

Willkommen bei Kommunikations- und Netztechnik!

Von Kupferkabel, Glasfaser und Mikrowelle über Telefon, Ethernet und TCP zu E-Mail, Webserver und REST.

Heute: Medium Access Control (MAC): Wer darf wann senden? Kollisionen.

Wiederholung Bitübertragung

- Nyquist Formel
- Shannon Formel
- Kennen der Begriffe duplex, simplex etc.
- Unterteilung Übertragungsmedien, Beispiele für Kategorien
 - Kabelgebunden
 - Kupfer
 - LVL
 - Kabellos
 - Modulation
 - Passband: FSK, ASK, PSK
 - Bandbreitenbedarf, Taktrückgewinnung, Gleichstromfreiheit
 - Multiplexing: FDM (Frequenz), TDM (Zeit), CDMA (Code)
 - CDMA
 - Walshcodes zur Encodierung mehrerer Signale in ein Signal

Weitere Fragen?

Arne Babenhauserde und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Medium Access Control (MAC): Aufgabe

Mehrere Stationen verwenden das selbe Medium (Kanal)

- wer darf wann den Kanal verwenden?
- wie wird mit Kollisionen umgegangen?

Wiederholung Sicherung I

- Dienst der Sicherungsschicht: Pakete aus Bits übertragen
- Protokoll der Sicherungsschicht: Pakete in Rahmen verpacken und übermitteln.
- Aufgaben der Sicherungsschicht: Rahmenbildung, Fehlerkorrektur und -erkennung, Flusskontrolle
- Fehlerkorrektur erhöht Latenz. Der richtige Grad an Fehlerkorrektur minimiert die durchschnittliche Gesamtzeit bis zur Korrekten Übertragung.
- Hamming-Codes haben Korrekturbits auf Zweierpotenzen.
- Hamming-Abstand: Abstand in Bitflips zwischen den zwei ähnlichsten Codewörtern. Ab dieser Zahl Bitfehler können Fehler unentdeckt bleiben.
- 1-Bit-Schiebefensterprotokoll: Übertrage nur nach Freigabe via Bestätigung der Rahmennummer.

Arne Babenhauserde und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Rückblick: Statische Verfahren

- FDM (Frequenz)
- TDM (Zeit)
- CDMA (Code)
- Voraussetzungen
 - konstante Anzahl Stationen
 - konstante Last pro Station

Gut bei Radio.

Lernziele I

- Sie kennen die Nachteile statischer Kanal Allokation
- Sie kennen die Protokolle
 - ALOHA, pure und slotted
 - verschiedene CSMA Ausprägungen
 - kollisionsfreie Protokolle
 - adaptive tree walk protocol
 - MACA
- Sie können Aloha, CSMA/CD, Token Ring und MACA anwenden.
- Sie kennen den Aufbau des Ethernet Frames
- Sie können die Switch Algorithmen anwenden:
 - backward learning
 - spanning tree
- Sie erkennen die VLAN Implementierung in Switches

Arne Babenhauserde und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Warum dynamische Verfahren?

- Probleme statischer Verfahren
 - Variable Anzahl Stationen
 - Verschwendungen von Bandbreite (weniger Stationen als Slots)
 - Ausschluss von Stationen (mehr Stationen als Slots)
 - Variable Last pro Station
 - Verschwendungen von Bandbreite (nicht alle haben immer etwas zu senden)

Arne Babenhauserde und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Annahmen für dynamische Verfahren

- Last in Computernetzwerken wird stoßweise erzeugt Beispiel: Neujahr, WM-Tor
- Die Anzahl der Stationen ist variabel „Bitte klappen Sie die Laptops zu“

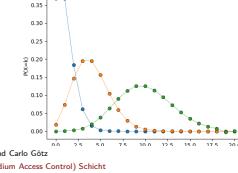
Für statische Verfahren problematisch.

Arne Babenhauserde und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Annahme: Unabhängiger Traffic

- mehrere unabhängige Stationen
- Frames unvorhersehbar aber mit gemitteltem konstanter Häufigkeit
 - konstant: Wahrscheinlichkeit, dass ein Frame generiert wird ist über alle Intervalle konstant
- Modellierung in Literatur: Poisson Verteilung



Arne Babenhauserde und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Annahme: Einzelner Kanal

Arne Babenhauserde und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Annahme: beobachtbare Kollisionen?

Können Stationen Kollisionen feststellen?

- Kabel: während dem Senden lesen
 - $S_{gesendet} \neq S_{gelesen} \rightarrow$ Kollision
- Kabellos: problematisch da
 - Signaltstärke von anderen Stationen kann beträchtlich schwächer sein
 - Alternative: Kollisionserkennung durch Bestätigung des Empfängers

Arne Babenhauserde und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Annahme: kontinuierliche oder diskrete Zeit

- kontinuierlich: Übertragung kann zu jeder Zeit stattfinden
- diskret: Übertragung nur zu bestimmten Zeitpunkten
 - benötigt Synchronisation
 - kann Performance verbessern

Annahme: Carrier Sense oder nicht

Arne Babenhauserde und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Zusammenfassung

- Carrier Sense: es kann festgestellt werden, ob der Kanal frei ist
- Kabellos: nicht alle Stationen sind in gegenseitiger Reichweite
- Kabel: einfach und üblich
- MAC bisher statisch
- Jetzt dynamische Verfahren
 - Gemeinsamer Kanal
 - Kollisionserkennung

Arne Babenhauserde und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Drahtlos: ALOHA Protokolle

- auf Hawaii entwickelt
- Ziel: verbinden von Computern auf kleinen Inseln mit Universitätscomputer
- Unterseekabel legen war keine Option
- Verwendung von Radiowellen
- 2 Ausprägungen

Pure ALOHA

Arne Babenhauserde und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Versuch: Pure ALOHA Namen

- jede Station sendet, sobald sie einen Frame generiert hat
- Kollisionen werden auftreten, Erkennung durch:
 - zentraler Computer bestätigt empfangene Frames
 - Sender liest Bestätigungen: wurde Frame empfangen?
 - falls nicht, gab es eine Kollision
- bei Kollision wird zufällige Zeit gewartet und erneut gesendet
- zufällige Zeit wichtig, da es sonst zu immer den selben Kollisionen kommt
- Augen schließen
- Namen ohne Unterbrechungen in der Gruppe sagen
- Keine Reihenfolge!
- Ich bestätige alle gehörten Namen („zentraler Computer“)
- Wie viele Namen in 30 Sekunden?

Arne Babenhauserde und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Slotted ALOHA

- Zeit wird in diskrete Intervalle unterteilt (Slots)
- Intervalllänge entspricht Framelänge
- Frames dürfen nur zu Beginn eines Slots gesendet werden
- Benötigt Synchronisation

Slotted ALOHA

- Zeit wird in diskrete Intervalle unterteilt (Slots)
- Intervalllänge entspricht Framelänge
- Frames dürfen nur zu Beginn eines Slots gesendet werden
- Benötigt Synchronisation
- z.B.: durch periodisches Signal des zentralen Computers
- Zeitansage bei Telefon
- einfache bundesweite Synchronisation

Pure ALOHA

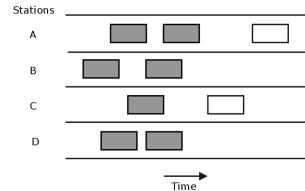
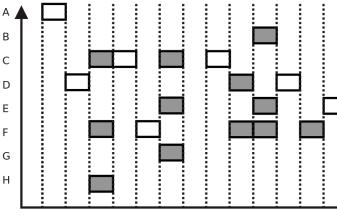


Abbildung: Pure Aloha, helix84, cc by-sa ([Wikipedia:Pure_Aloha1.svg](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Pure_Aloha&oldid=1570000))

Slotted ALOHA



Slotted ALOHA protocol (shaded slots indicate collision)

Arne Babenhausenfeld und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA/+CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Pure vs. Slotted

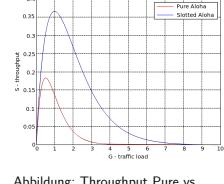


Abbildung: Throughput Pure vs. Slotted, Kyurin und fl, CC0, commons.wikimedia.org/wiki/File:Aloha_PureVsSlotted.svg

Arne Babenhausenfeld und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA/+CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Versuch: Slotted ALoha Namen

- G: Anzahl der zu übertragenen Frames pro Framezeit
- S: Anteil der Zeit in der der Channel genutzt wird
- Pure: S=max 18%
- Slotted: S=max 36%

Arne Babenhausenfeld und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA/+CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Zusammenfassung

- Aloha:
 - Drahtlos auf Hawaii
 - Zufälliges Warten bei Kollisionen
- Slotted ist doppelt so effizient
- Slotted braucht Synchronisierung

Arne Babenhausenfeld und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA/+CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

1-persistent

- vor dem Senden: überprüfe Kanal
 - wenn frei: sende
 - wenn belegt: warte bis frei und sende direkt
- Bezeichnung „1-persistent“:
 - sendet mit Wahrscheinlichkeit 1, wenn Kanal frei

Arne Babenhausenfeld und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA/+CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Probleme bei 1-persistent

- A und B möchten senden
- Kanal ist belegt
- sobald Kanal frei ist, senden A und B → Kollision

In kabelgebundenen Netzwerken ist Carrier Sense möglich.

- z.B. in Ethernet
- mehrere unterschiedliche Protokolle
 - 1-persistent/p-persistent
 - nonpersistent
 - mit Kollisionserkennung

Arne Babenhausenfeld und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA/+CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Arne Babenhausenfeld und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA/+CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Nonpersistent: ALOHA auf Kabel

Arne Babenhausenfeld und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA/+CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

p-persistent

- vor dem Senden: überprüfe Kanal
- vor dem Senden: überprüfe Kanal
 - wenn frei: sende
 - wenn belegt: warte zufällige Zeit und beginne von vorn
- Problem: höhere Latenz
- Zeit wird in Slots unterteilt (diskret)
 - vor dem Senden: überprüfe Kanal
 - wenn frei: sende mit Wahrscheinlichkeit p
 - bzw. warte mit Wahrscheinlichkeit $q = 1 - p$ auf den nächsten Slot
 - nächster Slot auch frei: wiederhole mit p und q
 - nächster Slot belegt: warte eine zufällige Zeit
 - wenn belegt: warte auf nächsten Slot

Arne Babenhausenfeld und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA/+CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

CSMA/CD — (early) Collision Detection

Arne Babenhausenfeld und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA/+CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Kollisionserkennung CSMA/CD, Beispiel

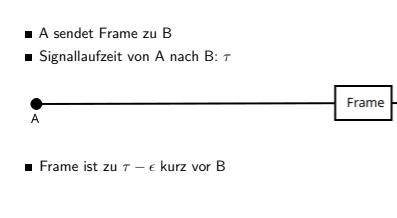
Arne Babenhausenfeld und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA/+CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Abbildung: Wikimedia, Deadlyhappen, cc by-sa, 2013, CSMA-CD_Verfahren.svg

Länge der Contention Period I



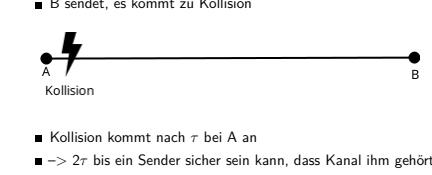
CSMA/CD Verfahren

Arne Babenhausenfeld und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA/+CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Länge der Contention Period II



Versuch: CSMA/CD Namen

Kollisionserkennung, kurz

Arne Babenhausenfeld und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA/+CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

- ist ein analoger Prozess
- Hardware tastet Kanal beim Senden ab
- $S_{gesendet} \neq S_{gelesen} \rightarrow$ Kollision
- bei kabellos: Signalstärke kann sich um Faktor 1 Mio. unterscheiden
- Modulation muss passend gewählt werden
 - $0V + 0V = 0V$

Arne Babenhausenfeld und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA/+CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

- Namen ohne Unterbrechungen in der Gruppe sagen
- Augen geschlossen
- Keine Reihenfolge!
- Kollisionen selbst hören → Zufällige Zeit warten
- Wie viele Namen in 30 Sekunden?

Zusammenfassung

- CSMA: Prüfe, ob der Kanal frei ist
- Kollisionen durch Signallaufzeit
- 1-persistent: Sende sofort wenn frei
- nonpersistent: Warte zufällig wenn belegt.
- p-persistent: Sende wenn frei mit Wahrscheinlichkeit p
- CSMA/CD: Kollision erkennen: gelesen \neq gesendet

Kollisionsfreie Protokolle

- Kollisionen möglich, vor allem bei großem τ
- Kollisionen steigern Latenz
- \rightarrow Kollisionen einfach verbieten
- Annahme: N Sender mit eindeutigen Adressen von 0 bis N - 1

Bitmap Protokoll

Setup:

- contention period aus N Intervallen (N Bit)
- wenn Station 0 senden möchte: sende 1 in Intervall 0
- nur Station 0 darf in Intervall 0 senden
- nach contention period wissen alle, wer senden möchte

Senden:

- jede Station sendet ihren Frame in Adressreihenfolge

Arne Babenhauserde und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Arne Babenhauserde und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Token Passing

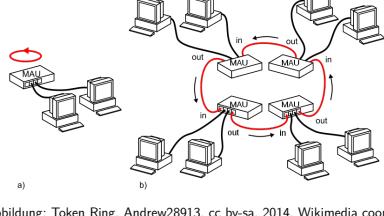
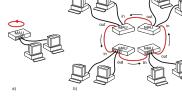


Abbildung: Token Ring, Andrew28913, cc by-sa, 2014, Wikimedia commons, [Token_ring.svg](#)

Token Passing



- ein Token wird in Adressreihenfolge von Sender zu Sender weitergereicht
- wer senden möchte, sendet und gibt anschließend das Token weiter
- sonst wird das Token einfach weitergereicht
- MAU: Multistation Access Unit

- bei token ring wird die physische Verkabelung für die Reihenfolge verwendet
- Protokoll über sich bei Rur

Arne Babenhauserde und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Versuch: Token Namen

- Token durch Blick in Reihenfolge weitergeben
- Namen ohne Unterbrechungen in der Gruppe sagen
- Wie viele Namen in 30 Sekunden?

Im Chat Token alphabetisch weitergeben (nächsten Namen nennen)

Arne Babenhauserde und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Probleme bei Bitmap und Token Passing

Versuch: Token Antworten

- fixer Overhead proportional zu N
- \rightarrow skaliert nicht gut

Token durch Blick in Reihenfolge weitergeben

- Anfang: Zufälliger Name
- Schritt: Wenn Token bei Person mit Namen: zufälligen Namen nennen.
- Wie viele Namen in 30 Sekunden?

Im Chat Token alphabetisch weitergeben (nächsten Namen nennen)

Arne Babenhauserde und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Binary Countdown

- wer senden möchte sendet die eigene Adresse: A
- alle senden ihre Adresse gleichzeitig
- einzelnen Bits der Adresse werden or verknüpft: R
- Bits von A und R werden einzeln verglichen
- ist $R_i = 1$ und $A_i = 0$ gibt die Station auf
- die letzte Station bekommt den Kanal
- Overhead proportional zu $\log(A)$

Arne Babenhauserde und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Beispiel: Binary Countdown, Anfang

Arne Babenhauserde und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Beispiel: Binary Countdown, Gesendet

A	0	1	2	3
0010				
0100				
1001				
1010				

A	0	1	2	3
0010	0	-	-	-
0100	0	-	-	-
1001	1	0	0	-
1010	1	0	1	0

Bisher:

- ALOHA:
 - kaum Verzögerung wenn Kanal frei ist
 - bei steigender Last sinkt die Effizienz
- Kollisionsfreie Protokolle
 - viel Overhead bei wenig Last
 - bei steigender Last wird Overhead vernachlässigbar
- Idee: Kombination

Arne Babenhauserde und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Erfolgsrate

- weniger bereite Stationen \rightarrow höhere Erfolgsrate
- Idee: Stationen in Gruppen unterteilen
 - Gruppen wechseln sich kollisionsfrei ab
 - innerhalb der Gruppe können Kollisionen auftreten

Zusammenfassung

- **Bitmap**: Jede Runde melden, wer senden will (Contention-Header)
- **Token-Ring**: Token im Kreis, wer es hat darf senden.
- **Binary Countdown**: Skaliert min $\log(N)$, binäre Hierarchie

Arne Babenhauserde und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Limited Contention Protocols

Arne Babenhauserde und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Wie Gruppen bilden?

2 Extreme:

- jede Gruppe hat eine Station \rightarrow kollisionsfreies Protokoll
- eine Gruppe mit allen Stationen \rightarrow z.B. slotted ALOHA

Tradeoff zwischen Kollisionschance und Overhead.

Adaptive Tree Walk Protocol I

Adaptive Tree Walk Protocol II

- bei hoher Last lohnt es sich nicht die Suche auf Level 0 zu beginnen
- Frage: ab welchem Level lohnt es sich?
- Annahme: jeder kann Anzahl bereiter Sender q abschätzen
- jeder Knoten auf Level i hat $2^{-i}N$ Stationen unter sich
- bei gleichmäßiger Verteilung der q Stationen:
 - befindet sich unter einem Knoten $2^{-i}q$ bereite Stationen
- optimales Level: durchschnittlich nur 1 Station bereit
 $\rightarrow -2^{-i}q = 1 \rightarrow i = \log_2 q$

Arne Babenhauserde und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Arne Babenhauserde und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Adaptive Tree Walk Protocol III

- A, C, D, H möchten senden
- $q = 4 \rightarrow i = \log_2(4) = 2$

Arne Babenhauserde und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Arne Babenhauserde und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Ethernet Frames VI

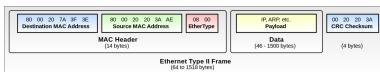


Abbildung: Ethernet Frames Type II (DIX), Mikm, public domain
Ethernet_Type_II_Frame_format.svg

Data und Pad:

- maximale Länge von 1500 Bytes ist willkürlich gewählt
- Mindestlänge sind 64 Bytes
 - wird durch Pad Feld garantiert
- Mindestlänge resultiert aus maximaler Kabellänge und τ

Arne Babenhausenheide und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Arne Babenhausenheide und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Zusammenfassung

- verschiedene Verkabelungen nach verschiedenen Standards erlaubt
- Bus Topologie mit Coax Kabel
- TP Kabel mit Hubs
- TP Kabel mit Switches
- LVL auch erlaubt, aber für Kollisionsdomäne uninteressant

- Präambel: Bitmuster + x
- MAC-Adresse: 6 Byte, Hersteller + Gerät
- Quell- und Zieladresse
- Typ + Länge
- Mindest-Länge aus maximaler Kabellänge (Kollisionen erkennen)
- Prüfsumme (CRC)

Arne Babenhausenheide und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Data Link Layer Switching

- Bridges (ab hier Switches genannt) verbinden unterschiedliche LANs miteinander
- arbeiten im Data Link Layer
 - inspirieren Destination und Source Adress
- Verwendung soll transparent sein
 - einfach ein- und ausstecken
 - ohne Änderungen an Hard- oder Software
- ermöglicht durch 2 Algorithmen

Kollisionsdomäne

Arne Babenhausenheide und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Store Forward vs Cut Through

SwitchModi:

- Store Forward: Frame wird empfangen und intern gebuffert, erst wenn Frame komplett empfangen wurde, wird er ausgegeben
- Cut Through: sobald Zieladresse des Frames gelesen wurde, wird mit der Ausgabe begonnen
 - -> kleiner Buffer notwendig
 - -> weniger Latenz

Backward Learning I

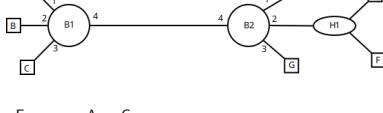
- Switches akzeptieren alle Frames an ihren Ports
- Frames werden an entsprechendem Port weitergeleitet
- Tabelle von Adresse zu Port
- zuerst Tabelle leer
- wenn ein Frame kommt wird er auf allen Ports bis auf den Eingangsport ausgegeben
 - Source Address des Frames wird in Tabelle eingetragen
- Eintrag wird noch mit Zeit des letzten Frames versehen
- periodisch werden alte Einträge gelöscht

Arne Babenhausenheide und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

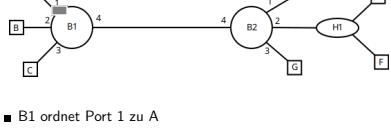
Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Backward Learning II



- Frame von A zu C

Backward Learning III



- B1 ordnet Port 1 zu A

Backward Learning IV



- B1 sendet Frame an alle Ports außer 1
- C empfängt Frame
- B2 ordnet Port 4 zu A

Arne Babenhausenheide und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

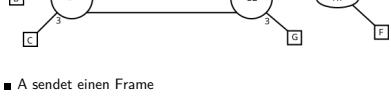
Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Spanning Tree Motivation 0



- 2 Switches sind redundant verbunden
- Tabelle von B1 und B2 jeweils leer

Spanning Tree Motivation 1



- A sendet einen Frame

Spanning Tree Motivation 2



- B1 gibt Frame an Ports aus
- B2 empfängt 2 (identische) Frames
 - kann aber nicht sehen, dass die Frames identisch sind

Arne Babenhausenheide und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Spanning Tree Motivation 3

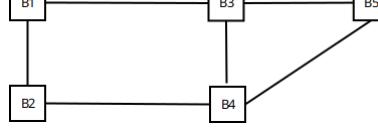


- B2 gibt Frame an Ports aus
- B1 empfängt 2 Frames

Spanning Tree Algorithmus

- von einem zyklischen Graphen wird der Spanning Tree ermittelt
- jeder Switch broadcastet regelmäßig Konfigurationsnachrichten, für den Algorithmus
- Bestimmung der Wurzel
 - jeder Switch erzeugt eine ID aus seiner MAC
 - diese ID wird mit der ID des Switches, der für die Wurzel gehalten wird versendet
 - dies wird wiederholt bis Konsens eintritt
 - die niedrigste ID wird genommen
- jetzt wird für jeden Switch der Shortest Path zur Wurzel bestimmt
 - kann ein Switch über mehrere Switches erreicht werden, wird der Switch mit der niedrigsten ID verwendet
- Algorithmus wird periodisch wiederholt, um auf Netzwerkveränderungen zu reagieren

Beispiel: Spanning Tree I

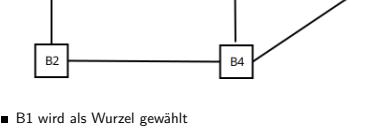


Arne Babenhausenheide und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Beispiel: Spanning Tree II



- B1 wird als Wurzel gewählt
- Shortest Path zu B2 und B3 jeweils Distanz 1

Arne Babenhausenheide und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Arne Babenhausenheide und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

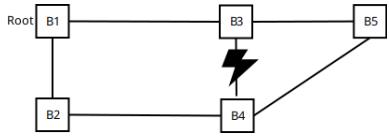
Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Arne Babenhausenheide und Carlo Götz

Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

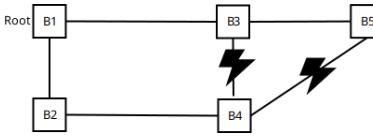
Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Beispiel: Spanning Tree III



- Shortest Path zu B4 über B2 oder B3 möglich
- B2 < B3 -> verwende Kante(B3, B4) nicht

Beispiel: Spanning Tree IV



- Shortest Path zu B5 über B3 möglich
- Kanten, die zu keinem Shortest Path gehören werden entfernt

VLANs

- Aufteilung der LANs richtet sich nach physischen Gegebenheiten
- meist jedoch Aufteilung nach Organigramm gewünscht
 - Sicherheit
 - Lastverteilung
- VLANs lösen dies
 - Konfiguration welcher Port zu welchem VLAN gehört
 - nur Switches müssen VLANs unterstützen (Erweiterung des Frames mit VLAN Tag)
 - Tag wird an Übergang Switch zu Computer entfernt
 - Frames werden nur an entsprechenden Ports weitergeleitet

Arne Babenhausereide und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Arne Babenhausereide und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Arne Babenhausereide und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Zusammenfassung

- Backward Learning:
 - Speichere von wo wessen Pakete ankommen
 - Anfangs kein Wissen => Broadcast
- Spannbaum
 - Gegen Doppelpakete
 - Baumstruktur mit niedrigster ID als Wurzel

Zusammenfassung

- Dynamische Verfahren für bessere Auslastung
- ALOHA: Kollision erkannt => zufällig warten
- Slotted ALOHA 2x so effizient, aber sync
- CSMA: Prüfen: Ist Kanal frei? 1-, non-, p-persistent
- Kollisionsfrei:
 - O(N): Bitmap, Token-Ring,
 - O(log(N)): Binary-Countdown (hierarchisch)
- Adaptive Tree Walk: Kombination nach Last
- WLAN Sichtbarkeit => MACA
- Ethernet: Präambel, Adressen, Länge, CRC, Mindestlänge
- Backward-Learning, Spannbaum gegen Redundanz

Fragen für die Prüfung?

Ideensammlung:

-
-
-
-
-

Arne Babenhausereide und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Arne Babenhausereide und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Arne Babenhausereide und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht

Einstieg Grundlagen ALOHA CSMA-/CD Kollisionsfrei Misch-Weg WLAN Ethernet Bridges Abschluss

Selbststudium diese Woche I

Viel Erfolg bei den Übungen!

Bearbeitung: Einzeln. Dateinamen bitte:

Übungslblatt_MAC_Name.pdf.

Bei Multiple Choice Aufgaben reicht eine Lösung nach folgendem Muster:

- Übungslblatt
- Nicht in Gruppe

Arne Babenhausereide und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht
Übungslblatt MAC Schicht

Arne Babenhausereide und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht
Übungslblatt MAC Schicht

Arne Babenhausereide und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht
Übungslblatt MAC Schicht

Beispiel Aufgabe Multiple Choice

Beispiel Lösung Multiple Choice

Aufgabe 1

Kreuze die korrekten Aussagen an:

- Die letzte Vorlesung war viel zu schnell
 - Siracha passt zu allem
 - Tabs sind besser geeignet für die Einrückung von Quellcode
- 1, 2

Welche der folgenden Aussagen sind korrekt für ALOHA?

- Nach einer Kollision wird eine zufällige Zeit gewartet, um eine erneute Kollision zu vermeiden.
- Bei pure ALOHA kann es zu Kollisionen kommen, wenn die einzelnen Stationen fast zur selben Zeit senden.
- Beim Senden beobachtet eine Station das Medium, um Kollisionen zu erkennen.

Arne Babenhausereide und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht
Übungslblatt MAC Schicht

Arne Babenhausereide und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht
Übungslblatt MAC Schicht

Arne Babenhausereide und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht
Übungslblatt MAC Schicht

Aufgabe 2

Aufgabe 3

Aufgabe 4

Welche der folgenden Aussagen sind korrekt für CSMA?

- Beim Senden beobachtet eine Station das Medium, um Kollisionen zu erkennen.
- Bei der Verwendung von persistent CSMA wird gesendet sobald das Medium wieder frei wird.

Welche der folgenden Aussagen sind korrekt für CSMA/CD?

- CSMA/CD verwendet Bestätigungsframes zur Feststellung von Kollisionen.
- Eine Station muss vor dem Senden prüfen, ob das Medium frei ist.

Vergleiche pure und slotted ALOHA hinsichtlich der Latenz bei sehr geringer Last. Bei welchem Protokoll ist die Latenz geringer?

Arne Babenhausereide und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht
Übungslblatt MAC Schicht

Arne Babenhausereide und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht
Übungslblatt MAC Schicht

Arne Babenhausereide und Carlo Götz
Netztechnik 3: MAC (Medium Access Control) Schicht
Übungslblatt MAC Schicht

Aufgabe 5

Aufgabe 6

Aufgabe 7

Wie lange muss eine Station bei Verwendung des Bitmap Protokolls im schlimmsten Fall warten bis sie senden darf?

Wie lange muss eine Station bei Verwendung des Binary Countdown Protokolls im schlimmsten Fall warten bis sie senden darf?

Die 6 Stationen A-F kommunizieren mit dem MACA Protokoll. Ist es möglich, dass 2 Übertragungen gleichzeitig stattfinden?

Aufgabe 8

Erkläre Store and Forward und Cut Through Switching.

Aufgabe 9

Nehme die Netzwerkkonfiguration aus der Folie "Beispiel: Backward Learning als Ausgangspunkt. Die Tabellen der beiden Switches B1 und B2 sind anfangs leer. Die nachfolgenden Übertragungen finden nacheinander statt. Notiere jeweils die Ports von B1 und B2 auf denen Frames ausgegeben werden.

- ① A -> C
- ② E -> F
- ③ F -> E
- ④ G -> E
- ⑤ D -> A
- ⑥ B -> F

Aufgabe 10

Zeichne den Spanning Tree für das Netzwerk aus der Folie "Beispiel: Spanning Tree". Allerdings wurden die Switches B1 und B5 vertauscht.