

Einrahmen:

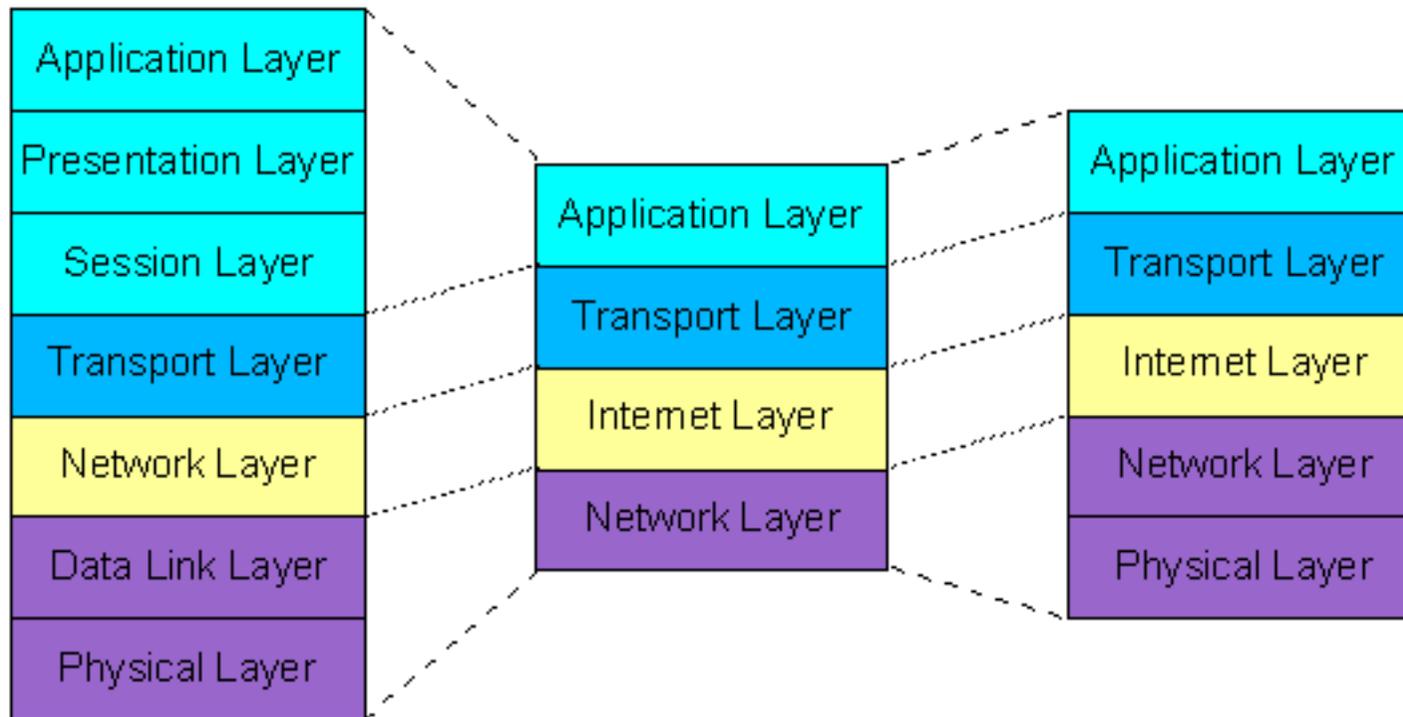
- Um Daten zu übertragen müssen neben den Daten auch Kontrollinformationen übertragen werden.
- Viele Netzwerke verwenden dazu keinen separaten Kanal
- Vielmehr werden Kontrolldaten und Daten gemischt
- Problem: Auseinanderhalten, wo Daten und wo Kontrolldaten anfangen bzw. enden

- Eine Methode ist das *Byte-Stopfen (byte stuffing)*
- Einem Zeichen wird spezielle Funktion zugewiesen
- Dieses wird *Escape-Zeichen* genannt
- Taucht das Zeichen in den Daten auf, wird es wiederholt
- Andernfalls kennzeichnet es Anfang und Ende von Datenblöcken bzw. Kontrollinformationen
- Methode mehr oder weniger effizient, je nach Vorkommenswahrscheinlichkeit

- Eine weitere Methode ist das *Byte-Zählen (byte counting)*
- An definierter Stelle wird ein Längensfeld zugefügt
- Darin wird die Anzahl der Datenbytes festgehalten
- Methode fügt immer absolut gleichgroßen Overhead hinzu
- Die Daten selbst müssen nicht umkodiert werden (dort keine Längenänderung)

Themenübersicht:

- Die Netzwerkschicht
- Fehlererkennung
- IEEE 802.x
- Ethernet
- Ethernet-Übertragungsmedien
- CSMA/CD
- Kollisionen, und deren Erkennung



- Problem: Signale kommen nicht immer wie gewünscht an
- Häufige Folge: *Bitfehler*
- Lösung Teil 1: *Fehlererkennung*
- Lösung Teil 2: *Fehlerkorrektur*
- erreicht durch Erhöhen der *Redundanz*
(fügt keine *neue* Information zu)
- Redundanz-Bits werden aus Originaldaten abgeleitet

- *Wiederholung (repetition)* der Datenübertragung
- Berechnung der *Parität (parity)*
- Mehrdimensionale Parität
- *Zyklische Redundanzprüfung (cyclic redundancy check, CRC)*
- *Prüfsummen (checksums)*
(häufig werden auch Methoden ohne Summenbildung als „checksum“ fehlbezeichnet)

- Prinzip: ein Bit den Datenbits eines Bytes zufügen
- üblich für 7-Bit Bytes
- *gerade Parität (even parity)*
 - sorgt für gerade Anzahl von Einsen
 - 0101001 → 0101001 1
- *ungerade Parität (odd parity)*
 - sorgt für ungerade Anzahl von Einsen
 - 0101001 → 0101001 0

- auch Kreuzparität genannt
- wird auf ein Frame angewendet
- basiert auf einfacher Paritätsberechnung für jedes Byte
- zusätzliches Byte mit der einfachen Parität aller Bitpositionen
- Erkennung aller 1-, 2- und 3-Bit-Fehler, erkennt viele 4-Bit-Fehler
- Beispiel: 6 Bytes à 7 Bit: 14 Paritätsbits Redundanz für 42 Datenbits

Daten: 6 Bytes à 7 Bit = 42 Bit

Redundanz: 14 Paritätsbits

Frame: 56 Bit

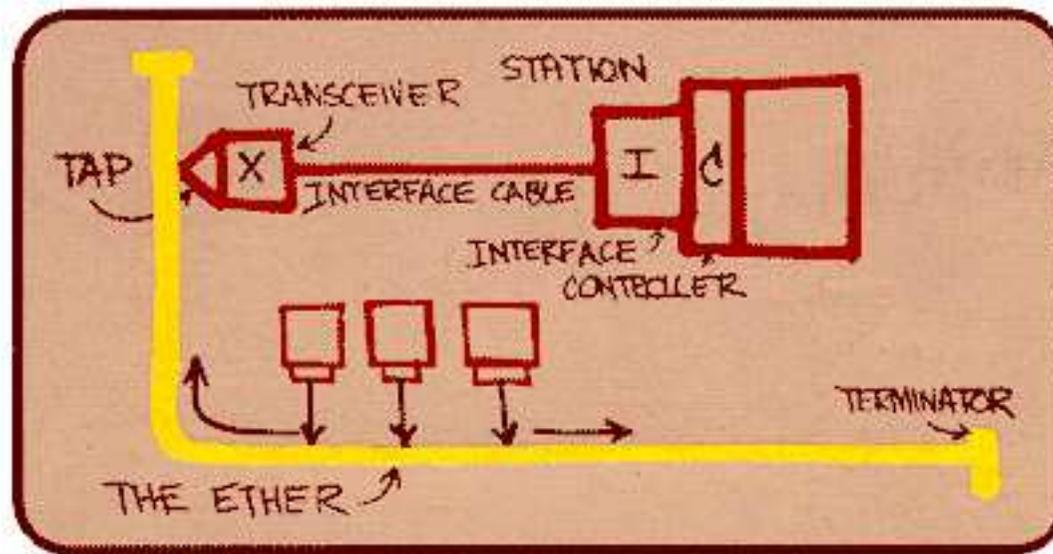
0101001 1
1101001 0
1011110 1
0001110 1
0110100 1
1011111 0
1111011 0

- verschiedene Verfahren
- Grundprinzip: Addieren aller Datenwörter zur Prüfsumme
- sowohl Sender als auch Empfänger
- Vergleich der errechneten mit der übertragenen Prüfsumme
- Vorteile:
 - Umfang der Prüfsumme sehr klein
 - sehr leichte Berechnung
- Nachteil:
 - erkennt nicht einmal alle Einzelbitfehler

- verwendet Polynomialarithmetik modulo 2
- verwendet Nachricht- und *Divisor*-Polynom
- bei Division (Nachricht : Divisor) entsteht Rest
- dieser Rest wird angehängt (entspricht Erweiterung um Grad des Divisor-Polynoms)
- für $(n + 1)$ -Bit-Nachricht wird ein Polynom vom Grad n verwendet
- z.B. $M(10011010) = 1x^7 + 0x^6 + 0x^5 + 1x^4 + 1x^3 + 0x^2 + 1x^1 + 0x^0 = x^7 + x^4 + x^3 + x^1$
- Ethernet: verwendet Polynom vom Grad 32 (CRC-32)

- weit verbreitet
- herstellerunabhängig
- LAN-Technologie
- bietet „best mögliche Datenübermittlung“
- nicht exklusives Übertragungsmedium
- Datentransfer unzuverlässig

- entwickelt in den 1970er Jahren
- von Dr. Robert M. Metcalfe
- am Xerox Palo Alto Research Center
- erstmals vorgestellt 1976 auf der National Computer Conference
- 1980: DIX-Standard (DEC-Intel-Xerox)
offenes vollspezifiziertes 10Mbps-System
- 1985: IEEE 802.3 in Anlehnung an DIX-Standard



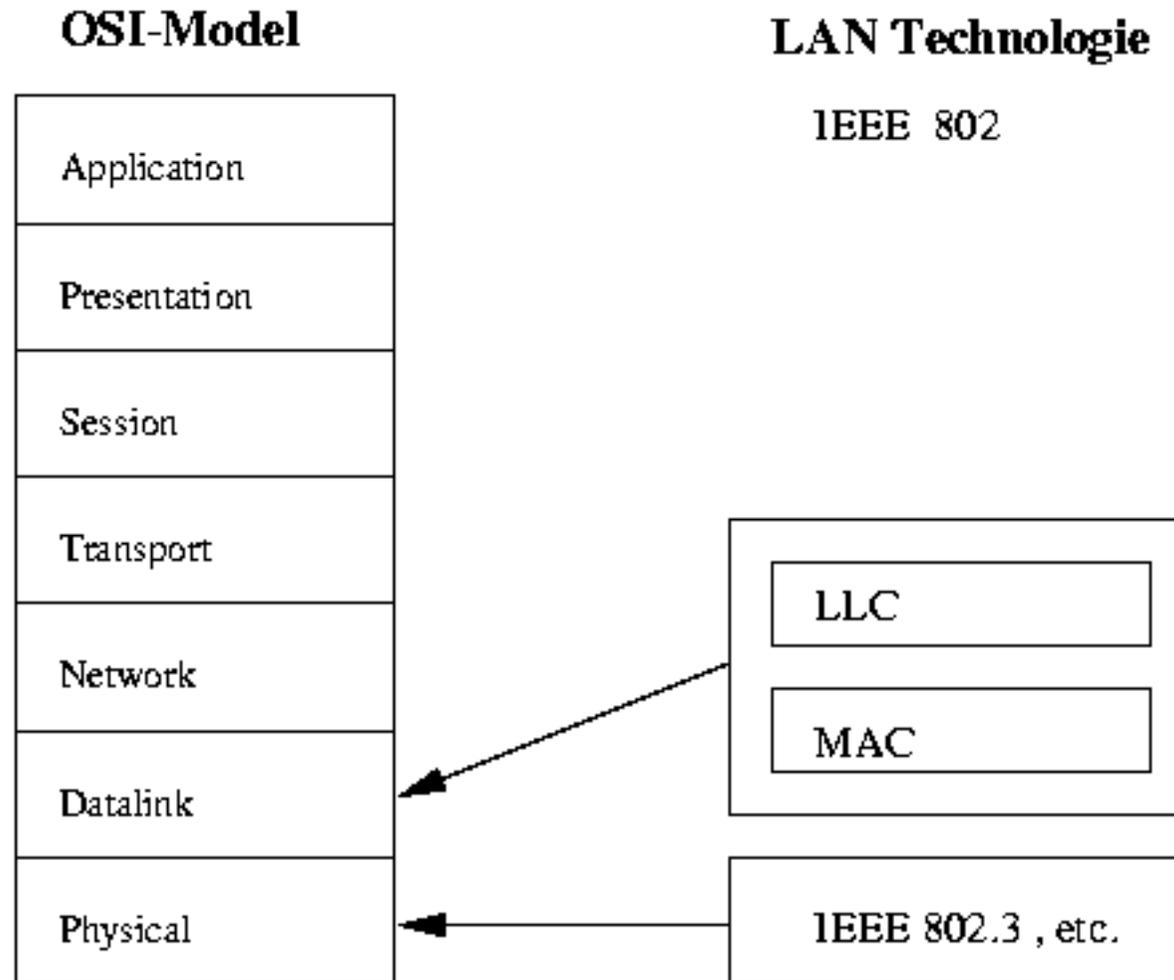
„The diagram ... was drawn by Dr. Robert M. Metcalfe in 1976 to present Ethernet ... to the National Computer Conference in June of that year. On the drawing are the original terms for describing Ethernet. Since then other terms have come into usage among Ethernet enthusiasts.”¹

¹The Ethernet Sourcebook, ed. Robyn E. Shotwell (New York: North-Holland, 1985), title page.

- Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
- Project 802: Local Network Standards Committee (since February 1980)
Physical Layer (PHY), Media Access Control (MAC), Higher Level Interface (HLI)
- Verwendung eines von mehreren Rechnern benutzbaren Übertragungsmediums
- Kapselung der Daten in sog. Datenpakete mit wohl definiertem Format
- beinhaltet sowohl Hardware- als auch Protokolldefinitionen
- international anerkannte Norm

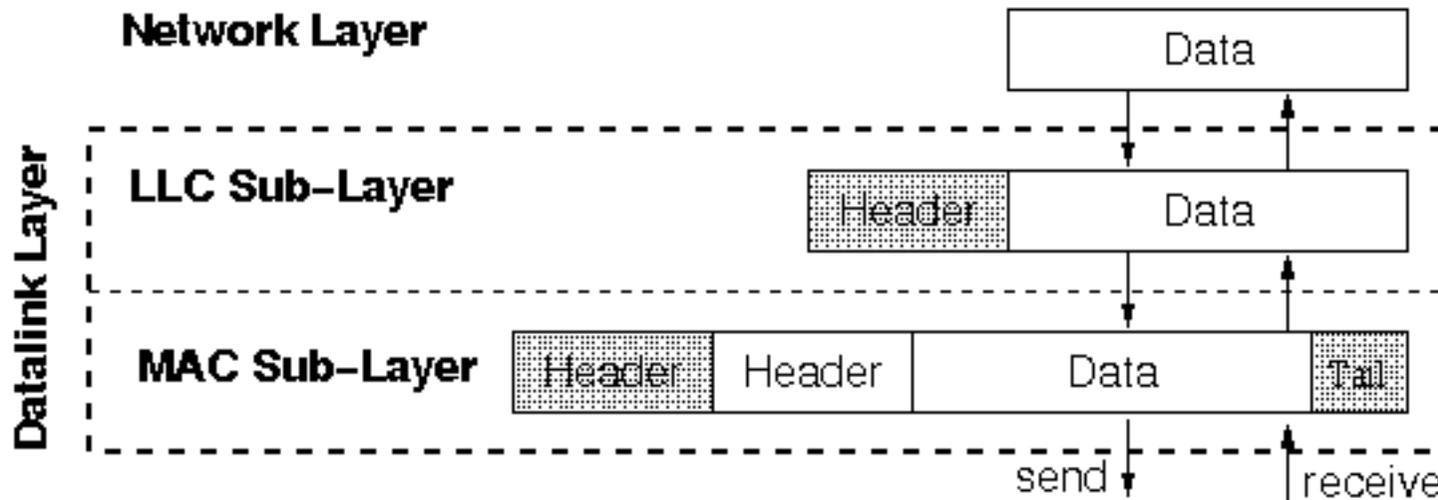
- IEEE 802.1 High Level Interface
- IEEE 802.2 Logical Link Control (LLC)
- IEEE 802.3 CSMA/CD („Ethernet“)
- IEEE 802.4 Token Bus (disbanded)
- IEEE 802.5 Token Ring (hibernated)
- IEEE 802.6 Metropolitan Area Network (MAN) (disbanded)
- ...
- IEEE 802.11 Wireless LAN (WLAN)
- ...

- es gibt mehr als einen Ethernet-„Standard“
- von verschiedenen Interessensverbänden und Firmen
- z.B. Ethernet „Version II“, „SNAP“
- unterscheiden sich geringfügig im Paketformat
- hier: IEEE 802.3



- IEEE 802 unterscheidet im Datalink-Layer zwischen
 - Logical Link Control Layer (LLC)
 - Medium Access Control Layer (MAC)

- LLC-Layer bietet höheren Protokollen einheitliche Schnittstelle
- LLC-Layer-Daten werden im MAC-Layer gekapselt
- IEEE 802.x unterscheiden sich im MAC- und PHY-Layer



- Eine Menge von Protokollen die den Zugriff auf ein von mehreren Rechnern genutztes Übertragungsmedium durch das Netzwerkinterface steuern.
- Ein Standardformat für die zu Übertragenden Daten, dem *Ethernetpaket* (*ethernet packet*) oder *Ethernet-Rahmen* (*ethernet frame*)
- Das physikalische Medium zum Transport der Daten zwischen den Rechnern

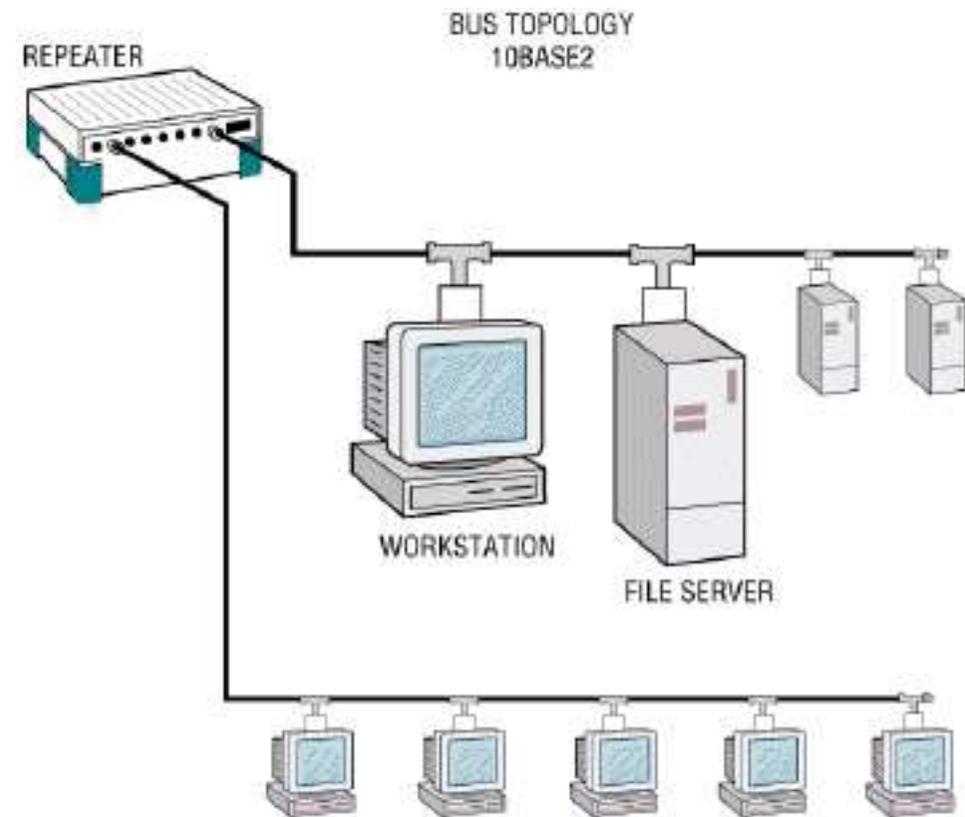
- „Ethernet“ leitet sich aus der früher gemachten, fälschlichen Annahme ab, daß sich elektromagnetische Wellen in der Luft nur durch das Vorhandensein eines sog. Äthers (engl.: Ether) ausbreiten können
- diese Theorie wurde durch Experiment von Michelson-Morley widerlegt
- er wies Ausbreitung der Wellen im Vakuum nach

- Übertragungsmedium gehört zur Norm dazu
- Typklassifikation von Kabeln durch *Electronic Industry Association (EIA)* und *Telecommunication Industry Association (TIA)*
- weitere Unterscheidung in
 - *Baseband*-Typ (transportiert nur Ethernet-Signale)
 - *Broadband*-Typ (transportiert z.B. Telefon und Ethernet auf verschiedenen Frequenzen gleichzeitig)
- Unterscheidung nach nomineller Bandbreite in Mbps
- zusammen: z.B. 10Base2, 100BaseTX

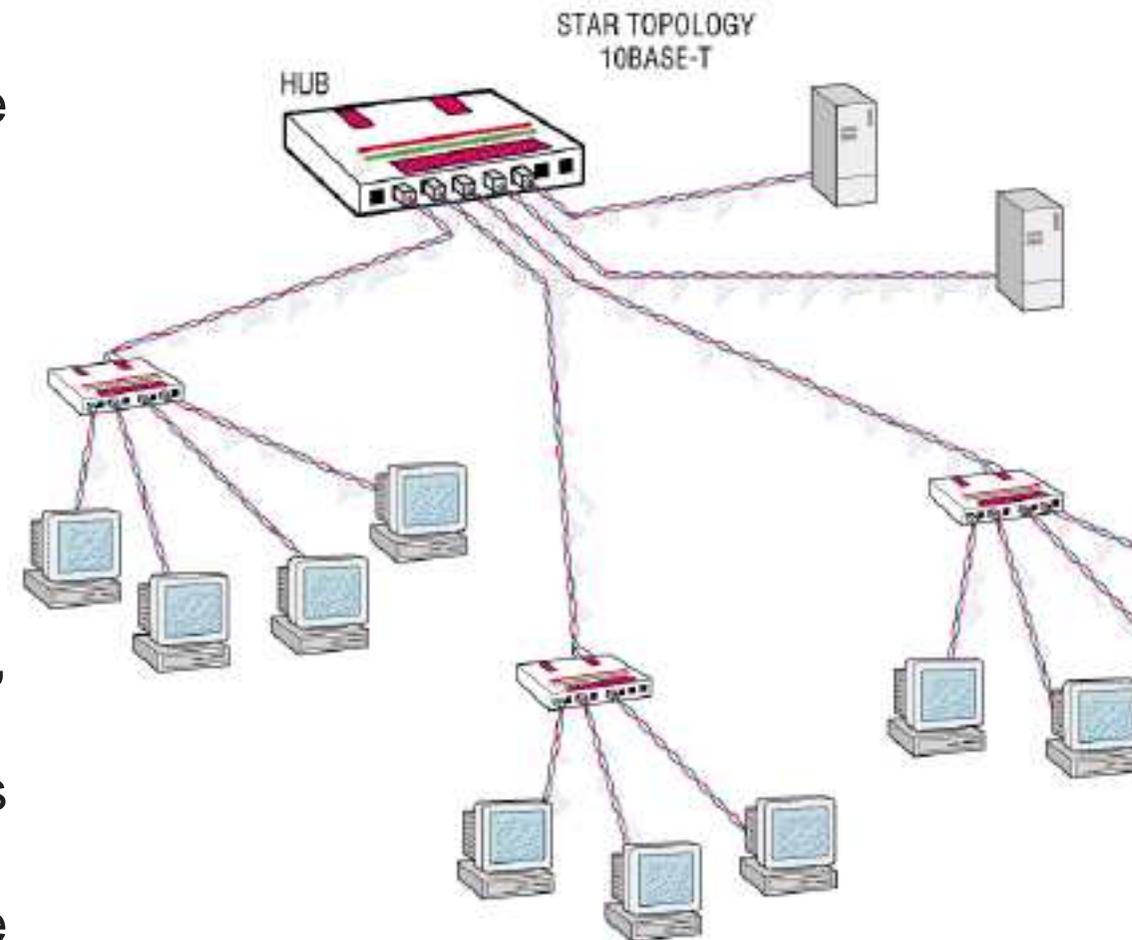
Name	Kabeltype	Specification	Max. Segment length	Advantages
10Base2	Thin Coax	RG-85C/U	185m	cheap
10BaseT	Twisted Pair	EIA / TIA 568 Cat-3 = UTP-3	100m	easy maintenace
10Base5	Thick coax		500m	good for backbones
10BaseF	Fiber optics		2000m	good for backbones

- Übertragungsmedium bestimmt oft die Topologie

- bedingt Bus-Topologie
- Netzausdehnung durch Repeater in Grenzen erweiterbar
- 10Base2
 - Segment maximal 185m lang, minimal 0,5m
 - Anschluß mit T-Stücken
 - Terminierung mit 50Ω -Widerständen
- 10Base5
 - erstes definiertes Medium
 - Segment maximal 500m lang
 - wird kaum noch eingesetzt



- Twisted Pair
 - Baum- oder Stern-Topologie
 - paarweise miteinander verdrehte Kupferleiter
 - 10BaseT
 - Segment maximal 100m lang
- Glasfaser (fiber optics)
 - 10BaseF
 - Segment maximal 2km lang
 - hohe Kosten (spezielle Tranceiver, Switches)
 - Glasfaser meist nur für Backbones eingesetzt
 - dort oft andere Technologie verwendet (z.B. FDDI: Token Ring bis 200km, ATM)



- *1-persistent Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)*-Protokoll
- Teil der MAC-Ebene
- beschreibt, wann Daten über das Netzwerkinterface auf das Netz gestellt werden
- beschreibt, wie Datenkollisionen behandelt werden
- Prinzip bereits im Aloha-Netz Anfang der 1970er erprobt
- (Aloha: paketorientiertes Funknetz zwischen den Hawaii-Inseln)

- ein Medium für alle Teilnehmer
- nur ein Teilnehmer kann erfolgreich senden je Zeiteinheit
- alle Teilnehmer empfangen „gleichzeitig“
- falls zwei Teilnehmer gleichzeitig senden, wird dieses erkannt
- gleichzeitiges Senden führt zu einer *Kollision*

- Kollisionen werden von der Netzwerkkarte erkannt
- durch Vergleich des selbst ausgesendeten mit dem tatsächlich vorhandenen Signal (in Bezug auf Frequenz und Amplitude)
- das Ethernet-Signal ist speziell dafür ausgelegt

1. Ist das Netz ruhig, dann beginne die Übertragung, sonst weiter bei 2.
2. Wenn Verkehr auf dem Netz festgestellt wurde, warte bis das Netz wieder ruhig ist und beginne dann die Übertragung.
3. Wenn während einer Datenübertragung eine Kollision erkannt wurde, stoppe die Übertragung sofort und sende ein kurzes Warnsignal.
4. Warte nach Aussendung des Warnsignals eine „willkürlich“ gewählte Zeitspanne. Dann gehe zu 1.

- Analogie: Gruppe von Personen
- Personen reden in einem kleinen, dunklen Raum
- hier: Übertragungsmedium Schallwellen in Luft
- *CS: Carrier Sense*
- hier: jede Person kann die Worte einer anderen hören, wenn diese redet

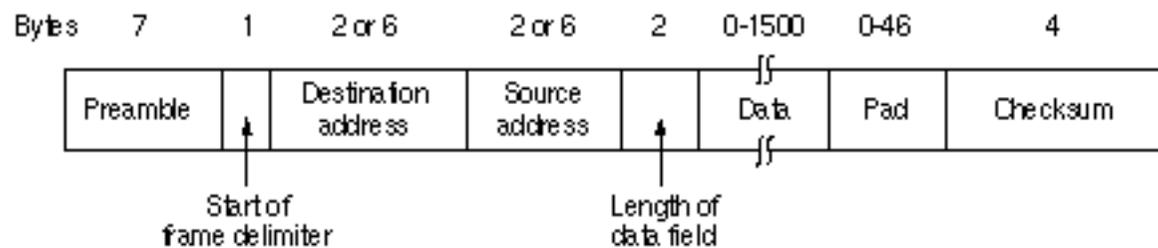
- *MA: Multiple Access*
- hier: jede Person im Raum kann gleichberechtigt reden
- keine Person hält lange Reden, das wäre unhöflich
- unhöfliche Personen werden gebeten aus dem Raum zu gehen

- Niemand spricht während eine andere Person bereits spricht
- Falls zwei Personen genau gleichzeitig anfangen zu reden
 - bekommen sie das mit (wegen CS)
 - hören etwas, das sie nicht gesagt haben
 - entspricht *CD: Collision detection*
 - sie hören mit ihrer Rede auf
- nach einer willkürlichen Zeitspanne des Wartens beginnen sie wieder, falls dann gerade niemand spricht

- jeder Teilnehmer hat einen eindeutigen Namen
- bei IEEE 802.x ist dies die MAC-Adresse
- jedes Mal, wenn ein Teilnehmer spricht, gibt er die Adresse des Empfängers und seine eigene Adresse an
- es gibt eine spezielle Adresse, um an „alle“ zu sprechen
- diese wird *Broadcast-Adresse* genannt

- IEEE 802.3 verwendet Manchester-Kodierung
- H- und L-Pegel: +0,85V und -0,85V
- ein Ethernet-Paket besteht aus mehreren Feldern
- Präambel: 7 Bytes mit je der Bitfolge 10101010
- dient zur Taktsynchronisation
- Start-of-frame-delimiter-Feld
- Byte mit der Bitfolge 10101011

- Ziel- und Quelladresse (je 2 oder 6 Bytes)
- Länge des Datenbereichs (2 Bytes) und Daten (0-1500 Bytes)
- 0-46 Auffüllbytes (padding bytes)
- Prüfsumme (CRC-32, 4 Bytes)



- heute werden die 6-Byte-Adressen verwendet
- Adresse ist dem Netzwerk-Device (Netzwerkkarte) zugeordnet
- Adressenbereiche werden an Hersteller vergeben
- diese müssen für eindeutige Vergabe in ihrem Unterbereich sorgen
- 46 Bits für Adresse: 7×10^{13} Möglichkeiten
- Bit 46: Unterscheidung zwischen lokalen und globalen Adressen
- Bit 47: Unterscheidung zwischen Unicast (0) und Multicast (1)
- falls nur Einsen: Broadcast

- Längenzahl gibt genaue Länge des Datensegments in Byte an
- kann zwischen 0 und 1500 Byte betragen
- falls weniger als 46 Datenbytes: Padding
- dabei wird das Ethernet-Paket künstlich auf 64 Bytes verlängert
- nötig für Kollisionserkennung

- CRC-32 Hashalgorithmus
- wird von der Hardware geprüft
- ist der erste Schritt nach Erhalt des Pakets
- Prüfsumme der Daten wird noch während des Empfangens berechnet
- Paket wird nicht an höhere Schichten weitergeleitet, falls Prüfsummen nicht identisch

Themenübersicht für die kommende Vorlesung:

- Ethernet-Kollisionsbehandlung detailliert
- exponentieller Backoff-Algorithmus
- Ethernet-Geräte und deren Klassifikation
- Address Resolution: ARP/RARP
- abseits des Ethernet

Ende Teil 3. Danke für die Aufmerksamkeit.