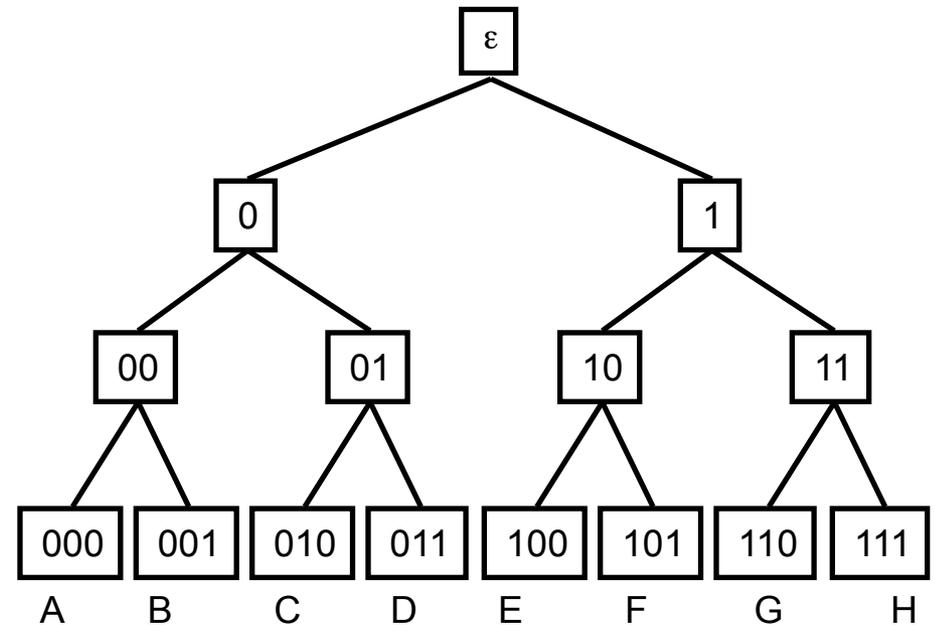
▶ Idee

- Anpassung des Wettbewerb-Slots (contention slot) an die Anzahl der teilnehmenden Stationen
- Mehrere Stationen müssen sich dann diese Slots teilen

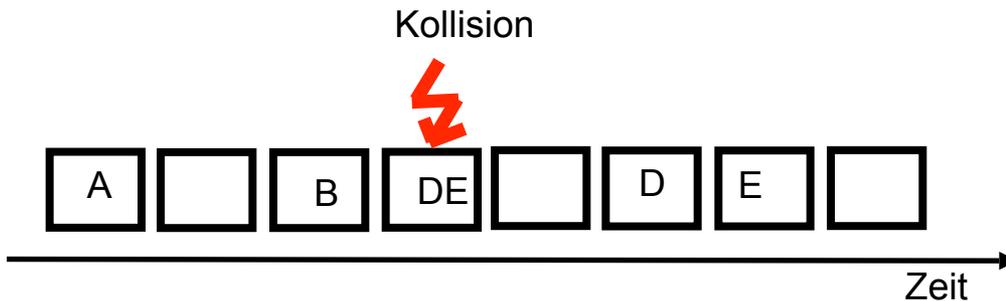
Adaptives Baumprotokoll

Voraussetzung

- ▶ **Adaptives Baumprotokoll (adaptive tree walk)**
- ▶ **Ausgangspunkt:**
 - Binäre, eindeutige Präsentation aller Knoten (ID)
 - Dargestellt in einem Baum
 - Synchronisiertes Protokoll
 - Drei Typen können unterschieden werden:
 - Keine Station sendet
 - Genau eine Station sendet
 - Kollision: mindestens zwei Stationen senden



Stationen

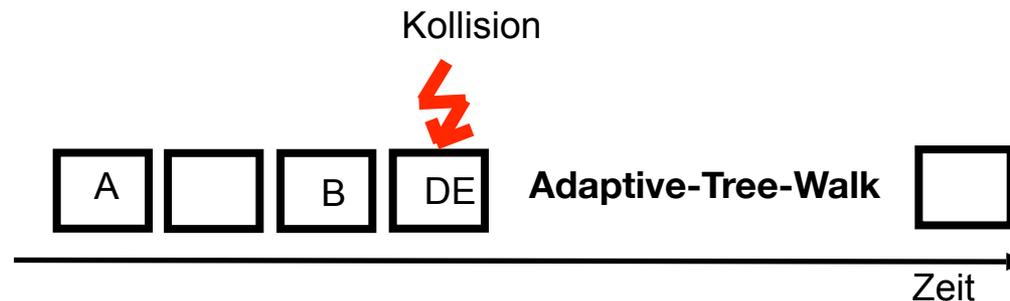


Adaptives Baumprotokoll

Basis-Algorithmus

► Basis-Algorithmus

- Jeder Algorithmus sendet sofort (slottet Aloha)
- Falls eine Kollision auftritt,
 - akzeptiert keine Station mehr neue Paket aus der Vermittlungsschicht
 - Führe Adaptive-Tree-Walk(ϵ) aus



Adaptives Baumprotokoll

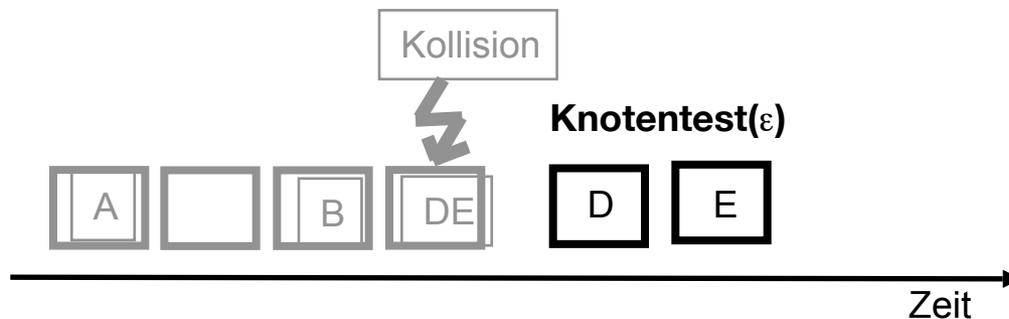
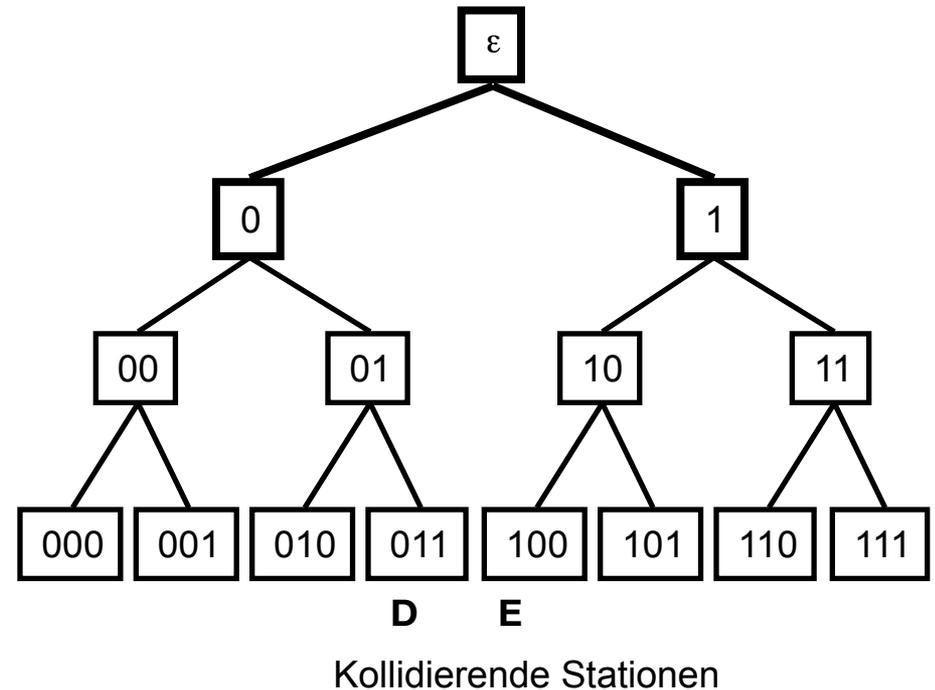
Knoten-Test

▶ Algorithmus Knoten-Test

- für Knoten u des Baums und
- kollidierende Menge S von Station

▶ Knoten-Test(u)

- Betrachte zwei Slots pro Knoten des Baums
- Im ersten Slot senden alle Knoten aus S , die mit ID $u0$ anfangen
- Im zweiten Slot senden alle Knoten aus S , die mit ID $u1$ anfangen



Adaptives Baumprotokoll

Kern-Algorithmus

▶ Algorithmus Knoten-Test

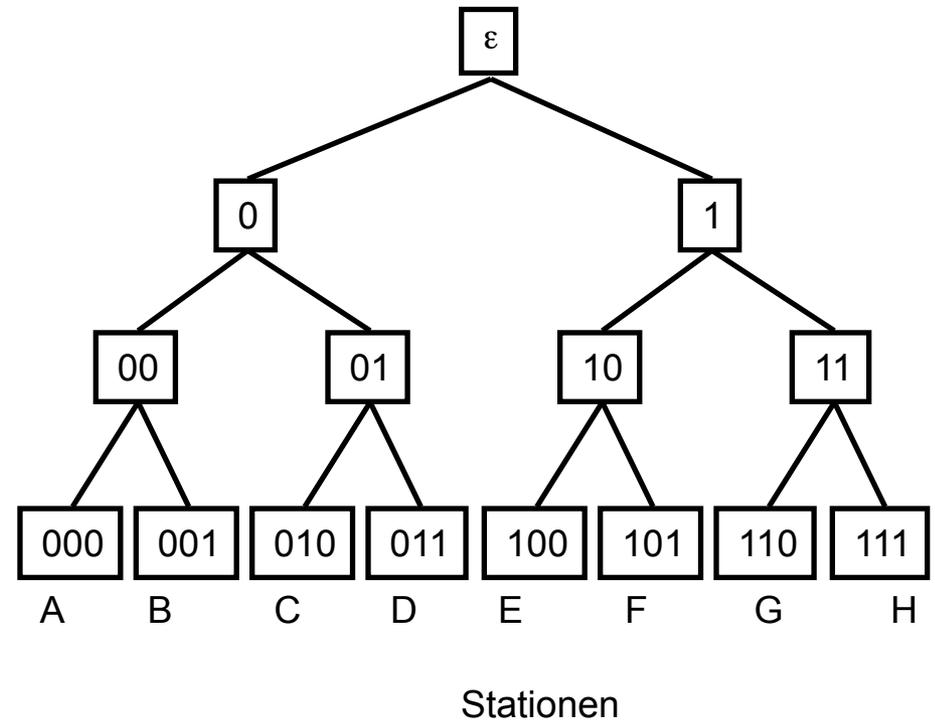
- für Knoten u des Baums und
- kollidierende Menge S von Station

▶ Knoten-Test(u)

- Betrachte zwei Slots pro Knoten des Baums
- Im ersten Slot senden alle Knoten aus S , die mit ID $u0$ anfangen
- Im zweiten Slot senden alle Knoten aus S , die mit ID $u1$ anfangen

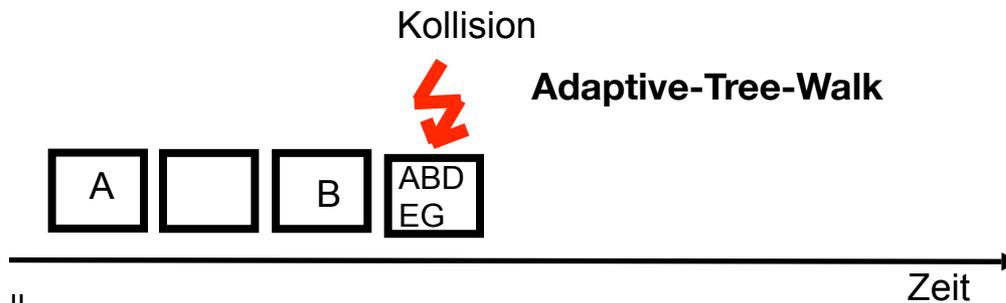
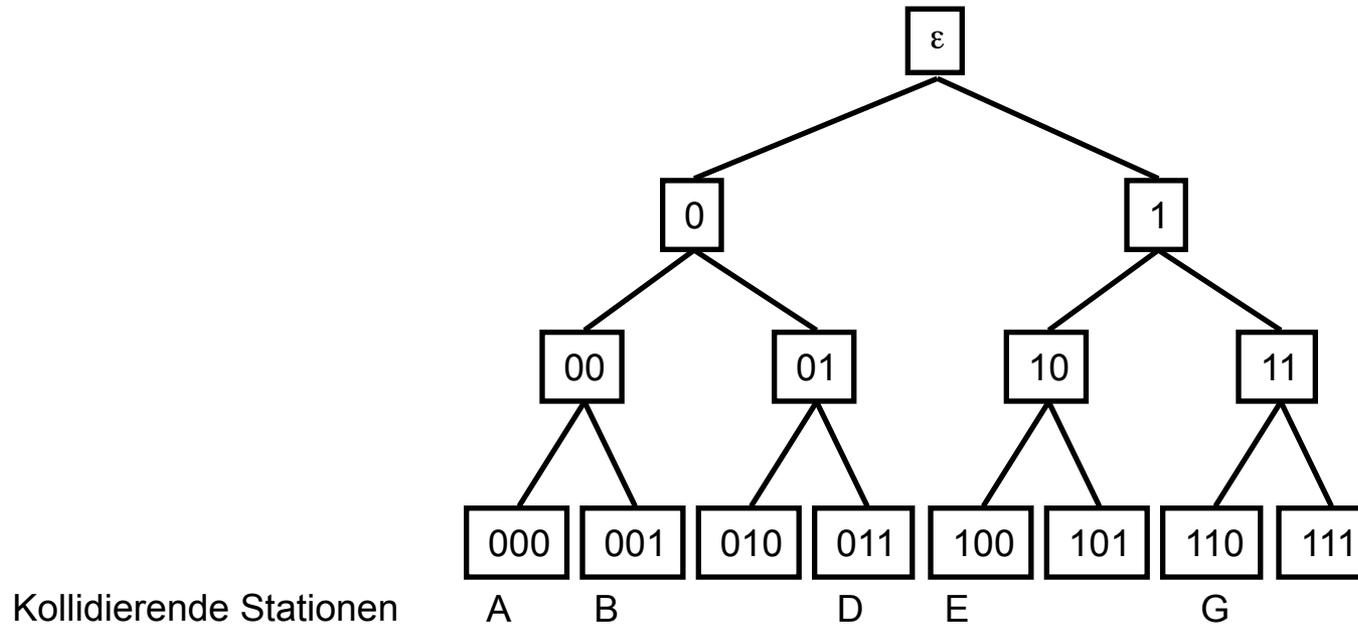
▶ Adaptive Tree Walk(x)

- Führe Knoten-Test(x) aus
- Falls Kollision im ersten Slot,
 - führe Adaptive-Tree-Walk($x0$) aus
- Falls Kollision im zweiten Slot,
 - Führe Adaptive-Tree-Walk($x1$) aus



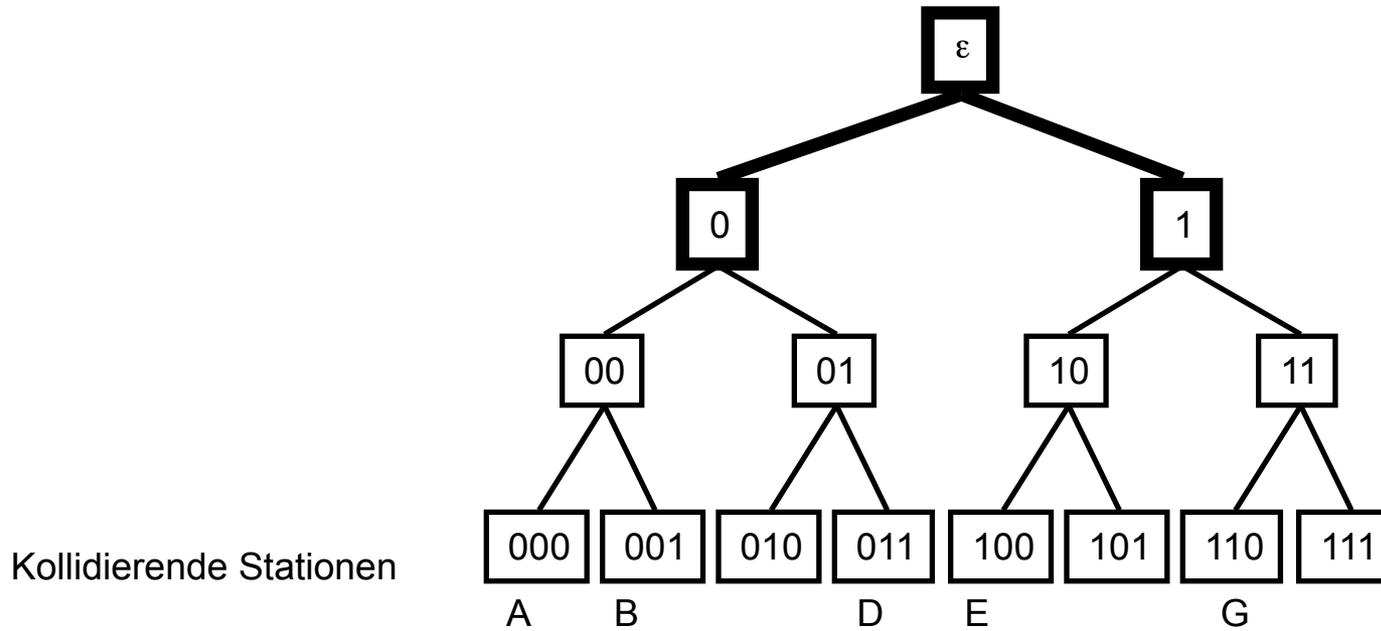
Adaptives Baumprotokoll

Beispiel (1)



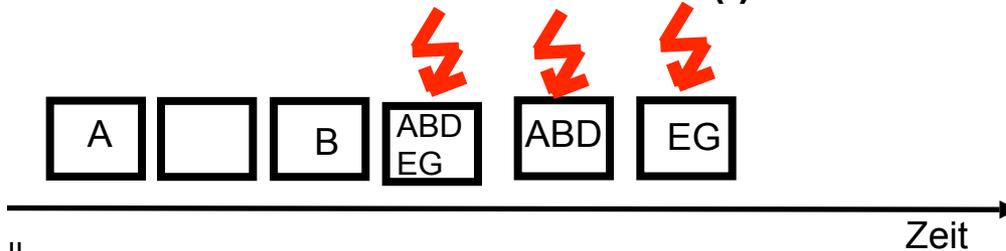
Adaptives Baumprotokoll

Beispiel (2)



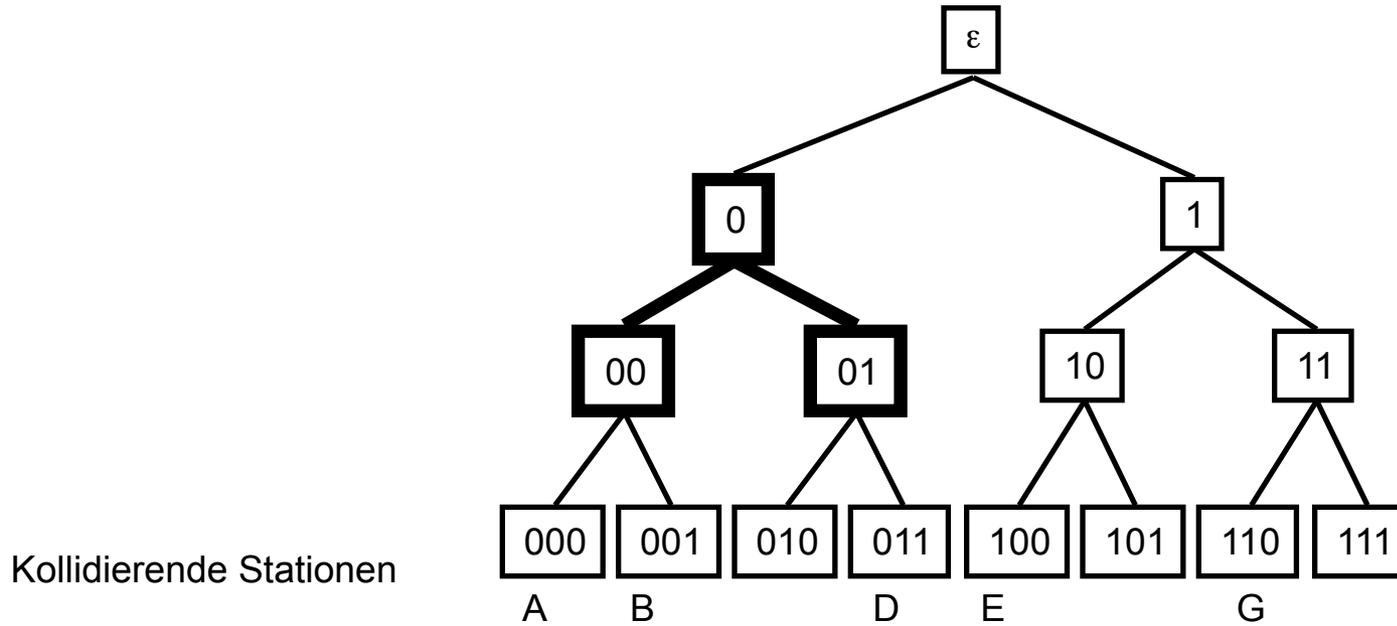
Adaptive-Tree-Walk

Knotentest(ϵ)



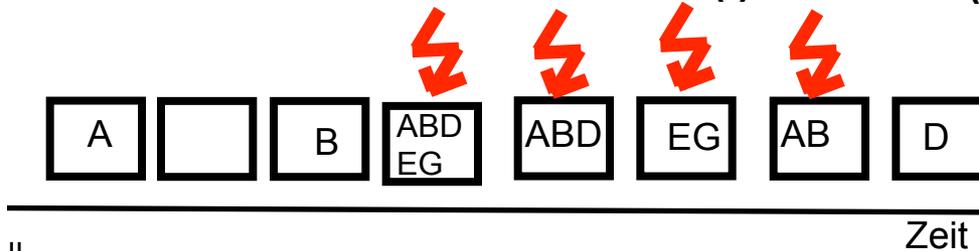
Adaptives Baumprotokoll

Beispiel (3)



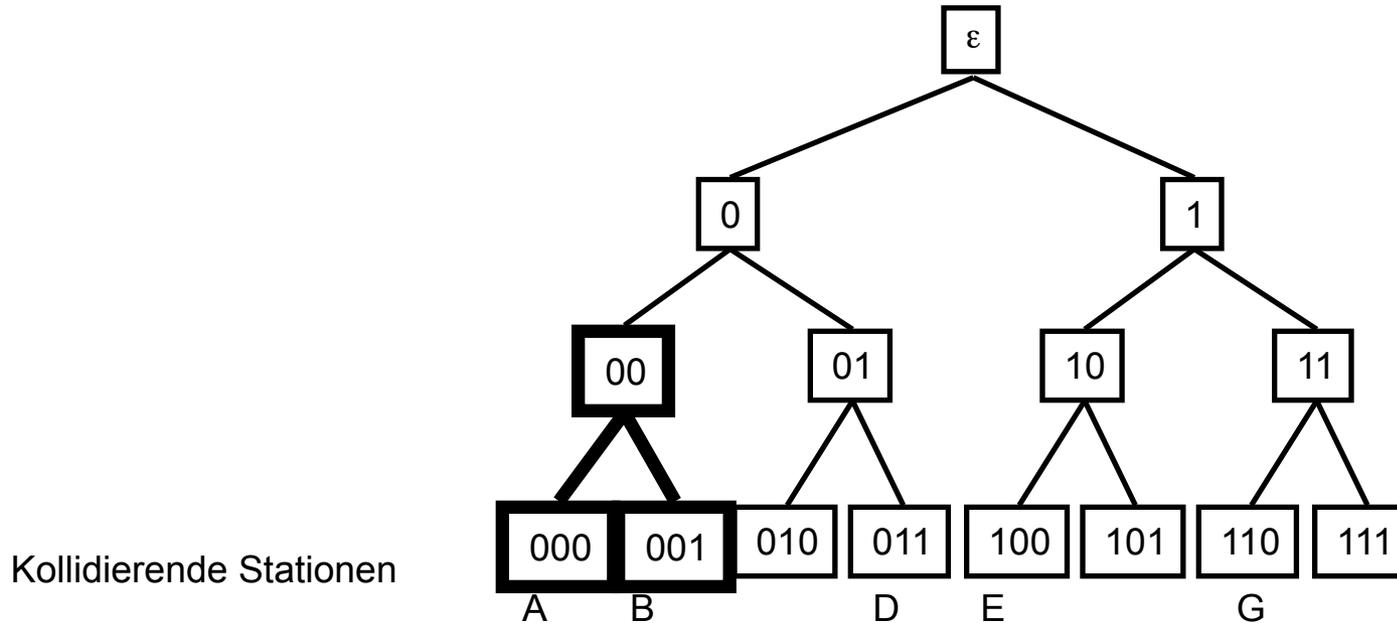
Adaptive-Tree-Walk

Knotentest(ϵ) Knotentest(0)



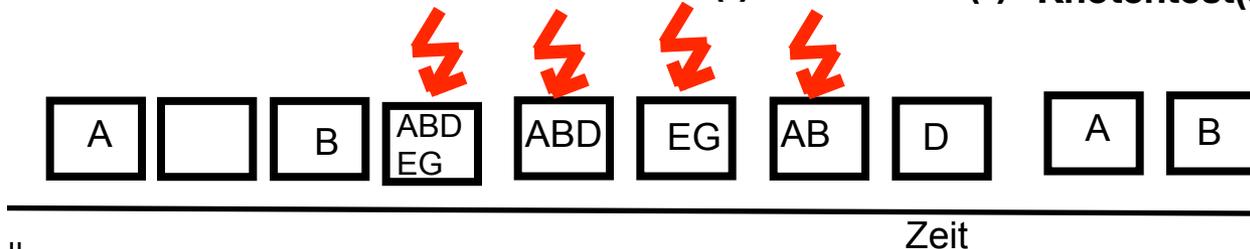
Adaptives Baumprotokoll

Beispiel (4)



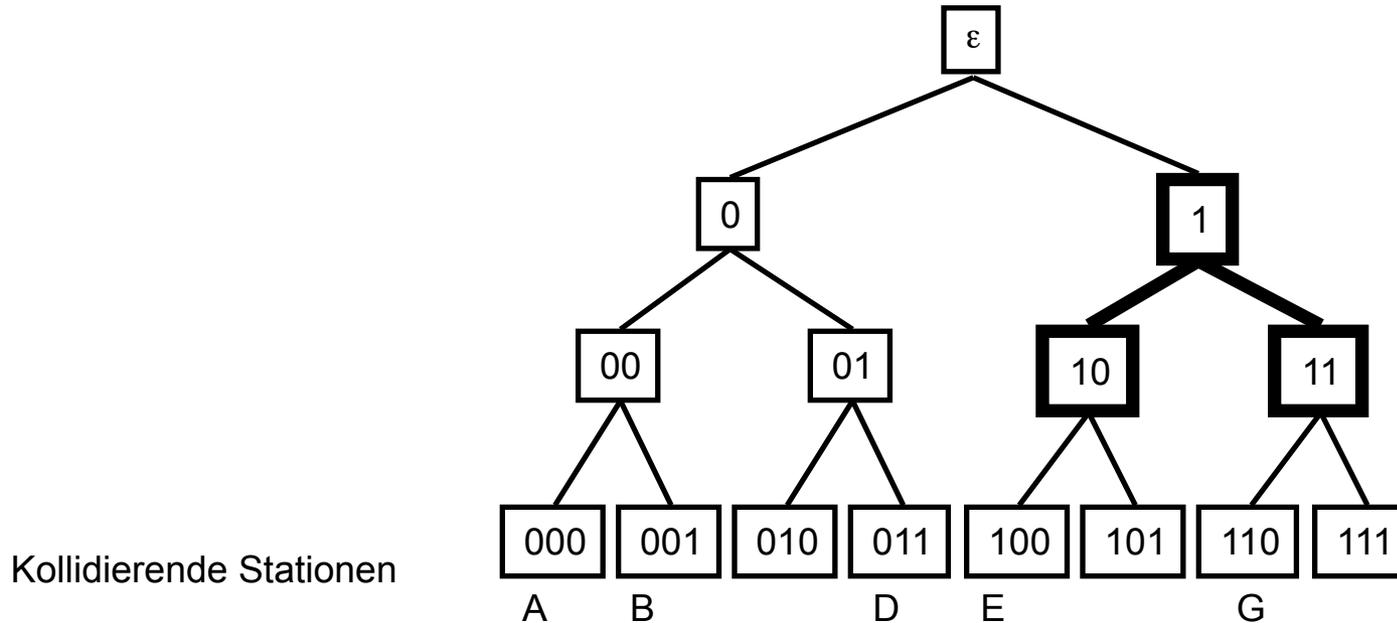
Adaptive-Tree-Walk

Knotentest(ϵ) Knotentest(0) Knotentest(00)

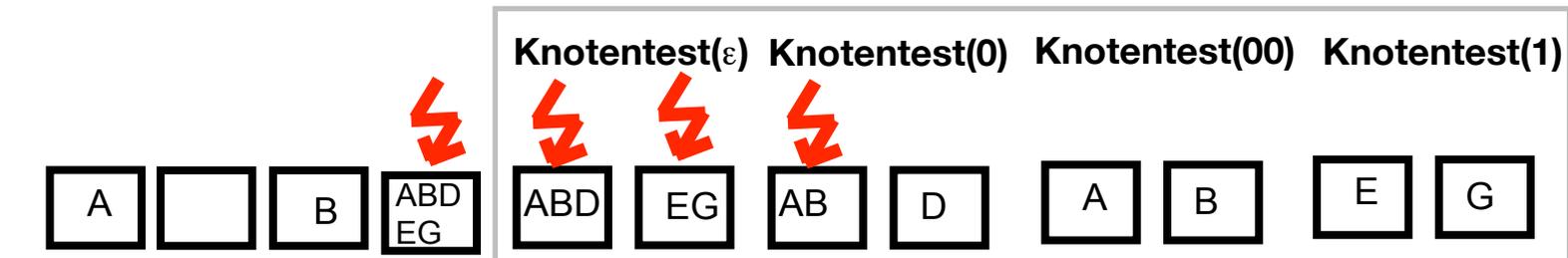


Adaptives Baumprotokoll

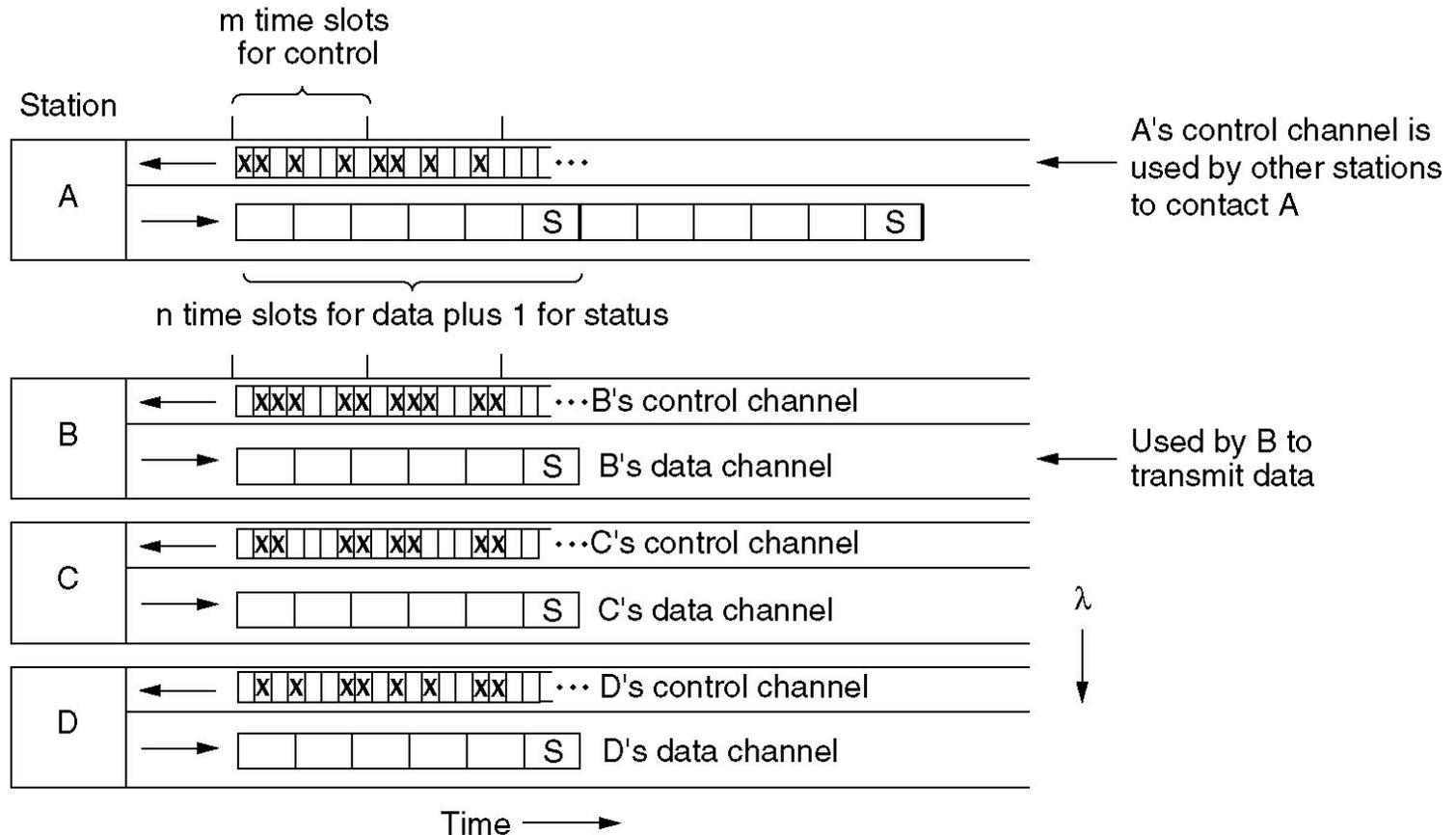
Beispiel (5)



Adaptive-Tree-Walk



Kollisionsfreier Zugriff in der drahtlosen Kommunikation



Spezielle Probleme in drahtlosen Netzwerken

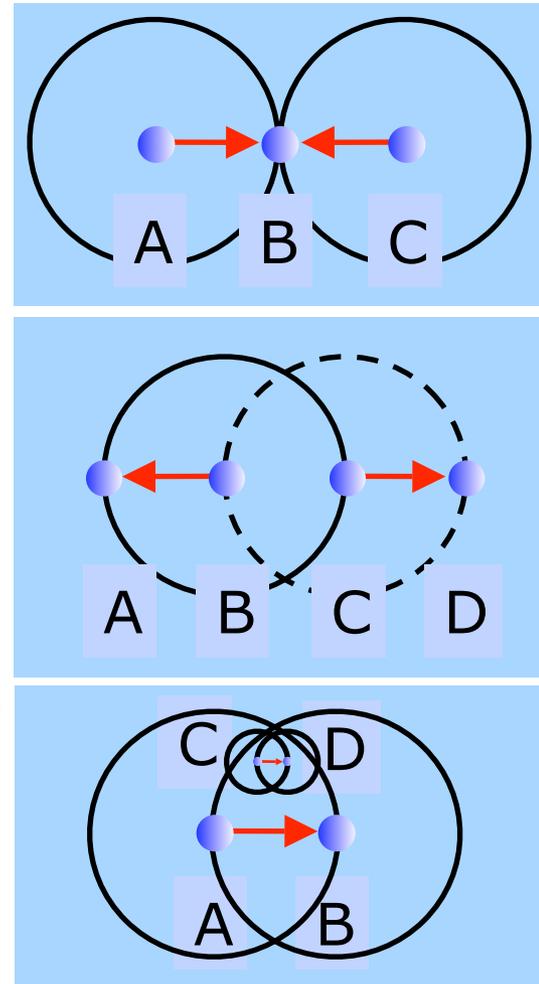


A wireless LAN. (a) A transmitting. (b) B transmitting.

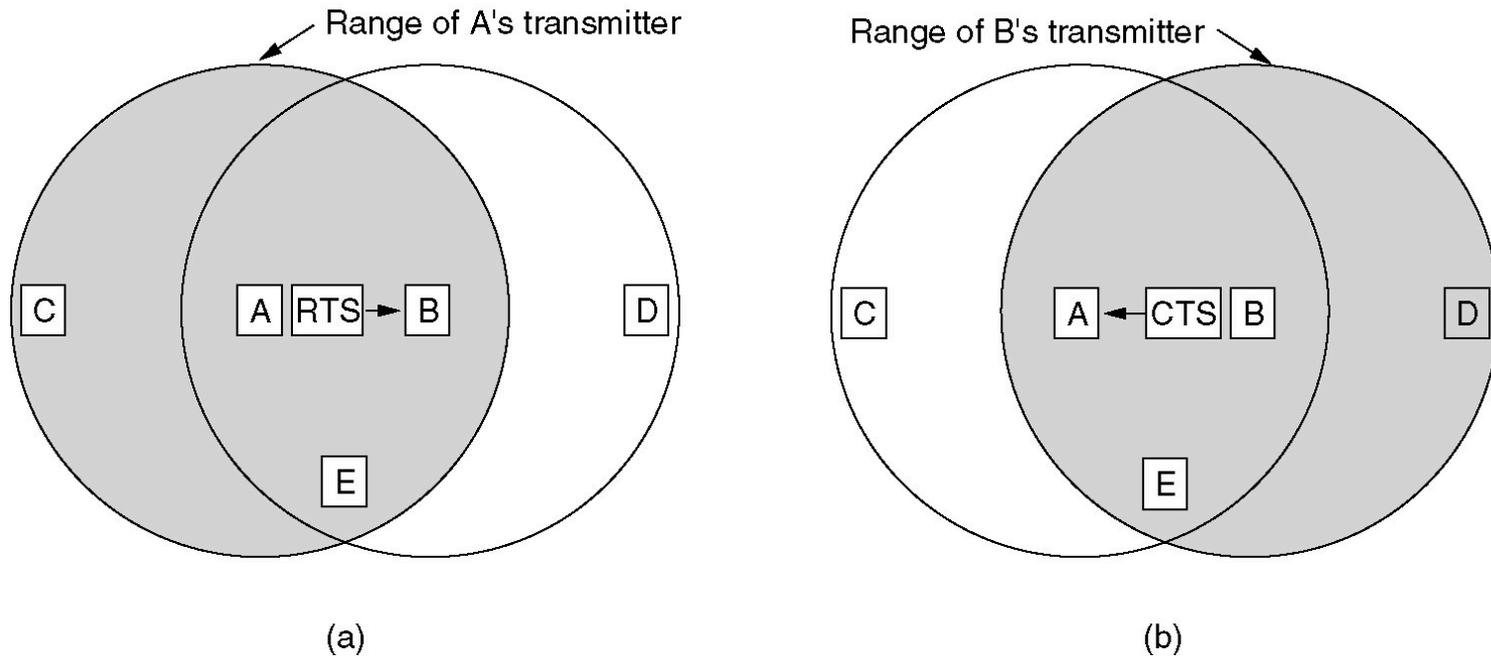
Probleme im W-LAN

➤ Interferenzen

- Hidden Terminal Problem
- Exposed Terminal Problem
- Asymmetrie (var. Reichweite)



Multiple Access with Collision Avoidance



(a) A sendet Request to Send (RTS) an B.

(b) B antwortet mit Clear to Send (CTS) an A.

Der Mediumzugriff in der Sicherungsschicht

- ▶ **Statisches Multiplexen**
- ▶ **Dynamische Kanalbelegung**
 - Kollisionsbasierte Protokolle
 - Kollisionsfreie Protokolle (contention-free)
 - Protokolle mit beschränktem Wettbewerb (limited contention)

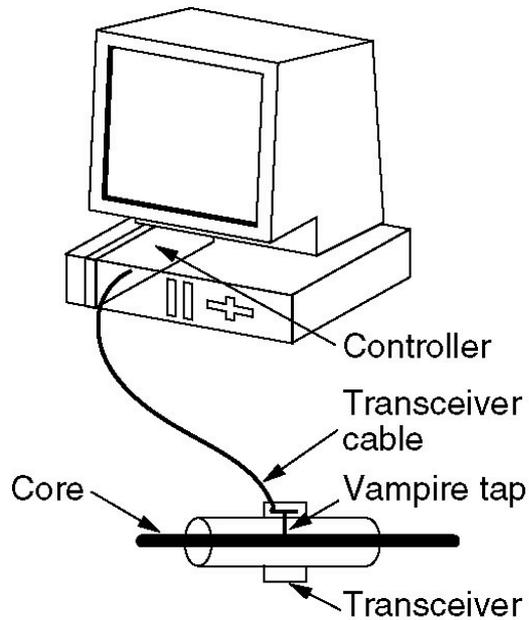
➤ **Fallbeispiel: Ethernet**

Fallbeispiel: Ethernet

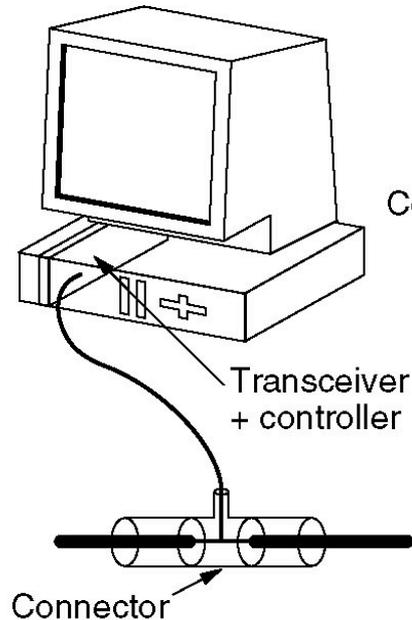
- ▶ **Beispiel aus der Praxis mit Mediumzugriff: Ethernet**
 - IEEE Standard 802.3
- ▶ **Punkte im Standard**
 - Verkabelung
 - Bitübertragungsschicht
 - Sicherungsschicht mit Mediumzugriff

Ethernet cabling

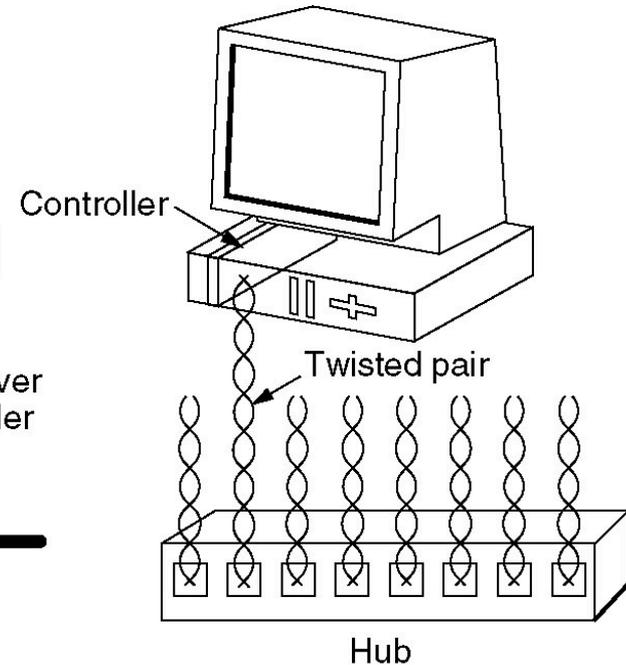
Name	Cable	Max. seg.	Nodes/seg.	Advantages
10Base5	Thick coax	500 m	100	Original cable; now obsolete
10Base2	Thin coax	185 m	30	No hub needed
10Base-T	Twisted pair	100 m	1024	Cheapest system
10Base-F	Fiber optics	2000 m	1024	Best between buildings



10Base5



10Base2
28



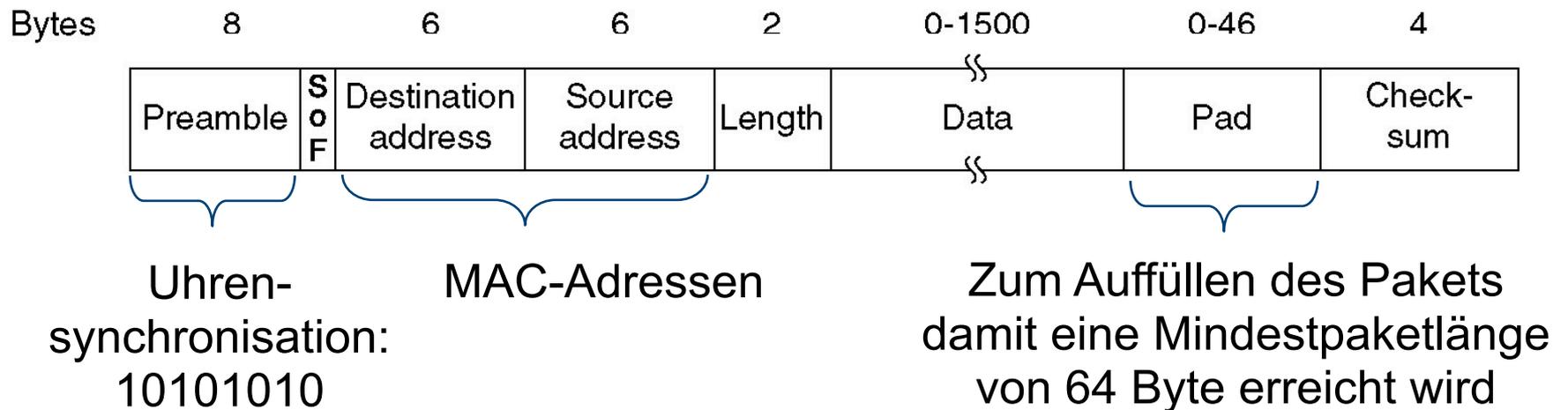
10BaseT

Bitübertragungsschicht Ethernet

- ▶ **Mediumabhängig**
- ▶ **Typisch: Manchester encoding**
 - mit +/- 0.85 V
- ▶ **Code-Verletzung zeigt Frame-Grenzen auf**

Ethernet MAC-Schicht

- ▶ Im wesentlichen: CSMA/CD mit *binary exponential backoff*
- ▶ Frame-Format



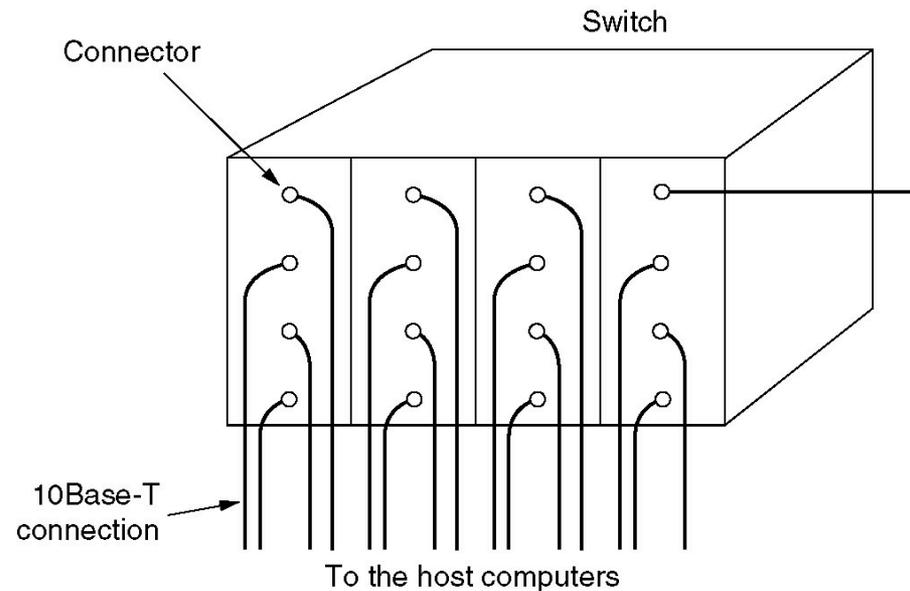
Switch versus Hub

▶ Hub

- verknüpft Ethernet-Leitungen nabenförmig
- jede Verbindung hört alles
- Durch CSMA/CD wird die Übertragungsrate reduziert

▶ Switch

- unterteilt die eingehenden Verbindungen in kleinere Kollisionsteilmengen
- Die Checksumme eines eingehenden Pakets wird überprüft
- Kollisionen werden nicht weiter gegeben
- interpretiert die Zieladresse und leitet das Paket nur in diese Richtung weiter



Fast Ethernet

- ▶ **Ursprünglich erreichte Ethernet 10 MBit/s**
- ▶ **1992: Fast Ethernet**
 - Ziele: Rückwärtskompatibilität
 - Resultat: 802.3u
- ▶ **Fast Ethernet**
 - Frame-Format ist gleichgeblieben
 - Bit-Zeit wurde von 100 ns auf 10 ns reduziert
 - Dadurch verkürzt sich die maximale Kabellänge (und die minimale Paket-Größe steigt).
 - Unvermeidbare Kollisionen CSMA

Fast Ethernet – Verkabelung

- ▶ **Standard Cat-3 twisted pair unterstützt nicht 200 MBaud über 100 m**
 - Lösung: Verwendung von 2 Kabelpaaren bei reduzierter Baudrate
- ▶ **Wechseln von Manchester auf 4B/5B-Kodierung auf Cat-5-Kabeln**

Name	Cable	Max. segment	Advantages
100Base-T4	Twisted pair	100 m	Uses category 3 UTP
100Base-TX	Twisted pair	100 m	Full duplex at 100 Mbps
100Base-FX	Fiber optics	2000 m	Full duplex at 100 Mbps; long runs

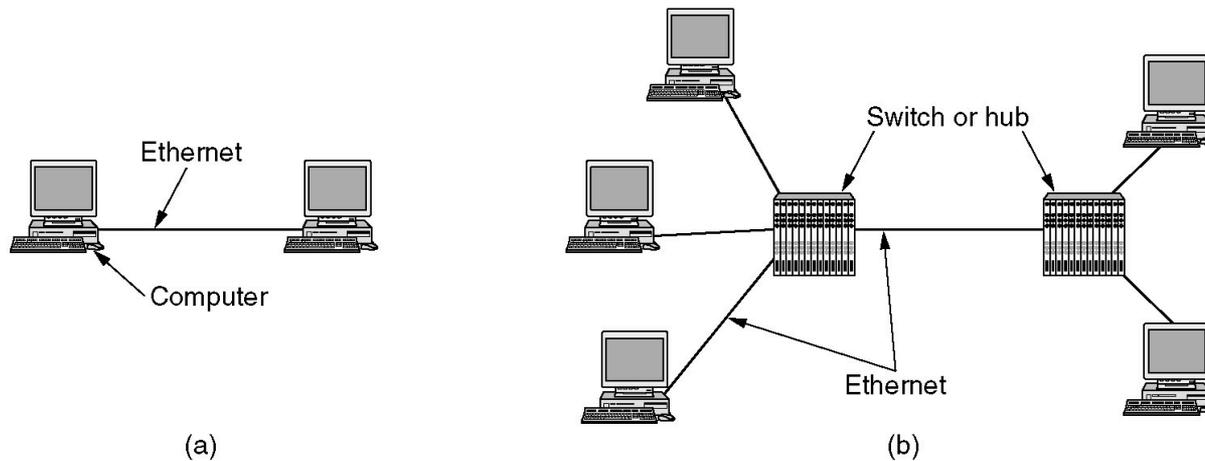
Gigabit Ethernet

▶ Gigabit-Ethernet: 1995

- Ziel: Weitgehende Übernahme des Ethernet-Standards

▶ Ziel wurde erreicht durch Einschränkung auf Punkt-zu-Punkt-Verbindungen

- In Gigabit-Ethernet sind an jedem Kabel genau zwei Maschinen
 - oder zumindestens ein Switch oder Hub



Gigabit Ethernet

▶ **Mit Switch**

- Keine Kollisionen → CSMA/CD unnötig
- Erlaubt full-duplex für jeden Link

▶ **Mit Hub**

- Kollisionen, nur Halb-Duplex (d.h. abwechselnd Simplex), CSMA/CD
- Kabellängen auf 25 m reduziert

Gigabit Ethernet – Cabling

Name	Cable	Max. segment	Advantages
1000Base-SX	Fiber optics	550 m	Multimode fiber (50, 62.5 microns)
1000Base-LX	Fiber optics	5000 m	Single (10 μ) or multimode (50, 62.5 μ)
1000Base-CX	2 Pairs of STP	25 m	Shielded twisted pair
1000Base-T	4 Pairs of UTP	100 m	Standard category 5 UTP

Verbinden von LANs

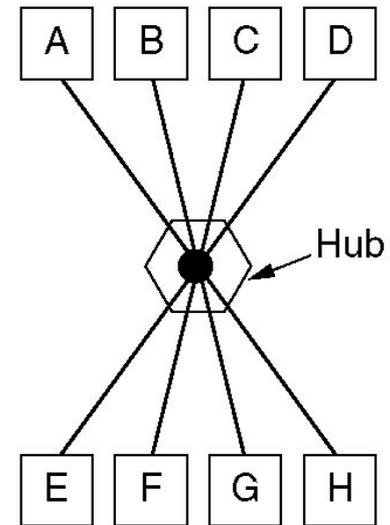
Application layer	Application gateway
Transport layer	Transport gateway
Network layer	Router
Data link layer	Bridge, switch
Physical layer	Repeater, hub

Repeater

- ▶ **Signalregenerator**
 - Empfängt Signal und bereitet es auf
 - Nur das elektrische und optische Singal wird aufbereitet
 - Information bleibt unbeeinflusst
- ▶ **Bitübertragungsschicht**
- ▶ **Repeater teilen das Netz in physische Segmente**
 - logische Topologieen bleiben erhalten

Hub

- ▶ **Verbindet sternförmig Netzsegmente**
 - im Prinzip wie ein Repeater
 - Signale werden auf alle angebundenen Leitungen verteilt
- ▶ **Bitübertragungsschicht**
 - Information und Logik der Daten bleibt unberücksichtigt
 - Insbesondere für Kollisionen



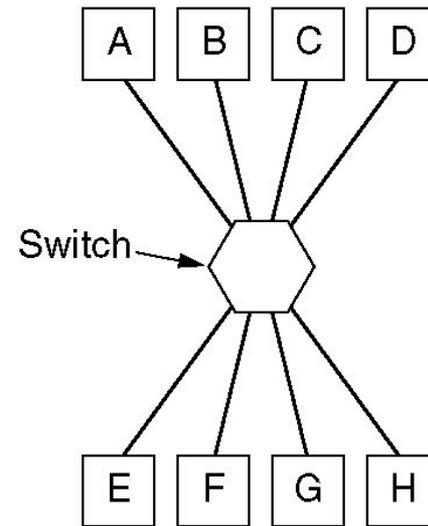
Switch

▶ Verbindet sternförmig Netzsegmente

- Leitet die Daten nur in die betreffende Verbindung weiter
- Gibt keine Kollisionen weiter

▶ Sicherungsschicht

- Signale werden neu erzeugt
- Kollisionen abgeschirmt und reduziert
- Frames aber nicht verwendet
- Rudimentäre Routingtabelle durch Beobachtung, wo Nachrichten herkommen



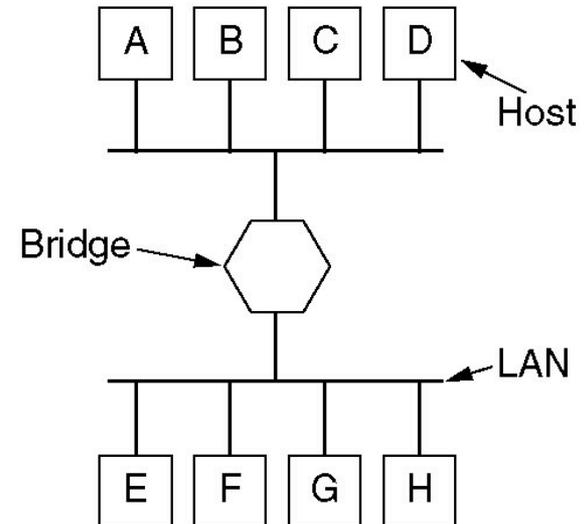
Bridge

► Verbindet zwei lokale Netzwerke

- im Gegensatz zum Switch (dort nur Terminals)
- trennt Kollisionen

► Sicherungsschicht

- Weitergabe an die andere Seite, falls die Ziel-Adresse aus dem anderen Netzwerk bekannt ist oder auf beiden Seiten noch nicht gehört wurde
- Nur korrekte Frames werden weitergereicht
- Übergang zwischen Bridge und Switch ist fließend





Systeme II

Ende der 6. Vorlesungswoche

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Christian Schindelhauer
Sommer 2008