

Rechnernetze: Technische Grundlagen

LAN-Technik

(Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, FDDI)

28. Oktober 1999

WS 1999/2000 – Veranstaltungsnummer 260161

Guido Wessendorf

Zentrum für Informationsverarbeitung

Westfälische Wilhelms-Universität Münster

E-Mail: wessend@uni-muenster.de

Themenübersicht

- Definition lokaler Rechnernetze nach ISO/IEC
- Typische Eigenschaften Lokaler Rechnernetze
- Netzwerk-Topologien
- Physikalisches Übertragungsmedium
- Zugriffsverfahren / Standards
- Ethernet
- Fast Ethernet
- Gigabit Ethernet
- FDDI

Definition lokaler Rechnernetze nach ISO/IEC 847

Ein LAN (Local Area Network) ist ein Netzwerk mit folgenden Merkmalen:

- bit-serielle Übertragung von Informationen
- Übertragung zwischen unabhängigen, untereinander verbundenen Geräten
- gemeinsame Benutzung des Übertragungsmediums durch die verbundenen Geräte
- Möglichkeit der
 - Unicast- ("Einer mit Einem"),
 - Multicast- ("Einer mit Mehreren"),
 - Broadcast- ("Einer mit Allen")Kommunikation
- begrenzte geographische Ausdehnung
- beschränkt auf privaten Bereich des Benutzers

Typische Eigenschaften lokaler Rechnernetze

- hohe Übertragungsrate: zur Zeit ca. 10 MBit/s - 1 GBit/s
- niedrige Bit-Fehlerrate: ca. 10^{-8} – 10^{-11}
- räumliche Ausdehnung von ca. einigen 100 m bis einigen 10 km, z.B. Bürogebäude, Werksgelände, Campus, ...
- Anschluß unterschiedlicher Rechnerarchitekturen
- umfassendes Anwendungsspektrum, u.a.
 - Nachrichtenaustausch
 - Zugriff auf zentrale Betriebsmittel
 - Zugriff auf die Verarbeitungskapazität anderer Rechner
 - Zugriff auf zentrale Datenbestände

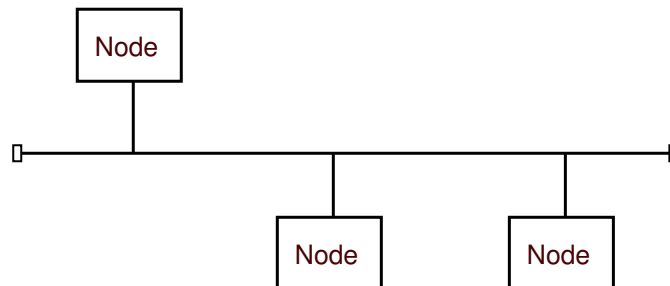
Netzwerk-Topologien

- Die Topologie eines Netzwerks zeigt die Art und Weise, wie die beteiligten Rechner- und Kommunikationssysteme miteinander verbunden sind (Unterscheidung physikalische/logische Topologie).
- Eine Topologie steht eng im Zusammenhang mit den verwendbaren Anschluß- und Zugriffs-Methoden.
- Die eingesetzten Methoden und Techniken geben dabei einzuhalten Regeln und Kenngrößen vor, u.A.:
 - min./max. Abstand benachbarter Geräte
 - max. Segmentlänge des Übertragungsmediums
 - max. Anzahl anschließbarer Geräte
 - Adressierung der Geräte
 - Übertragungs-Medium (Kupferkabel, Lichtwellenleiter, Funk), Übertragungs-Rate (Bit/s) und Übertragungs-Technik (Kodierung der Bits)
- Folgende Topologie-Grundformen sind verbreitet: Bus, Stern, Ring oder vermascht

Netzwerk-Topologien (2)

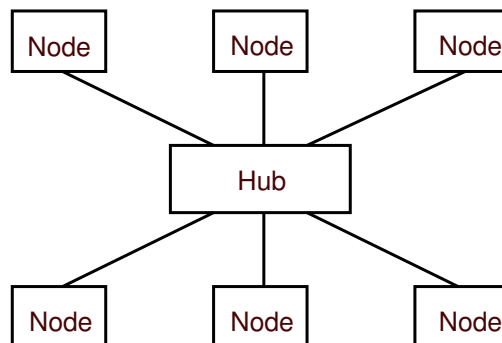
- linearer Bus – Ethernet / IEEE 802.3 (10Base2, 10Base5)
- sternförmig verkabelter Bus – Ethernet / IEEE 802.3i
(10BaseT, 100BaseT, 1000BaseT)
- sternförmig verkabelter Ring – Token Ring / IEEE 802.5
- gegenläufiger Doppelring – FDDI / ISO 9314
- vermascht – z.B. ATM

Bus-Topologie



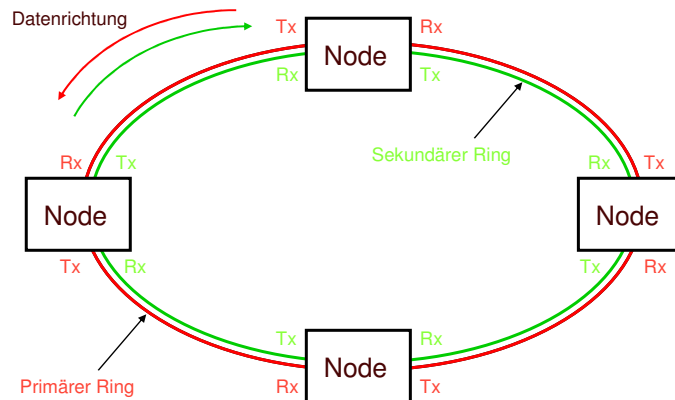
- + geringer Verkabelungsaufwand
- Störungen einzelner Systeme wirken sich auf gesamten Bus aus
- Management einzelner Systeme

Sternförmige-Topologie



- + bessere Managebarkeit und höhere Sicherheit
- + bessere Fehlerlokalisierung
- + gezieltes Freischalten/Abschalten von Ports
- + erlaubt neuere Technologien wie Fast-/Gigabit-Ethernet
- + i.d.R. Standard für heutige Gebäude-Neuverkabelungen
- Verkabelung aufwendig

Ring-Topologie



+ einfache Verkabelung

+ Fehlertoleranz

– deckt nur Fehler *eines* Kabelweges bzw. *eines* Systems ab

– neue Technologien i.d.R. für sternförmige bzw. vermaschte Topologien

Physikalisches Übertragungsmedium

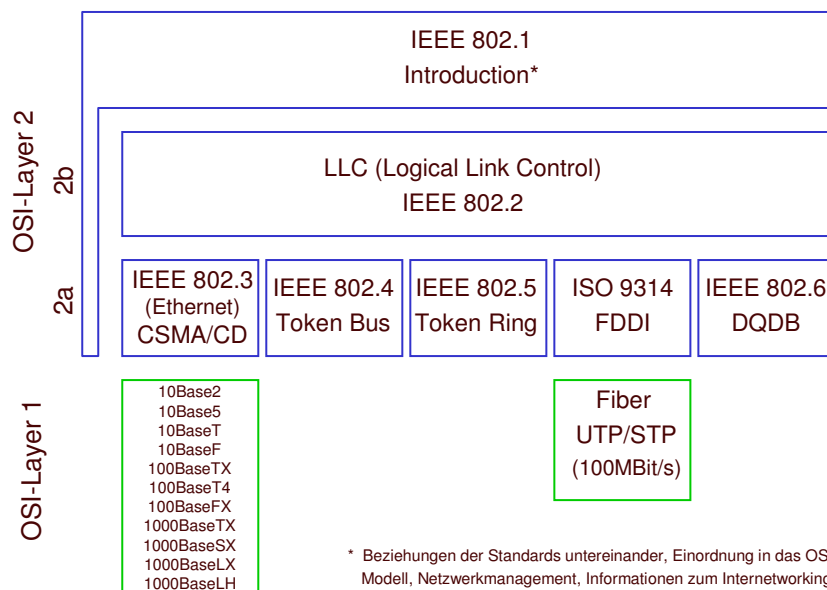
- Das physikalische Medium verbindet die am Netzwerk angeschlossenen Geräte und macht so Internetworking möglich.
- Die wesentlichen Grundtypen von physikalischen Übertragungsmedien sind zur Zeit:
 - Koaxialkabel
 - 10Base5 („Yellow Cable“, „Thick Ethernet“)
 - 10Base2 / RG-58 („Cheapernet“, „Thin Ethernet“)
 - verdrehtes Kupferkabel
 - Shielded Twisted Pair (STP)
 - Unshielded Twisted Pair (UTP)
 - Glasfaser
 - drahtlose Übertragung
 - ...

Physikalisches Übertragungsmedium (2)

Neuverkabelungen in der Regel nur noch mit

- Twisted Pair (Kategorie 5, UTP bzw. STP)
- Glasfaser
 - + abhörsicherer
 - + keine elektrischen Interferenzen
 - + unterstützt größere Kabellängen
 - + dünnes Kabel
 - nicht knicken!
 - Interface relativ teuer

Zugriffsverfahren / Standards (unvollständig!)



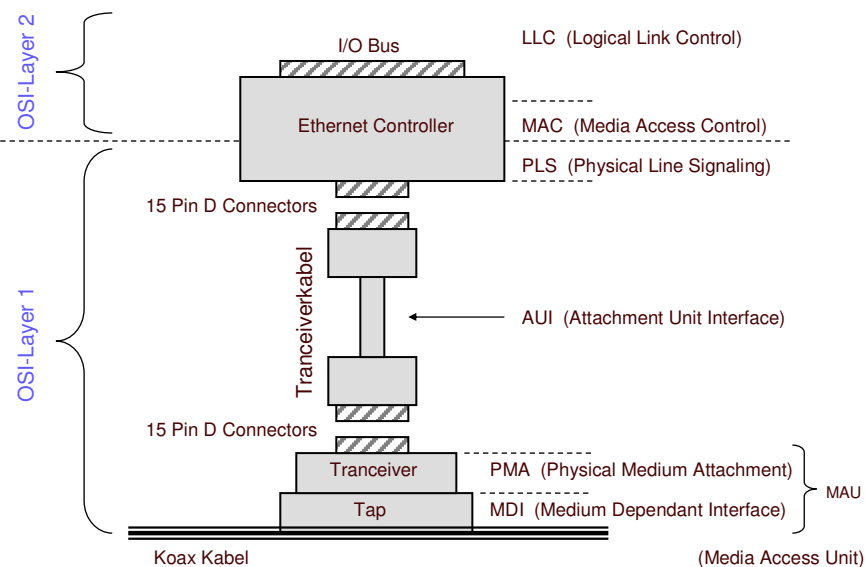
* Beziehungen der Standards untereinander, Einordnung in das OSI-Modell, Netzwerkmanagement, Informationen zum Internetworking

Ethernet

- Ethernet (Vers. 1) wurde in frühen 70'er Jahren entwickelt und 1980 als DIX-Standard (Digital, Intel und Xerox) veröffentlicht
- mit Modifikationen wurde Ethernet in IEEE 802.3 und ISO 8802/3 übernommen (DIX: Ethernet Vers. 2) (1985)
- Übertragungsrate: 10 MBit/s (10Base...)
- Zugriffsmethode basiert auf dem Carrier Sense Multiple Access mit Collision Detection (CSMA/CD) – Verfahren
- (zur Zeit) meist verbreitete Netzwerk-Technologie

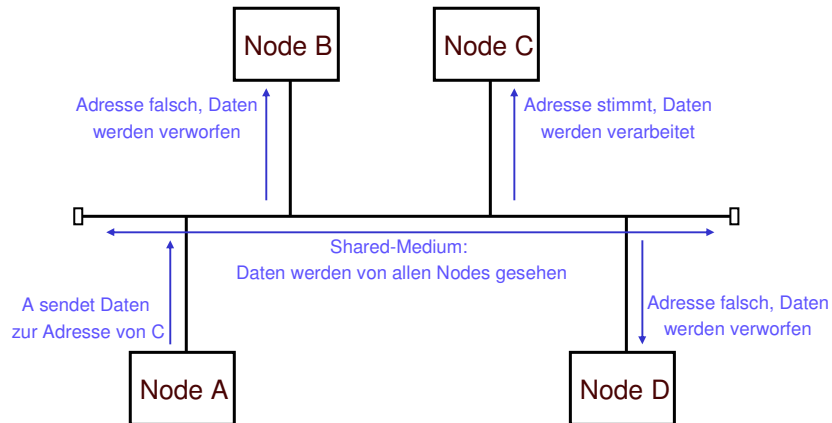
Die Ethernet-Architektur und das OSI-Modell

Beispiel: 10Base5-Architektur



Normale Ethernet-Operation

Node A sendet Daten nach Node C:

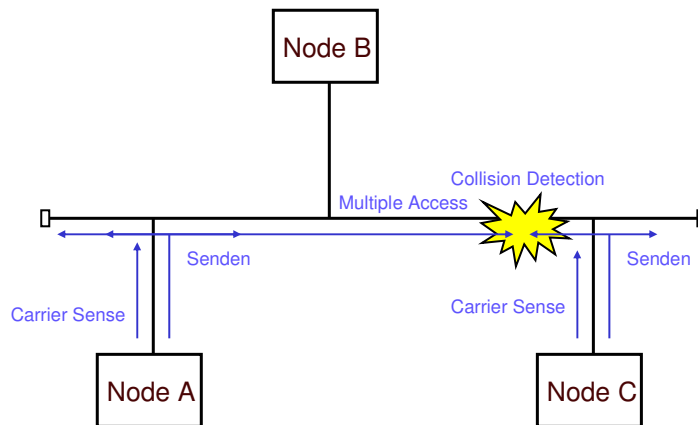


CSMA/CD

- Carrier Sense: Abhören des Übertragungsmediums durch sendewillige Station(en)
 - Multiple Access: gleichberechtigter konkurrierender Zugriff aller sendewilligen Stationen
 - Collision Detection: Abhören des Mediums während des Sendevorgangs (evtl. Feststellen von Kollisionen)
 - bei Kollision Absenden eines Jam-Signals
 - Abbruch aller Sendevorgänge nach Erkennen eines Jam-Signals
 - erneutes Senden der Daten nach zufällig ausgewählter Verzögerungszeit (Erkennung und Neusendung im Mikro–Millisekundenbereich)
 - Wiederholung des Verfahrens bei erneuter Kollision (max. 15×)
- ⇒ nichtdeterministisches Verfahren

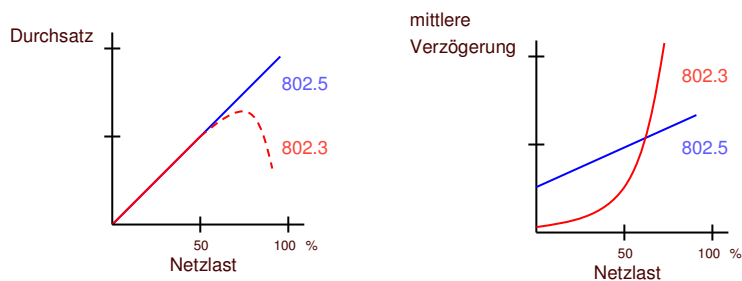
Ethernet Kollision

Station A und Station C wollen (\approx gleichzeitig) senden:



Vergleich Durchsatz / Verzögerung zwischen IEEE 802.3 und IEEE 802.5

- 802.3 CSMA/CD gehört zu den nichtdeterministischen Verfahren
- 802.5 Token Ring gehört zu den deterministischen Verfahren

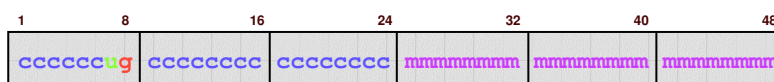


Aufbau eines Ethernet Frames

7 Bytes	Präambel
1 Byte	Frame-Anfangskennzeichnung
6 Bytes	Empfänger-Adresse
6 Bytes	Absender-Adresse
2 Bytes	Typ-Feld
46 bis 1500 Bytes	Daten
4 Bytes	Prüfsequenz

Paketlänge ohne Präambel und Frame-Anfangskennzeichnung: 64 - 1518 Bytes

Ethernet-Adresse (MAC-Adresse)



u = Universal-/Local-Bit (0 = Universal)

g = Individual-/Group-Bit (0 = Individual)

c = Company, Hersteller-Kennung

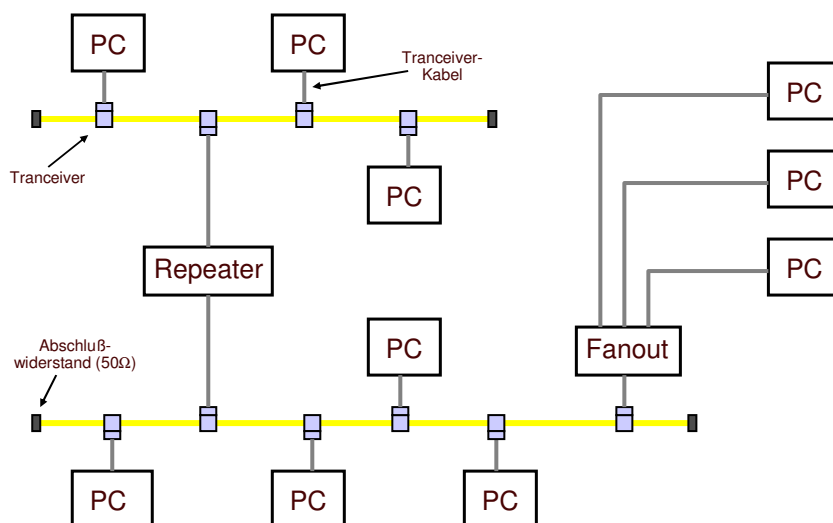
m = Manufacturer, Herstellerspezifische Kennung

Beispiel: 00:00:C0:31:53:D3

10Base5 („Yellow Cable“, „Thick Ethernet“)

- Medium: 50Ω Koaxialkabel, Ø 1cm
- Topologie: Bus
- Übertragungsrate: 10 MBit/s
- max. Länge eines Kabelsegments: 500 m
- max. Länge eines Tranceiverkabels: 50 m
- max. Netzausdehnung: 3000 m (max. 5 Segmente + AUI-Kabel)
- Mindestabstand zwischen zwei Tranceivern: 2,5 m
- max. Anzahl Stationen pro Segment: 100
- Anschluß des Rechners
 - externer Tranceiver am „Yellow Cable“
 - Tranceiverkabel (AUI: Attachment Unit Interface)
 - Adapterkarte im Rechner (Ethernet-Controller)
 - auch Doppel- oder Vierfach-Tranceiver möglich
 - Tranceiver-Multiplexer (Fanout) zum Anschluß von bis zu 8 Stationen an einen Tranceiver

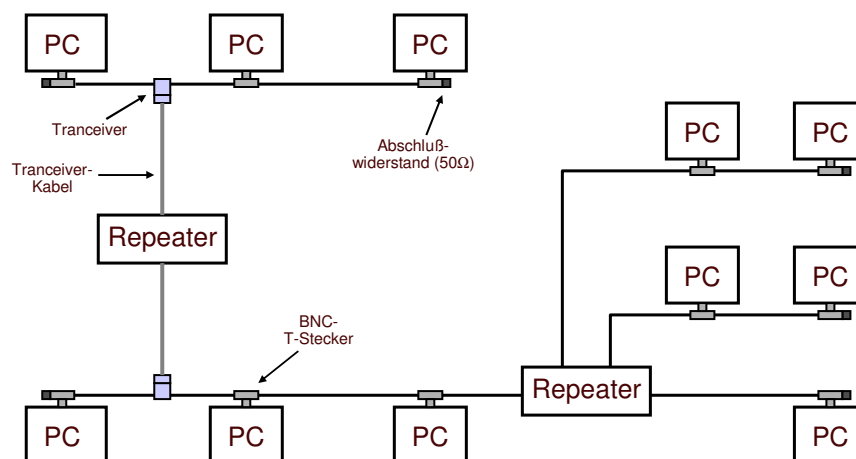
10Base5 – Anwendungsbeispiel



10Base2 („Cheapernet“, „Thin Ethernet“)

- Medium: 50Ω Koaxialkabel (Thin Ethernet, RG58), Ø 0,46 cm
- Topologie: Bus
- Übertragungsrate: 10 MBit/s
- max. Länge eines Kabelsegments: 185 m
- max. Netzausdehnung: 925 m (max. 5 Segmente)
- Mindestabstand zwischen zwei Anschlüssen: 0,5 m
- max. Anzahl Stationen pro Segment: 30
- Anschluß eines Rechners
 - interner Tranceiver auf Ethernet-Controller im Rechner
 - Anschluß des Controllers direkt mittels BNC-T-Stecker an das Koaxialkabel, d.h. das Übertragungsmedium wird bis zum Rechner geführt

10Base2 – Anwendungsbeispiel



10BaseT (Twisted Pair Verkabelung)

- Medium: Unshielded Twisted Pair (UTP) Kabel
- physikalische Topologie: Stern
- Übertragungsrate: 10 MBit/s
- max. Länge eines Kabelsegments: 100 m
(90 m Verteiler-Anschlußdose, 10 m Anschlußdose–Rechner)
- Anschluß eines Rechners
 - 8-poliger RJ45-Stecker (auch „Westernstecker“ genannt)
 - es gibt Twisted Pair Tranceiver für den Anschluß von AUI-Interfacen

10BaseF (Glasfaser-Verkabelung)

- Medium: zwei Glasfasern
- physikalische Topologie: Stern
- Übertragungsrate: 10 MBit/s
- max. Länge eines Kabelsegments: 2000 m (MultiMode)
- Anschluß eines Rechners
 - ST-Stecker
 - Fiber Optics Tranceiver für den Anschluß von AUI-Interfacen

Fast Ethernet

- Seit 1995: IEEE 802.3u 100BaseT Standard(s) verfügbar
- Medium:
 - 100BaseTX: Cat-5 UTP/STP (2-Paar Verdrahtung)
 - 100BaseT4: Cat-3,-4,-5 UTP (4-Paar Verdrahtung)
 - 100BaseFX: 2-adriges Glasfaserkabel
- physikalische Topologie: Stern
- Übertragungsrate: 100 MBit/s
- max. Länge eines Kabelsegments:
100BaseTX/T4: 100 m (wie 10BaseT), 100BaseFX: 412 m* (MM)
(* falls Repeater verwendet werden: weniger als 412 m)
- Anschluß eines Rechners:
 - 100BaseTX/T4: RJ45-Stecker
 - 100BaseFX: SC- oder ST-Stecker

Gigabit Ethernet

- Juni 1998: IEEE 802.3z 1000Base-X Standard(s) verabschiedet
- Medium:
 - 1000BaseTX: Cat-5 UTP (2-Paar Verdrahtung)
 - 1000BaseSX: „Short“ Wavelength, MultiMode
 - 1000BaseLX: „Long“ Wavelength, MultiMode/SingleMode
 - 1000BaseLH: „Long Haul“, SingleMode
- physikalische Topologie: Stern
- Übertragungsrate: 1 GBit/s
- Anschlußtechnik:
 - 1000BaseTX: RJ45-Stecker
 - 1000BaseSX/LX/LH: SC-Stecker

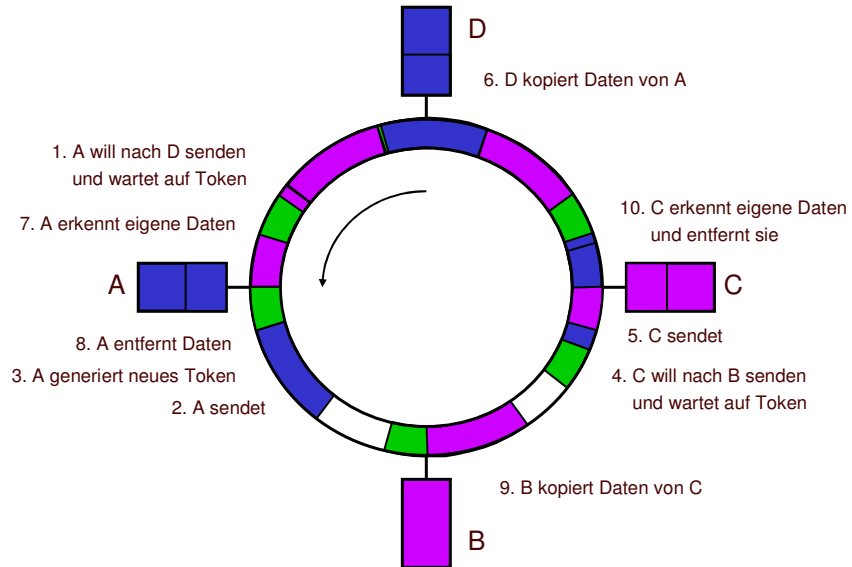
FDDI

- FDDI: Fiber Distributed Data Interface (ISO 9314)
- Übertragungsrate: 100 MBit/s
- erweiterte Ring-Topologie mit zwei gegenläufigen Glasfaser-Ring-Leitungen (Doppelring)
- Überbrückung von Kabelbrüchen und Knotenausfällen bei Stationen, die an beide Ringe angeschlossen sind, durch Bypass-Switch (⇒ fehlertolerantes Verkabelungssystem)
- max. Entfernung zwischen zwei Stationen: 2 km
- max. Ringumfang: 100 km
- max. Anzahl von Stationen: 1000
- FDDI ist hauptsächlich eine „Backbone“-Technologie

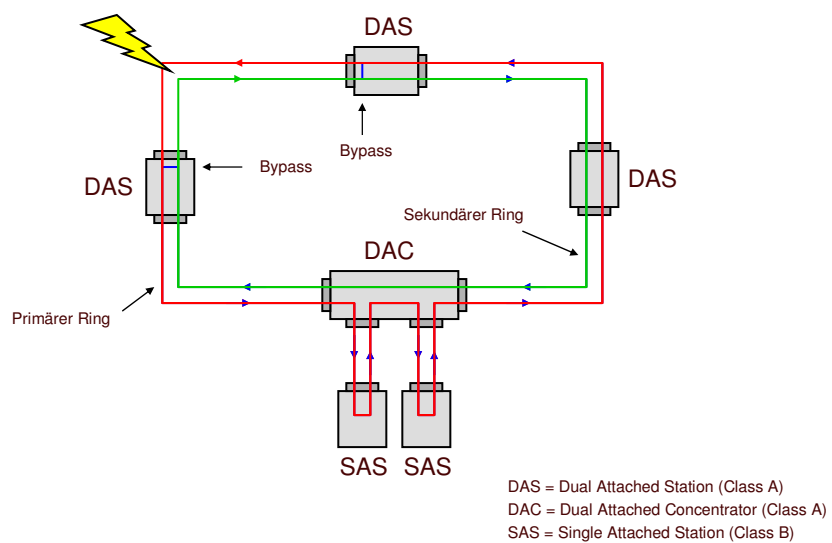
FDDI – Mediumzugangsprotokoll

- Token-Ring-Verfahren (deterministisches Verfahren)
- warten der sendewilligen Station auf bestimmtes Bitmuster (sogenanntes freies Token)
- Umwandlung des freien Token in ein belegtes Token durch Anhängen der zu übertragenden Daten
- Generierung eines neuen freien Token im Anschluß an die Übertragung
- Multiple-Token-Ring: Transport mehrerer Datenpakete gleichzeitig über den Ring
- Informationen über empfangene Daten am Ende des Frames
- Entfernung der Daten vom Ring durch den Sender

Multiple-Token-Verfahren



Backupverbindung durch optischen Bypass



DAS = Dual Attached Station (Class A)
 DAC = Dual Attached Concentrator (Class A)
 SAS = Single Attached Station (Class B)

Aufbau eines FDDI Frames

8 Bytes	Präambel
1 Byte	Frame-Anfangskennzeichnung
1 Byte	Rahmenkontrolle
6 Bytes	Empfänger-Adresse
6 Bytes	Absender-Adresse
variabel	Daten
4 Bytes	Prüfsequenz
1 Byte	Rahmenende, Frame-Status

max. Paketlänge inkl. Präambel und Rahmenende: 4500 Bytes