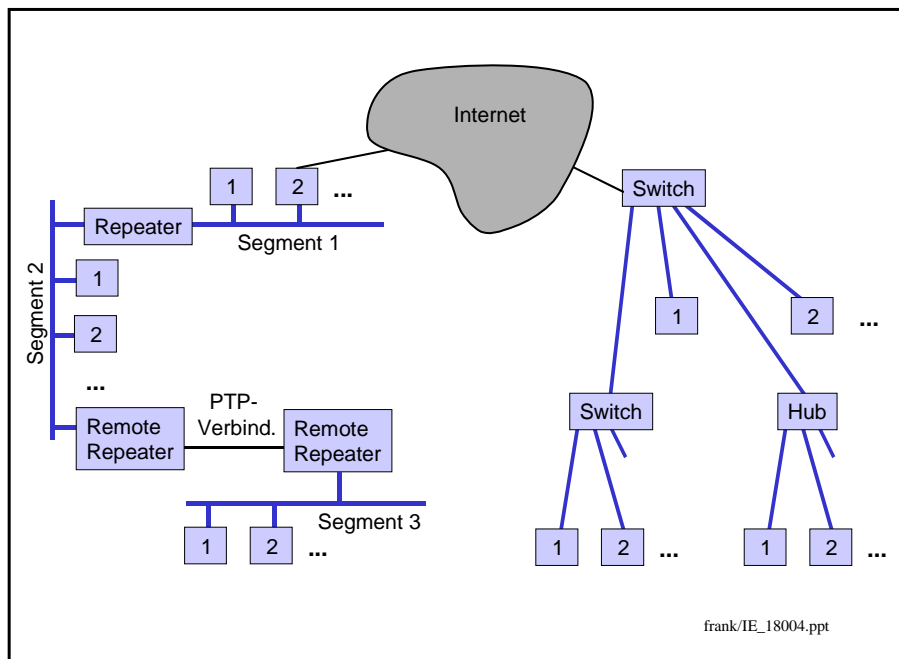


Einführung in Ethernet



Vorlesungsmanuskript

von

Prof. Dr.-Ing. Heinz Frank

Stand: 4/2010

1 Ethernet - Modelle

1.1 Shared Ethernet

Das Konzept für diese Art von LANs wurde von den Firmen Digital Equipment Corporation, Intel und Rank Xerox bereits in den 70er Jahren entwickelt und 1983 von der IEEE unter der Nummer 802.3 genormt.

Als Übertragungsmedium wurde das Koaxialkabel spezifiziert. Auf dieser Basis haben sich zunächst insbesondere zwei Typen durchgesetzt:

- 10Base5 (= Yellow Cable)

Dieser Standard wurde 1985 von dem IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) in der Norm IEEE 802.3 festgelegt.

Alle Netzteilnehmer werden parallel auf ein Koaxialkabel aufgeschaltet (siehe Bild 1-1).

Die Datenübertragung erfolgt im Basisband mit 10 Mbit/s über Entfernungen bis max. 500 m.

Die Entfernungen können durch den Einsatz von Repeatern vergrößert werden (siehe Bild 1-2):

- Local Repeater verbinden 2 Koaxialkabel-Segmente direkt miteinander,
- Remote-Repeater verbinden zwei Koaxialkabel-Segmente über eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung von max. 1000 m Länge, Beim Einsatz von LWL darf eine Signallaufzeit von 2,57 μ s nicht überschritten werden. [3]

- 10Base2 (= Thinwire Ethernet = Cheapernet)

Alle Netzteilnehmer werden parallel auf ein Koaxialkabel aufgeschaltet.

Die Datenübertragung erfolgt im Basisband mit 10 Mbit/s über Entfernungen bis max. 185 m.

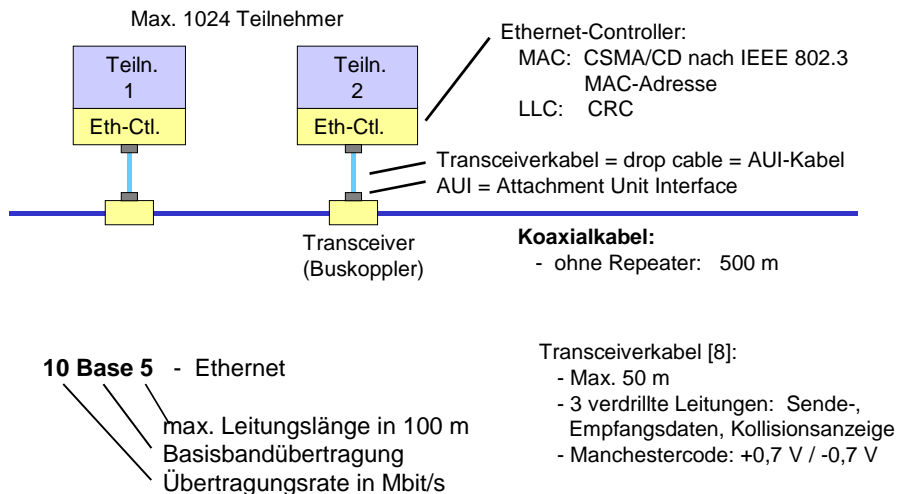


Bild 1-1: 10 Base 5 - Ethernet

Buszugriffsverfahren: CSMA/CD

Wenn ein Teilnehmer Daten übertragen möchte, muss er zunächst überprüfen, ob das Bussystem frei ist. Ist dieses der Fall, dann kann er seine Daten übertragen.

In manchen Fällen kann es passieren, dass zwei oder mehr Teilnehmer gleichzeitig einen Übertragungswunsch haben und das Bussystem als „frei“ erkennen. Wenn sie beginnen, ihre Daten gleichzeitig zu übertragen, dann kommt es auf dem Übertragungsmedium zu einer Kollision. Durch Mithören erkennen die sendenden Teilnehmer diese Kollision. In diesem Fall müssen sie dann ihre

Datenübertragung unterbrechen. Sie starten dann nach unterschiedlichen Wartezeiten jeweils ihren Übertragungsvorgang neu.

Bei CSMA/CD kann grundsätzlich ein Laufzeitproblem auftreten (siehe Bild 1-3). Dass die im Bild 1-4 dargestellte Kollision nicht als solche erkannt wird, hängt mit der Länge des Telegramms zusammen.

Bei Ethernet müssen die Telegramme deshalb eine bestimmte Mindestlänge haben. Dieses wird ggfs. durch das Einfügen von Leerzeichen (filler) erreicht. Das Auffüllen von Frames wird auch als Padding bezeichnet. [8]

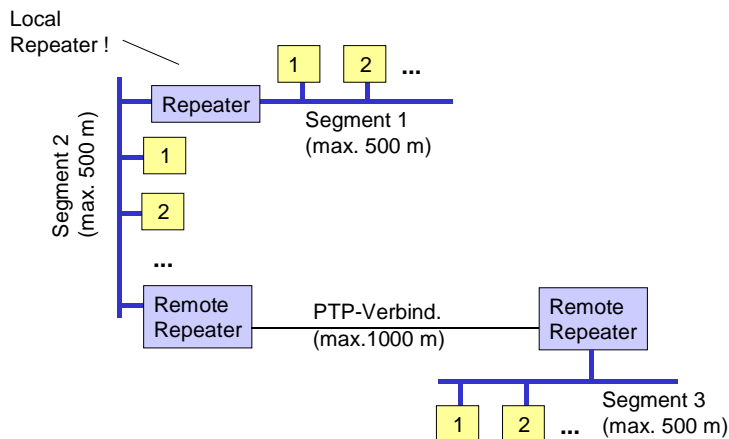
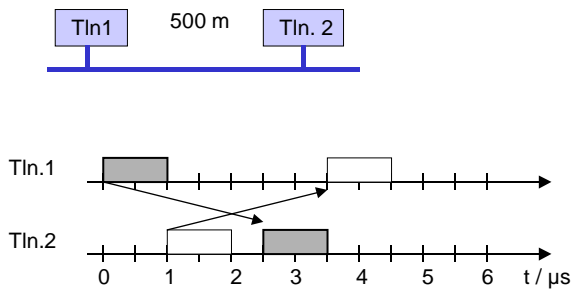


Bild 1-2: Max. Ausdehnung eines 10 Base 5 – Ethernet - Netzwerks



Annahmen:

- Ausbreitungsgeschw. der Signale = $\frac{2}{3}$ Lichtgeschw. = $200 \text{ m} / \mu\text{s}$
-> Signallaufzeit von Tln. 1 zu Tln. 2: $2,5 \mu\text{s}$
- Übertragungsrate: 100 Mbit/s
- Telegrammlängen: 100 Bit
-> Übertragungsdauer: $100 \text{ Bit} / 100 \text{ Mbit/s} = 1 \mu\text{s}$

Beispiel:

- $t = 0 \mu\text{s}$: Tln. 1 sendet Telegramm an Tln. 2 (Laufzeit $2,5 \mu\text{s}$)
- $t = 1 \mu\text{s}$: Tln. 2 sendet Telegramm an Tln. 1 (Laufzeit $2,5 \mu\text{s}$)

Bild 1-3: Laufzeitproblem bei CSMA/CD

1.2 Switched Ethernet

a) 10Base-T (T - Twisted Pair)

Die Teilnehmer werden über Zweidrahtleitungen (2 x 2 – adrige Leitungen) sternförmig an einen zentralen Sternkoppler (10 Base-T-Hub) angeschlossen. Es können mehrere Hubs hintereinander geschaltet werden, so dass ein Netz in Baumstruktur aufgebaut werden kann (siehe Bild 1-4).

Eigenschaften:

- Übertragungsrate: 10 Mbit/s
- UTP-Kabel der Kategorie 3
- Max. TP-Kabellänge: 100 m

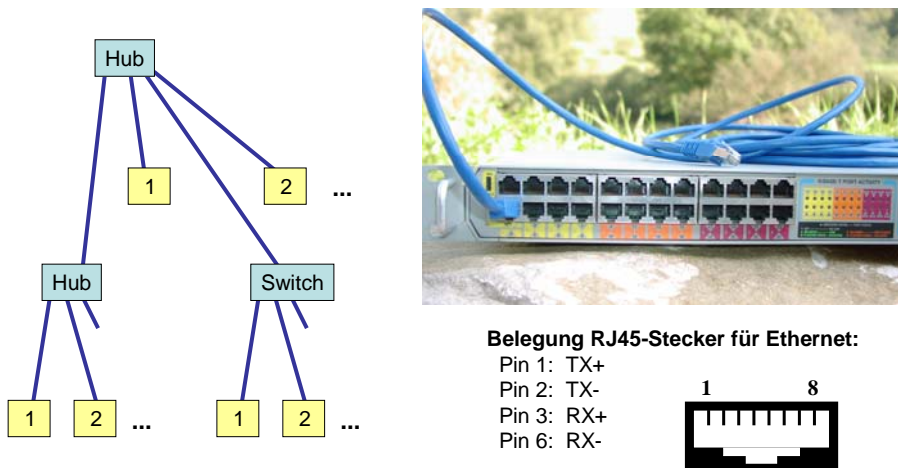


Bild 1-4: Ethernet auf Twisted-Pair-Kabeln

b) 100Base-TX (Fast Ethernet, Twisted Pair)

Jeder Netzteilnehmer wird über zwei Adernpaare direkt an einen Hub oder einen Switch angeschlossen (siehe Bild 1-2).

- Der Hub (= Sternkoppler) gibt alle über einen Port empfangenen Datenpakete an allen anderen Ports aus.
- Der Switch „lernt“ die Ethernet-Adresse des an einem Port angeschlossenen Teilnehmers und leitet dorthin nur noch diejenigen Datenpakete weiter, die an diesen Teilnehmer adressiert sind.

Eigenschaften:

- Übertragungsrate: 100 Mbit/s
- Kategorie-5-Kabel nach TIA-568 (TIA = Telecommunications Industry Association)
- RJ 45 Stecker
- max. TP-Kabellänge: 100 m

c) Arbeitsweise von Hubs und Switches

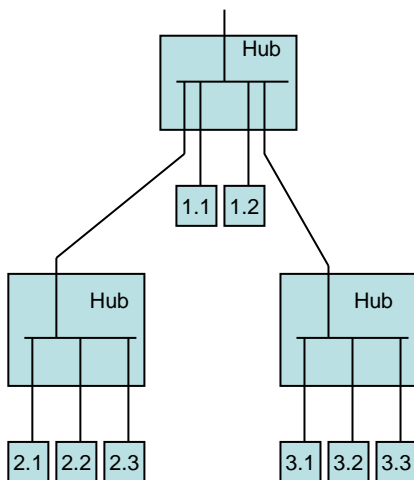
Ein Hub sendet ankommende Telegramme immer an alle angeschlossenen Geräte (= Multiport-Repeater). Ein Switch sendet ankommende Telegramme immer nur an den/die jeweiligen Adressaten weiter (= Multiport-Bridge).

Arbeitsweisen von Switches:

- Store and forward switching:
Vom Switch wird ein komplettes Telegramm empfangen und zwischengespeichert. Nach einer Überprüfung auf Fehler wird es entweder verworfen oder weitergeleitet. Dadurch entsteht bei einem 10-Mbit-Ethernet eine Verzögerung von 500-800 μ s.
- Cut through switching:
„Nach den ersten 12 Byte (Quell- und Zieladresse) wird entschieden, auf welchen Port das Telegramm weitergeleitet wird. Während auf dem Eingangsport noch der Empfang des restlichen Telegramms läuft, wird bereits am Ausgang dieses Telegramm schon wieder gesendet. Das führt zu einer sehr geringen Telegrammverzögerung (30-40 μ s bei 10-Mbit-Ethernet).“ [13]
- Intelligent switching:
„Der Switch schaltet automatisch je nach Netzlast und Fehlerhäufigkeit zwischen Cut through switching und Store and forward switching hin und her.“ [13]

Ethernet-Netzwerk mit Hubs:

Hub = Nabe = Sternkoppler
= Repeater mit mehreren Schnittst.



Ethernet-Netzwerk mit Switches:

Switch = Multiport-Bridge

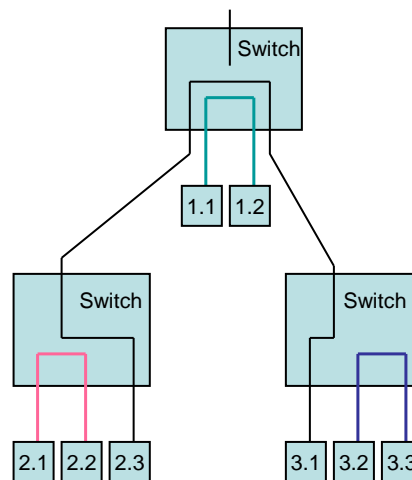


Bild 1-5: Ethernet-Netzwerke mit Hubs und Switches

Vorteile der Switching-Technologie (= Deterministisches Ethernet) (nach [5]):

- Lokaler Datenverkehr bleibt lokal.
- Ein Switch ist in der Lage, mehrere Datenflüsse parallel abzuwickeln, solange sie nicht den selben Port als Ziel haben (bis ca. 10 000 Telegr./s) .
- Daten werden nur auf Übertragungstrecken übertragen, über welche sie einen Empfänger erreichen. Dadurch wird die Übertragungskapazität des Gesamtnetzes sehr effektiv genutzt.
- Vorteile des verwendeten „Store-and-Forward“-Prinzips:
 - Fehlerhafte Daten werden nicht weitergeleitet und belasten somit nicht unnötig das Netz.

- Eingangs- und Ausgangsports können mit unterschiedlichen Übertragungsgeschwindigkeiten arbeiten.
 Autonegotiation - Automatische Einstellung auf Übertragungsrate 10 bzw. 100 Mbit/s.
- Die Kollisionsdomäne endet am Port des Switches, was die Netzprojektion erheblich vereinfacht.

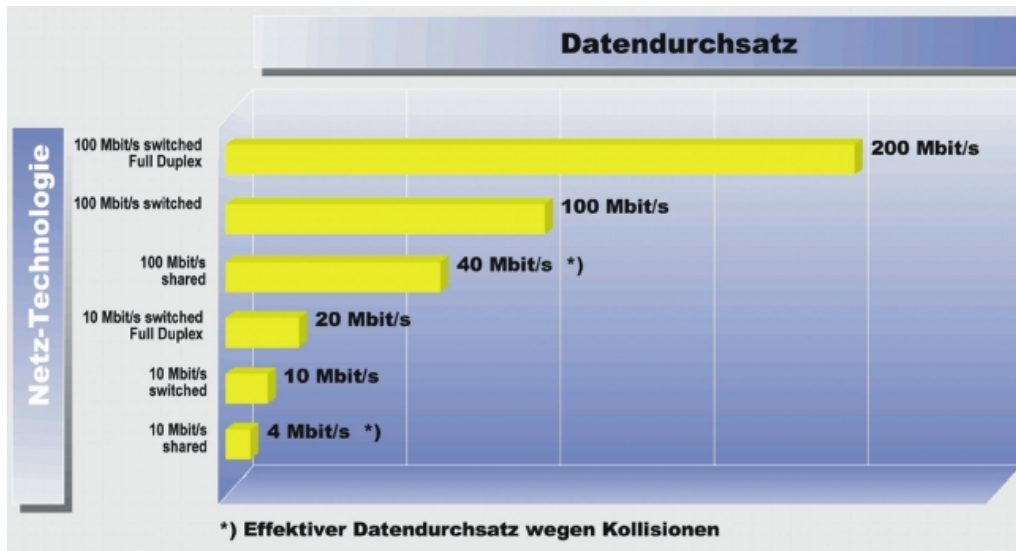


Bild 1-6: Datendurchsatz durch Ethernet-Netzwerke (Quelle: Fa. Siemens)

1.3 Besondere Eigenschaften von Switches

a) Routing

In Bild 1-7 ist beispielhaft ein Netzwerk mit zwei Switches und den dazu gehörenden Routing-Tabellen dargestellt.

- „Flooding“ Wenn für ein empfangenes Telegramm die Zieladresse nicht bekannt ist, wird dieses Telegramm über alle Ports weitergeleitet.
- „Aging Time“ Sie gibt an, wie alt eine MAC-Adr. In der Routing-Tabelle werden darf (i.a. 5 min). Nach dieser Zeit müssen die MAC-Adressen neu aktualisiert werden.

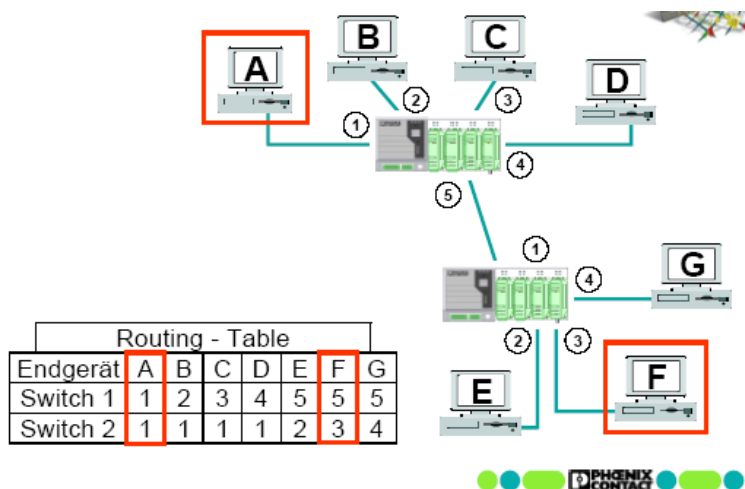
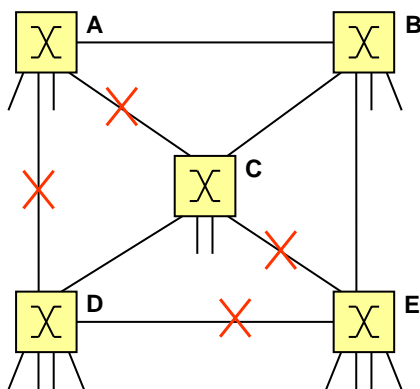


Bild 1-7: Ethernet-Netzwerk mit zwei Switches [Quelle: Phoenix Contact]

b) Aufbau redundanter Netze

Beim switched Ethernet muss die Topologie einer Baum-Struktur entsprechen. Eine Schleifenbildung mit alternativen Wegen, durch ein Netzwerk zu einem bestimmten Teilnehmer, darf es im Betrieb nicht geben. Dieses würde bei der Zuordnung von MAC-Adr. zu Ports zu Mehrdeutigkeiten führen.

Es können jedoch Netztopologien mit Alternativwegen projiziert werden (siehe Bild 1-8). Mit Hilfe des „Spanning Tree“-Protokolls werden dann automatisch Verbindungen zwischen Switches so geblockt, dass sich wieder eine Baumstruktur ergibt. Wird im Betrieb eine Verbindung unterbrochen konfigurieren die Switches entsprechend Alternativwege.



- Spanning Tree Protokoll:
 - > Auswahl eines Root-Switches (Switch mit kleinster MAC-Adr. wird Root-Switch !)
 - > Auswahl eines Switch pro Segment, der am nächsten zum Root Switch ist (designated switch)
 - > Alle Switche blocken ihre redundanten Ports.
- Switches kommunizieren für die Rekonfiguration auch über geblockte Verbindungen. (Reaktionszeit: im Sekundenbereich)

Bild 1-8: Spanning Tree Protokoll

c) Zeitverhalten eines Switches [19]

Das Zeitverhalten eines Switches im „Worst Case“-Fall ist in Bild 1-9 dargestellt. Zum Zeitpunkt $t = 0$ s stehen n Nachrichten an n Ports an. Die Übertragungsdauer der gesamten n Nachrichten ist denn:

$$t_{\text{ges}} = t_p + t_L + n \cdot t_p + (n-1) \cdot t_{\text{gap}}$$

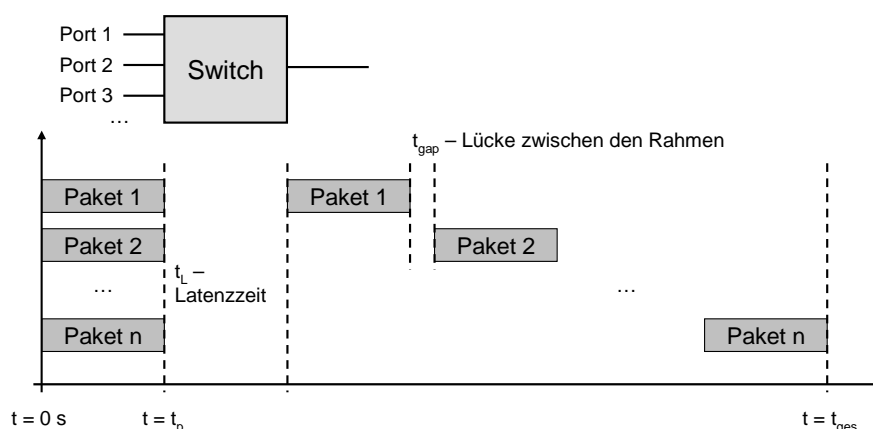


Bild 1-9: Zeitverhalten eines Switches

Zahlenbeispiel (nach Angaben der Fa. Hirschmann):

geg.: Anzahl Nachrichten:	$n = 10$	
Paketlänge:	520 Byte	
Übertragungsrate:	100 Mbit/s	$\rightarrow t_p = 41,6 \mu\text{s}$
Latenzzeit:	$t_L = 10 \mu\text{s}$	
Lücke zwischen Paketen:	$t_{\text{gap}} = 0,96 \mu\text{s}$	

$$t_{\text{ges}} = t_p + t_L + n \cdot t_p + (n-1) \cdot t_{\text{gap}} = (10 + 11 \cdot 41,6 + 9 \cdot 0,96) \mu\text{s} = 476 \mu\text{s}$$

Für Ethernet-Telegramme gelten die folgenden Extremwerte:

- minimale Nachrichtenlänge: 64 Byte $\rightarrow t_{p,\text{min}} = 5,1 \mu\text{s}$ (bei 100 MBit/s)
- maximale Nachrichtenlänge: 1526 Byte $\rightarrow t_{p,\text{max}} = 122,0 \mu\text{s}$

d) Unterstützung von „Trunked Ports“

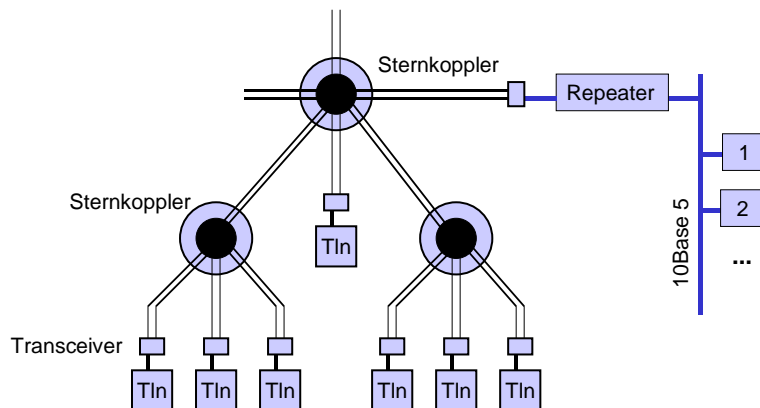
Wenn ein Switch Trunked Ports unterstützt, können damit innerhalb eines Ethernet-LANs virtuelle Netzwerke (VLAN) aufgebaut werden.

1.4 Ethernet auf Lichtwellenleitern: 100Base-FO (Fast Ethernet, Fiber Optic)

„Die IEEE 802.3u (100Base-FX)-Spezifikation definiert 100 Mbit/s Übertragung auf zwei 62,5/125 μm Glasfaser-Lichtwellenleiter (Fiber Optic). Die Glasfasertechnik ist prinzipiell geeignet, größere Entfernungen zu überbrücken. Das CSMA/CD-Zugriffsverfahren begrenzt jedoch auch hier die gesamte Netzausdehnung (Kollisionsdomäne) auf 412 m.

Die hervorragende Hochgeschwindigkeits-Übertragungsleistung einer Glasfaserstrecke lässt sich erst im Zusammenhang mit der Switching Technologie voll ausnutzen.“ [9]

In Bild 1-10 ist ein Beispiel für ein 100Base-FX Netzwerk dargestellt.



- Passive Sternkoppler:
- Aufspaltung eines opt. Eingangssignals auf ein oder mehrere Ausgänge durch passive opt. Komponenten;
 - Entfernung zwischen Sternkoppler und Transceiver: $\leq 500 \text{ m}$;

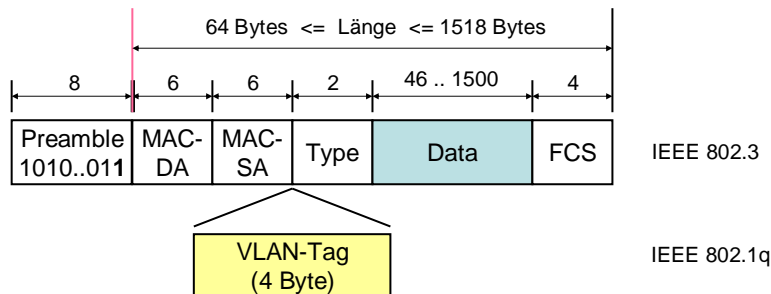
- Aktive Sternkoppler:
- Verknüpfung mehrerer LWL-Verbindungen, wobei die Signale regeneriert werden;
 - Entfernung zwischen Sternkoppler und Transceiver: $\leq 1000 \text{ m}$

Bild 1-10: Ethernet auf Lichtwellenleitern

2 Telegramme

2.1 Ethernet-Telegramme

Ethernet -Telegramme haben das in Bild 2-1 dargestellte Rahmenformat (frame format). [6]



Preamble: 10-Folge zur Synchronisation und Erkennung des Telegrammanfangs

SFD: Starterkennung (Starting Frame Delimiter)

MAC-DA: Zieladresse (Destination Address): MAC-Adresse der empfangenden Netzwerkkarte

MAC-SA: Quelladresse (Source Address): MAC-Adresse der sendenden Netzwerkkarte

MAC-Adresse: 11 22 33 44 55 66 Hex

Hersteller lfd. Nr.

VLAN-Tag: Für die Verwaltung von virtuellen Netzwerken (VLAN) können Switches entsprechend der Norm IEEE 802.1q ein VLAN-Tag einfügen.

Type: Typinformation: gibt SAPs (Service Access Point = Dienst-Zugriffs-Punkt an)

(älteren Telegramme: An Stelle der Type wird die Anzahl der Datenbytes angegeben)

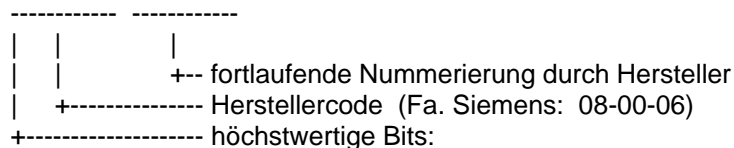
FCS: Prüfzeichen (Frame Check Sequence): CRC-Prüfzeichen

Bild 2-1: Ethernet-Telegramm

Ethernetadresse:

Die **Ethernetadresse** (= MAC-ID = Node-Number) wird vom Hersteller in den physikalischen Ethernetadapter (Netzwerkkarte, Printserver, Com_Server, Router, ...) fest eingebrannt und steht damit für jedes Endgerät fest und kann nicht geändert werden. Sie besteht aus 6 Bytes und ist weltweit einmalig [2].

Beispiel: 00.C0.3D.00.27.8B



I/G-Bit (Individual / Group) unterscheidet zwischen einer gerichteten Adresse (I/G-bit = 0: Unicast) und Multicast/Broadcast (I/G-Bit = 1).

U/L-Bit (Universal/Local) unterscheidet zwischen registrierter und nicht registrierter Adresse

Type:

Die Type gibt Auskunft über die Art der Daten, die im Datenfeld übertragen werden:

0800 - IP-Protokoll

0805 - X.25 Level 3

0806 - ARP (Address Resolution Protocol)

...

FCS = Frame Check Sequence:

Fehler bei der Datenübertragung werden nach dem Verfahren der „zyklischen Blocksicherung“ (CRC = Cyclic Redundancy Check oder FCS = Frame Check Sequence) erkannt.

CRC-32 Generatorpolynom:

$$x^{32} + x^{25} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$

802.1q – VLAN-Tag:

Ether Type (2Byte):	reserviert für spätere Nutzung (zur Zeit immer 0x8100)
User Priority Field 802.1p (3 Bit):	000 - Best Effort (Default) 011 - Excellent Effort 100 - Controlled Load 101 - Interactive Video (jitter and latency sensitive) 110 - Interactive Voice (jitter and latency sensitive) 111 - Network Control
Canonical Format Identifier (1 Bit):	... (nur für Token Ring wichtig)
VLAN-Identifizier (12 Bit):	Zugehörigkeit des Frames zu einem VLAN

Eigenschaften:

- Es können keine verschiedenen Netze adressiert werden.
- Ethernet arbeitet verbindungslos -> Der Absender erhält vom Empfänger keine Bestätigung, ob das Telegramm angekommen ist.
- Wird von Fa. Siemens als „Industrial Ethernet“ (früher: SINEC H1) bezeichnet.

```

0000  08 00 06 20 ca 38 00 30  de 00 23 6b 08 00 45 00
0010  00 32 41 c3 00 00 40 06  73 95 8d 07 d5 b6 8d 07
0020  d5 a8 01 f6 01 f6 05 ba  7d 00 14 e3 1d bb 50 18
0030  05 dc 29 2f 00 00 00 00  00 00 00 04 01 01 01 00

```

```

☒ Frame 2 (64 on wire, 64 captured)
☒ Ethernet II
  Destination: 08:00:06:20:ca:38 (08:00:06:20:ca:38)
  Source: 00:30:de:00:23:6b (00:30:de:00:23:6b)
  Type: IP (0x0800)
☒ Internet Protocol
  Version: 4
  Header length: 20 bytes
☒ Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP 0x00: Default; ECN: 0x00)
  Total Length: 50
  Identification: 0x41c3
☒ Flags: 0x00
  Fragment offset: 0
  Time to live: 64
  Protocol: TCP (0x06)
  Header checksum: 0x7395 (correct)
  Source: labor-182.kuen.fh-heilbronn.de (141.7.213.182)
  Destination: labor-168.kuen.fh-heilbronn.de (141.7.213.168)
☒ Transmission Control Protocol, Src Port: 502 (502), Dst Port: 502 (502), seq: 96107776, Ack: 350428603
  Source port: 502 (502)
  Destination port: 502 (502)
  Sequence number: 96107776
  Next sequence number: 96107786
  Acknowledgement number: 350428603
  Header length: 20 bytes
☒ Flags: 0x0018 (PSH, ACK)
  Window size: 1500
  Checksum: 0x292f (correct)
  Data (10 bytes)

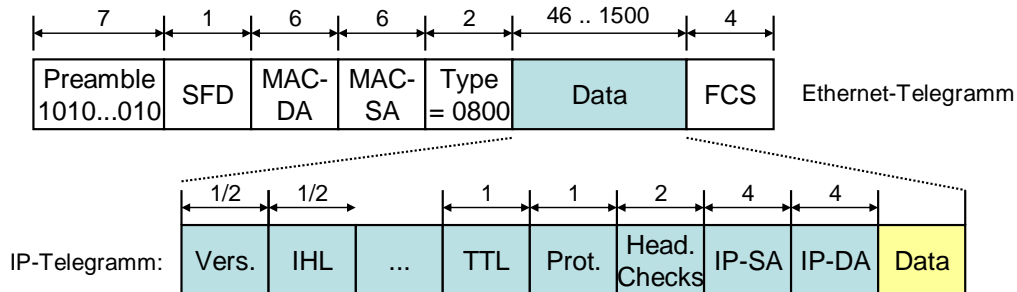
```

Bild 2-2: Beispiel für ein Ethernet-Telegramm

2.2 Internet-Protocol (IP)

Die Übertragung eines IP-Telegramms (Internet Protocol) innerhalb eines Ethernet-Telegramms ist in Bild 2-3 dargestellt.

Die Struktur der IP-Adressen zeigt Bild 2-4. Sie ermöglicht eine Wegefindung durch mehrere Netzwerke.



- Version: Es können unterschiedliche IP-Versionen unterschieden werden (z.Zt.: V. 4).
- IHL: Internet Header Length (Länge des IP-Headers in 32-Bit-Worten)
- TTL: Die *Time to Live* definiert die Zeitdauer, die das Paket noch im Netzwerk verweilen darf (max. 256). Die Zahl wird in jedem vermittelnden Gerät um 1 dekrementiert.
- Protokoll: Service Access Point (SAP) für das Protokoll der Ebene 4:
z.B.: 6 - TCP; 17 - UDP; ...
- Header-Checksum: Längsparitätsbits über den IP-Header
- IP-SA: IP-Quelladresse (source address)
- IP-DA: IP-Zieladresse (destination address)

Bild 2-3: IP-Telegramm

a) Beispiel

IP-Adresse: **141.7.213.41** = **10001101 00000111** 11010101 00101001
 Subnetmask: **255.255.255.0** = **11111111 11111111** 11111111 00000000

Netzwerkadr. (Net-ID): **141.7.213.0** = **10001101 00000111** 11010101 00000000
 Stationsadr. (Host-ID): **41**

b) Klassen von IP-Adressen

Klasse	Netzwerknr.	Stationsnr.	Startbits	Adressierungsbereich
A	8 Bit	24 Bit	0..	0.0.0.0 ... 127.255.255.255
B	16 Bit	16 Bit	10..	128.0.0.0 ... 191.255.255.255
C	24 Bit	8 Bit	110..	192.0.0.0 ... 223.255.255.255
D	Multicastadr.		1110.	224.0.0.0 ... 239.255.255.255

Bild 2-4: IP-Adressen

Eine Multicast-Adresse bezeichnet eine Gruppe von Teilnehmern. Beim Multicasting sendet ein Teilnehmer sein Telegramm an eine bestimmte Multicast-IP-Adresse, z.B. an einen Router. Dieser Router repliziert die Telegramme und sendet sie an mehrere Stationen.

Feste Multicast-Adressen: 224.0.0.0 Base Address (reserved)
 224.0.0.1 All Systems on this subnet
 224.0.0.2 All Routers on this subnet

2.3 Transport Control Protocol (TCP)

Das TCP (siehe Bild 2-5) zeichnet sich durch die folgenden Merkmale aus:

- TCP ist ein verbindungsorientiertes Protokoll. Dabei wird die Verbindung zwischen zwei Endsystemen aufgebaut. Die vermittelnden Systeme zwischen den beiden Endsystemen haben keine Kenntnis über die „virtuelle Verbindung“.
- Die von einer Anwendungssoftware an die TCP-Schicht übergebenen Daten werden zunächst zwischengespeichert. Es können mehrere kleine Datenmengen in einem gemeinsamen Telegramm übertragen werden. Große Datenmengen werden in Datensegmente zerlegt.
- Die übertragenen Datensegmente werden fortlaufend durchnummeriert. Damit können sie beim Empfänger in der richtigen Reihenfolge zusammengesetzt werden.
- TCP unterstützt einen Vollduplex-Datenstrom zwischen den Teilnehmern. [12]
- Die Quittierungsnummer (acknowledge number) dient der Quittierung der Telegramme:
 - Es können mehrere Telegramme in einem Quittierungstelegramm quittiert werden.
 - Mit dem Quittierungstelegramm können gleichzeitig Daten in Gegenrichtung übertragen werden.
- Die Zeit zwischen dem Senden eines Telegramms und der Quittierung durch den Empfänger wird überwacht („Time-Out“).
- Die Adressierung geschieht durch die im IP-Protokoll übertragene IP-Adresse und eine sog. Port-Nummer [6]:
 - Die Port-Nummer eines Servers enthält die Nummer eines Dienstes (1 ... 1024: well known Port numbers):
 - 20: Zugriff auf Dateien eines FTP-Servers,
 - 21: Steueranweisungen an FTP-Server
 - 23: Terminal Login, um auf dem Server Programme ausführen oder Dienste nutzen zu können (TELNET),
 - 25: Übertragung von E-Mails und Meldungen an einen Mail-Server (SMTP),
 - 80: Zugriff auf HTML-Seiten,
 - 102: Prozesswerte von einer Steuerung lesen (ISO-TSAP Class 0).
 - Bei Clients wird die Port-Nummer willkürlich gewählt. Hierfür stehen die Nummern 49152 Bis 65535 zur Verfügung.

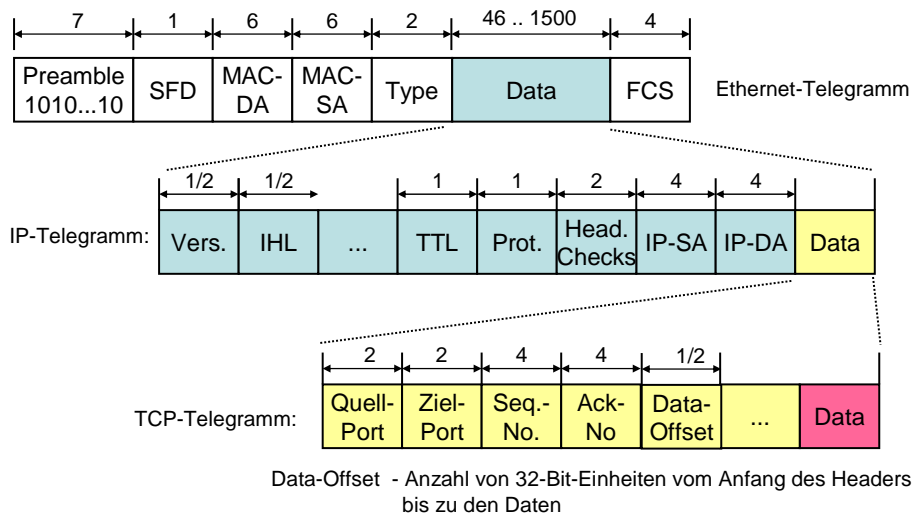


Bild 2-5: TCP-Telegramm

<u>Client</u>	ACK	SYN	FIN	RST	Seq.no.	Ack.no.	Bytes	<u>Server</u>
Aufforderung Verbind.aufbau:	0	1	0	0	1000	????	0	→
Bereit zum Verbind.aufbau:	1	1	0	0	5000	1001	0	←
Aufforderung Verbind.aufbau:	1	0	0	0	1001	5001	0	→
Daten und Quittierung:	1	0	0	0	1001	5001	200	→
Daten und Quittierung:	1	0	0	0	1201	5001	300	→
Daten und Quittierung:	1	0	0	0	5001	1501	100	←
Letzte Daten und Quitt.:	1	0	1	0	1501	5101	150	→
Quitt. u. Aufford. Verb.abbau:	1	0	0	1	5101	1651	0	←
Aufforderung Verb.abbau:	0	0	0	1	1651	5101	0	→

Bild 2-6: Beispiel für einen Verbindungsauf- und -abbau

No. -	Time	Source	Destination	Protocol	Info
5	12.975858	141.7.213.182	141.7.213.187	TCP	1024 > 44818 [SYN] Seq=0 Ack=0 win=16384 Len=0
6	12.976523	141.7.213.187	141.7.213.182	TCP	44818 > 1024 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 win=16000 Len=0
7	12.977311	141.7.213.182	141.7.213.187	TCP	1024 > 44818 [ACK] Seq=1 Ack=1 win=16384 Len=0
8	12.979029	141.7.213.182	141.7.213.187	HTTP	Request: list Services. Session=0x00000000

```

Frame 5 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)
Ethernet II, Src: 00:00:bc:07:05:aa, Dst: 00:30:de:00:4c:dc
Internet Protocol, Src Addr: 141.7.213.182 (141.7.213.182), Dst Addr: 141.7.213.187 (141.7.213.187)
Transmission Control Protocol, Src Port: 1024 (1024), Dst Port: 44818 (44818), Seq: 0, Ack: 0, Len: 0
  Source port: 1024 (1024)
  Destination port: 44818 (44818)
  Sequence number: 0
  Header length: 40 bytes
  Flags: 0x0002 (SYN)
  window size: 16384
  Checksum: 0xccaf (correct)
  options: (20 bytes)
    
```

No. -	Time	Source	Destination	Protocol	Info
5	12.975858	141.7.213.182	141.7.213.187	TCP	1024 > 44818 [SYN] Seq=0 Ack=0 win=16384 Len=0
6	12.976523	141.7.213.187	141.7.213.182	TCP	44818 > 1024 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 win=16000 Len=0
7	12.977311	141.7.213.182	141.7.213.187	TCP	1024 > 44818 [ACK] Seq=1 Ack=1 win=16384 Len=0
8	12.979029	141.7.213.182	141.7.213.187	HTTP	Request: list Services. Session=0x00000000

```

Frame 6 (60 bytes on wire, 60 bytes captured)
Ethernet II, Src: 00:30:de:00:4c:dc, Dst: 00:00:bc:07:05:aa
Internet Protocol, Src Addr: 141.7.213.187 (141.7.213.187), Dst Addr: 141.7.213.182 (141.7.213.182)
Transmission Control Protocol, Src Port: 44818 (44818), Dst Port: 1024 (1024), Seq: 0, Ack: 1, Len: 0
  Source port: 44818 (44818)
  Destination port: 1024 (1024)
  Sequence number: 0
  Acknowledgement number: 1
  Header length: 24 bytes
  Flags: 0x0012 (SYN, ACK)
  window size: 16000
  Checksum: 0xbec2 (correct)
  options: (4 bytes)
    
```

No. -	Time	Source	Destination	Protocol	Info
5	12.975858	141.7.213.182	141.7.213.187	TCP	1024 > 44818 [SYN] Seq=0 Ack=0 win=16384 Len=0
6	12.976523	141.7.213.187	141.7.213.182	TCP	44818 > 1024 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 win=16000 Len=0
7	12.977311	141.7.213.182	141.7.213.187	TCP	1024 > 44818 [ACK] Seq=1 Ack=1 win=16384 Len=0
8	12.979029	141.7.213.182	141.7.213.187	HTTP	Request: list Services. Session=0x00000000

```

Frame 7 (60 bytes on wire, 60 bytes captured)
Ethernet II, Src: 00:00:bc:07:05:aa, Dst: 00:30:de:00:4c:dc
Internet Protocol, Src Addr: 141.7.213.182 (141.7.213.182), Dst Addr: 141.7.213.187 (141.7.213.187)
Transmission Control Protocol, Src Port: 1024 (1024), Dst Port: 44818 (44818), Seq: 1, Ack: 1, Len: 0
  Source port: 1024 (1024)
  Destination port: 44818 (44818)
  Sequence number: 1
  Acknowledgement number: 1
  Header length: 20 bytes
  Flags: 0x0010 (ACK)
  window size: 16384
  Checksum: 0xd4ff (correct)
  SEQ/ACK analysis
    
```

Bild 2-7: Beispiel für einen Verbindungsaufbau

2.4 User Datagram Protocol (UDP)

Das UDP setzt wie TCP auf IP auf (siehe Bild 2-8). Es ist durch die folgenden Merkmale gekennzeichnet:

- Im Gegensatz zu TCP arbeitet UDP verbindungslos, d.h. jedes Datenpaket wird als Einzelsendung behandelt, und es gibt keine Rückmeldung darüber, ob ein Paket beim Empfänger angekommen ist.
- Der Verwaltungsaufwand für UDP ist wesentlich geringer als bei TCP:
 - Die Länge des Headers beträgt 8 Byte (TCP: 20 Byte),
 - Telegramme zum Auf- und Abbau von Verbindungen entfallen,
 - Quittierungen entfallen.

Wegen dieser Merkmale eignet sich UDP insbesondere für eine effektive Übertragung kurzer Nachrichten und wird deshalb zur Zeit für den Einsatz in Feldbussen auf Ethernet-Basis diskutiert.

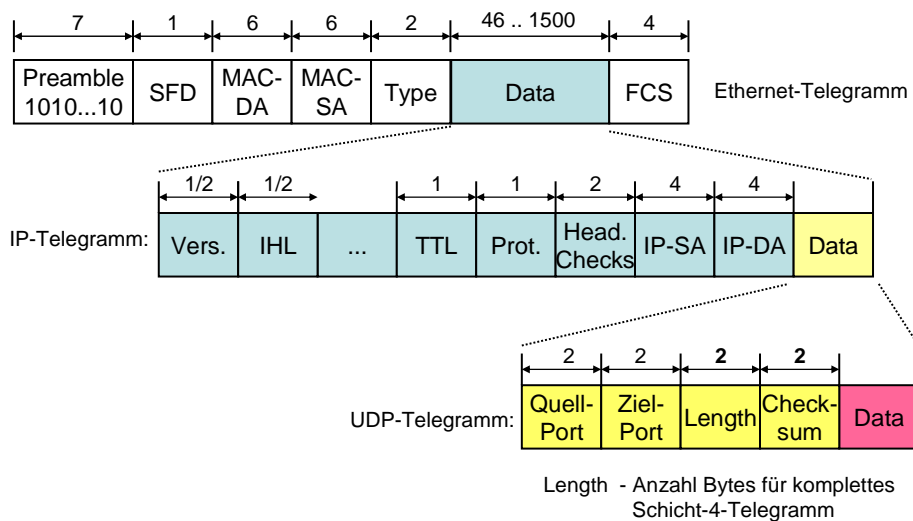


Bild 2-8: UDP-Telegramm

```

type: IP (0x0000)
  Internet Protocol
    Version: 4
    Header length: 20 bytes
    Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP 0x00: Default; ECN: 0x00)
    Total Length: 72
    Identification: 0x0fe7
    Flags: 0x00
    Fragment offset: 0
    Time to live: 128
    Protocol: UDP (0x11)
    Header checksum: 0x39fb (correct)
    Source: labor-162.kuen.fh-heilbronn.de (141.7.213.162)
    Destination: dns1.rz.fh-heilbronn.de (141.7.1.18)
  User Datagram Protocol
    Source port: 1179 (1179)
    Destination port: domain (53)
    Length: 52
    Checksum: 0x4f34 (correct)
  Domain Name System (query)
    Transaction ID: 0x000a
    Flags: 0x0100 (standard query)
    Questions: 1
    Answer RRs: 0
    Authority RRs: 0
    Additional RRs: 0
  Queries
  
```

UDP-Portnr.	UDP-Dienst
53	DNS
67, 68	BootP
520	RIP

Bild 2-9: Beispiel für ein UDP-Telegramm

3 Internet-Anwendungsdienste

3.1 Übersicht

„Das **Internet** ist die Gesamtheit aller Netzwerke und Computer, die über TCP/IP-Verbindungen erreichbar sind. Dazu zählen u.a. die firmeninternen Netzwerke, die auch Internettechnologien anwenden und Intranets genannt werde.“ [6]

„Die Inanspruchnahme bzw. Bereitstellung der Internet-Anwendungsdienste basiert auf dem Client-Server-Prinzip.“

Soll der Dienst von einem anderen System im Internet aus in Anspruch genommen werden, so muss dort für den Dienst ein Client-Prozess existieren, der eine Verbindung zu dem Server-Prozess herstellt, über die dann Kommandos/Daten des Anwenders zum Server geleitet werden und dessen Antworten/Daten zum Anwender zurückfließen.“ [3]

Für die unterschiedliche Anwendungsdienste wurden jeweils entsprechende Protokolle standardisiert. In Bild 3-1 ist eine Übersicht über die wichtigsten Internet-Protokolle dargestellt.

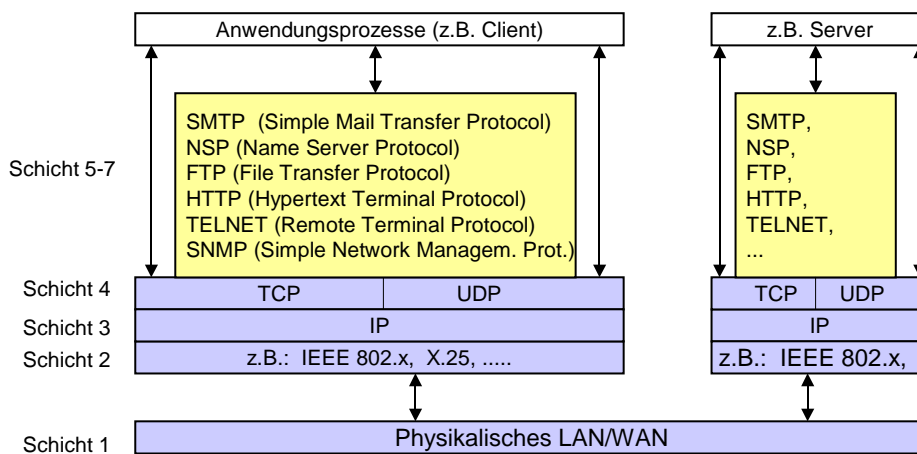


Bild 3-1: Internet-Protokolle

Internet-Protokolle								
OSI-Schicht		Internet Protokoll Suite						DOD Schicht
7	Anwendung	File Transfer	Electronic Mail	Terminal Emulation	Usenet News	Domain Name Service	World Wide Web	Art der Kommunikation
6	Darstellung	File Transfer Protocol (FTP) RFC 959	Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) RFC 821	Telnet Protocol (Telnet) RFC 854	Usenet News Transfer Protocol (NNTP) RFC 977	Domain Name Service (DNS) RFC 1034	World Wide Web (WWW) RFC	Applikation
5	Sitzung							
4	Transport	Transmission Control Protocol (TCP) RFC 793					User Datagram Protocol (UDP) RFC 768	Host to Host Kommunikation
3	Netzwerk	Address Resolution Protocol (ARP) RFC 826	Internet Protocol (IP) RFC 791				Internet Control Message Protocol RFC 792	Internet
2	Sicherung	Ethernet		Token Ring	DQDB	FDDI	ATM	lokales Netzwerk
1	Physikalische Übertragung	Twisted Pair	Lichtwellenleiter	Coaxkabel		Funk	Laser	Netzzugriff

IETF = Internet Engineering Task Force: Arbeitsgruppen entwickeln RFCs

IESG = Internet Engineering Steering Group: entscheidet über RFCs

Bild 3-2: Internet-Protokolle (Quelle: <http://www.netzmafia.de/skripten/netze/netz8.html>)

3.2 Protokolle für e-mail

a) Simple Mail Transfer Protocol (SMTP)

Das SMTP dient der Übertragung von E-Mails zwischen E-Mail-Client und E-Mail-Server. Es benutzt die Transportsysteme der Ebenen 1 bis 4 des OSI-Referenzmodells (z.B.: TCP/IP), ist aber an kein bestimmtes Transportsystem gebunden. Elektronische Post soll auch zwischen Systemen, die unterschiedliche Transportsysteme haben, ausgetauscht werden können. [8]

E-Mails sind immer wie folgt strukturiert:

- Mail-Header
 - Es sind die folgenden Angaben obligatorisch:
 - TO: <Adresse Empfänger> (Adresse: local part @ domain name)
 - FROM: <Adresse Sender>
 - Weitere Angaben sind optional, z.B.
 - SUB: <Text für Betreff. >
 - REPLY-TO: <Adresse für Antwort>
 - Eine Adresse hat immer das folgende Format: <local part>@<domain name>
- Mail-Body
 - Hier wird der eigentliche Inhalt der Mail übertragen.

b) Post Office Protocol Version 3 (POP 3)

Mit dem POP3 können e-mails von einer Mail-Server abgeholt werden. Dabei wird eine User-Authorisierung mittels Username und Passwort unterstützt. Im Gegensatz zu dem IMAP4 (Internet Message Access Protocol) unterstützt POP3 keine Veränderung der e-mails auf dem Mail-Server. Die e-mails müssen vom Server abgeholt werden und werden dabei i.a. gelöscht.

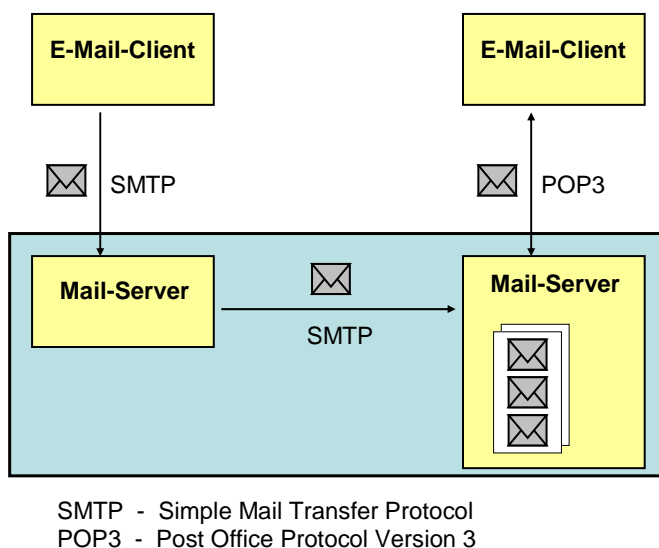


Bild 3.3: Übertragung einer e-mail von einem Sender zu einem Empfänger

3.3 DNS (Domain Name Service)

Der DNS-Dienst ermöglicht für Internet-Teilnehmer eine Zuordnung von Domain-Namen zu IP-Adressen.

Hierfür werden von den Netz-Providern DNS-Server (= Name-Server) zur Verfügung gestellt. Für den Zugriff auf diese Server wird i.a. das Protokoll UDP verwendet.

Alternativen für die Angabe eines „Hostnamen“:

- Domain-Name (z.B. mitarbeiter.fh-heilbronn.de)
Der Domain-Name besteht aus einer Folge von Elementen (labels), die durch Punkte getrennt sind. Die oberste Hierarchiestufe bezeichnet die sog. Top-Level-Domain:
 - Ländernamen, z.B. .de - Deutschland
.uk - United Kingdom
 - Funktionsbezeichnungen, z.B.: .com - kommerzielle Organisationen
.gov - Regierungsorganisationen

Für die de-Domain ist die ENIC (Deutsches Network Information Center, <http://www.denic.de>) zuständig.

Die untergeordneten (Sub-Level-) Domainnamen können vom Betreiber selbst gewählt werden, müssen in der übergeordneten Domain aber einmalig sein.

- IP-Adressen (z.B. 141.7.213.179)
Die Struktur der IP-Adressen wurde bereits in Kap. 2.2 dargestellt.

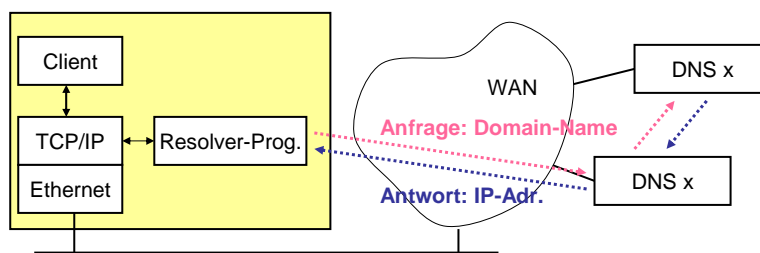
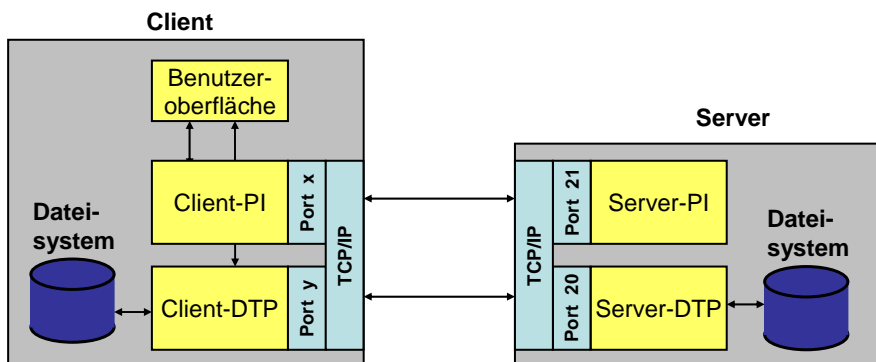


Bild 3-4: Bestimmung einer IP-Adresse mit Hilfe eines DNS

3.4 FTP (File Transfer Protocol)

Das FTP ermöglicht ein Übertragen von Dateien zwischen FTP-Servern und FTP-Clients (Bild 3-5). Im Einzelnen können FTP-Clients (z.B. „Windows Commander“, siehe Bild 3-6) mit Hilfe des FTP folgende Einzeldienste ausführen:

- Anmeldung in einem FTP-Server mit Abfrage einer Kennung und eines Passwortes,
- Abrufen von Verzeichnissen (Directories) aus einem FTP-Server,
- Anlegen eines Verzeichnisses in einem FTP-Server,
- Übertragen von Dateien.



Protokoll-Interpreter (PI): Aufbau einer Steuerverbindung durch Client

Data Transfer Process (DTP): - Aufbau einer Datenverbindung durch Server
 - Datenübertragung
 - Abbau der Datenverbindung

Bild 3-5: FTP-Modell

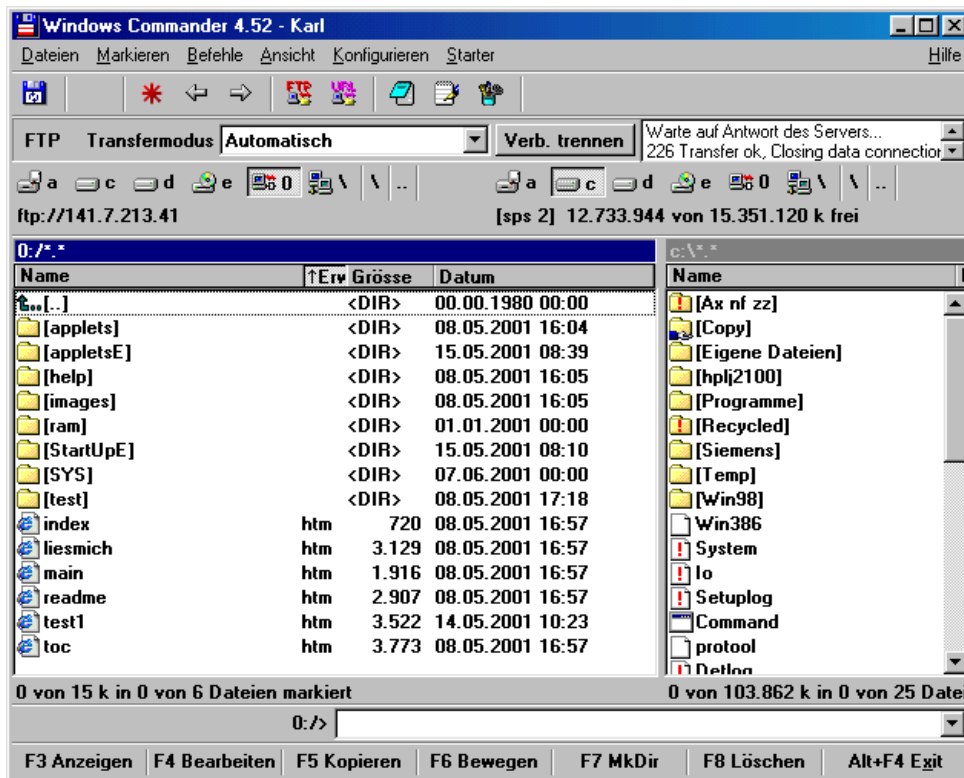


Bild 3-6: Windows Commander

3.5 HTTP (Hypertext Transfer Protocol)

Das HTTP-Protokoll regelt die Anforderung und Übertragung von Webinhalten zwischen HTTP-Server und Browser.

Eine Voraussetzung dafür, daß der Nutzer sich im Internet gut zurecht findet, ist ein einheitliches Adressierungsschema. Diese Aufgabe übernimmt der URL (uniform resource locator), der generell folgendes Format hat:

protocol://hostname [:tcp-port] [/pfadname] [/filename] [? weitere parameter]

Beispiel: http://141.7.213.179:80/forms/iLON_SO.htm

Anmerkungen: - Der Hostname ist in Abschnitt b) beschrieben.
- Wird kein tcp-port angegeben, dann wird die Defaultnr. 80 angenommen.

Die Webinhalte werden i.a. im HTML-Format übertragen (HTML – Hypertext Markup Language). Bild 3-2 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer HTML-Datei.

```
<html>

<head>                                <!-- Header = Texttkopf >
<title>Beispiel 1</title>
</head>

<body>                                  <!-- Textkörper ->
<h2 align = "center"> S7-Drehzahlsteuerung </h2>
<h3> <a href = "Drehzahlen.htm"> Soll-/Istwerte </a> </h3>
<p> Es kann der Drehzahl-Sollwert eingegeben und der Drehzahl-Istwert
angezeigt werden. </p>
</body>

</html>
```

Bild 3-7: Struktur einer HTML-Seite

The screenshot shows a web browser window displaying the website of Fachhochschule Heilbronn. The page has a blue header with the university's name and logo. A navigation menu is visible on the left side. The main content area contains a table with the following data:

Veranstaltung	Semester	Prüfungsnr.	SWS
Elektrotechnik	WI 2	D 713	6
Regelungstechnik	WI 5	D 726	2
Steuerungstechnik mit Labor	WI 7	D 736	4
Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) mit Labor	ET 4	210 025	2
Steuerungstechnik / Bussysteme	ET 7	210 041	4
SCADA-Systeme	ET 7	210 067	2
Bussysteme mit Labor	GS 4	270 027/3	4
Automatisierungstechnik mit Labor	GS 7	270 057	6

Bild 3-7: Beispiel für eine Internet-Seite

Literaturhinweise

- [1] N.N.: SIMATIC NET. Industrielle Kommunikation NCM S7 für Industrial Ethernet. Fa. Siemens, Nürnberg, 10/1999.
- [2] Wiesemann & Theis GmbH: TCP/IP-Ethernet für Einsteiger W&T, 1999 (<http://www.WuT.de>)
- [3] Dieter Conrads: Datenkommunikation. Verfahren, Netze, Dienste. Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig, Wiesbaden, 1993.
- [4] U. Schneider, D. Werner: Taschenbuch der Informatik. Fachbuchverlag im Carl Hanser Verlag, Leipzig, 2001.
- [5] N.N.: SIMATIC NET. Industrielle Kommunikation. Industrial Ethernet ITP und Fieber Optic Netze. Fa. Siemens, Nürnberg , 1999.
- [6] G. Wellenreuther, D. Zastrow: Automatisieren mit SPS. Theorie und Praxis. Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig, Wiesbaden, 2001.
- [7] Dieter Conrads: Telekommunikation. Grundlagen, Verfahren, Netze. Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig, Wiesbaden, 2001.
- [8] P. Welzel: Datenübertragung. LAN und Internet - Protokolle für IT-Berufe. Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig, Wiesbaden, 2001.
- [9] N.N.: SIMATIC NET. Industrielle Kommunikation. Industrial Ethernet ITP- und Fiber Optic Netze. Fa. Siemens, Nürnberg, 1999.
- [10] R. Messerschmidt: Industrial Ethernet – Grundlagen eines Standards. PRAXIS Profiline. Industrial Ethernet, Vogel-verlag und iaona, Würzburg, 2001.
- [11] N.N.: Industrielle Kommunikation. Katalog IK 10. Fa. Siemens, Nürnberg , 1999.
- [12] G. Schnell (Hrsg.): Bussysteme in der Automatisierungs- und Prozesstechnik. Freidr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig, Wiesbaden, 2000.
- [13] M. Metter, R. Bucher: IT in der Industrieautomatisierung. Planung und Einsatz von Ethernet-LAN-Techniken im Umfeld von SIMATIC-Produkten. Publicis Corporate Publishing, Erlangen, 2003.
- [14] N.N.: 802-Standards
standards.ieee.org/catalog/802info.html
- [15] N.N: RFCs.
www.rfc-editor.org
- [16] N.N.: IANA (Internet Assigned Numbers Authority)
www.iana.org
- [17] N.N.: SIMATIC NET IT-CP. Anleitung für CP 343-1IT und CP 443-1IT. Fa. Siemens, Nürnberg.
- [18] PROFIBUS Nutzerorganisation: PROFInet – more than Just Ethernet PNO, März 2003 www.profibus.com PROFInet_Web-March2003_de[1].pdf
- [19] J. Schwager: Ethernet erreicht das Feld. Sechs Echtzeit-Varianten im Vergleich – Teil 1. Elektronik (2004) 11, S. 48 – 54.

Anhang: Übungsaufgaben

Aufgabe 1:

In Bild 1-1 ist ein Ethernet-Netzwerk mit mehreren Switches dargestellt.

a) Erstellen Sie für Switch 2 und Switch 3 jeweils eine Routing-Tabelle.

b) Es soll nun angenommen werden, dass die Ethernet-Telegramme i.a. aus 125 Bytes bestehen. Wie lange kann es im worst case dauern, bis ein Ethernet-Telegramm von der Steuerung 4 zur Steuerung 5 gelangt. Schätzen Sie entsprechend dem Bild 1-9 im Manuskript diese Zeitdauer ab. Die Übertragungsrate sei jeweils 10 Mbit/s.

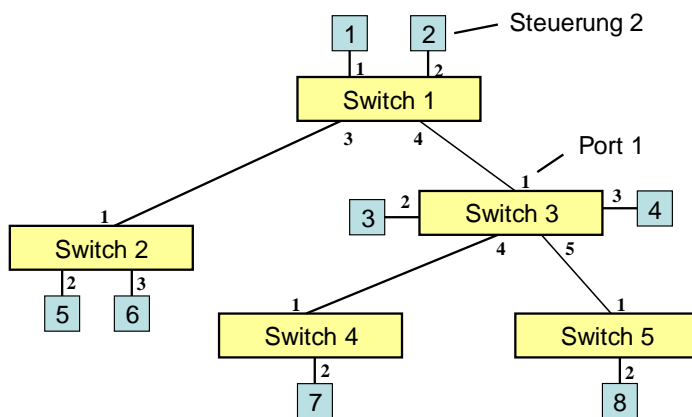


Bild A1-1: Ethernet-Netzwerk

Aufgabe 2:

Mit einem Oszilloskop wurde der Spannungspegel an einer Ethernet-Zweidrahtleitung aufgezeichnet (siehe Bild A2-1).

a) Wie groß war die Übertragungsrate bei dieser Messung?

b) Welche Bitfolge wurde aufgezeichnet?

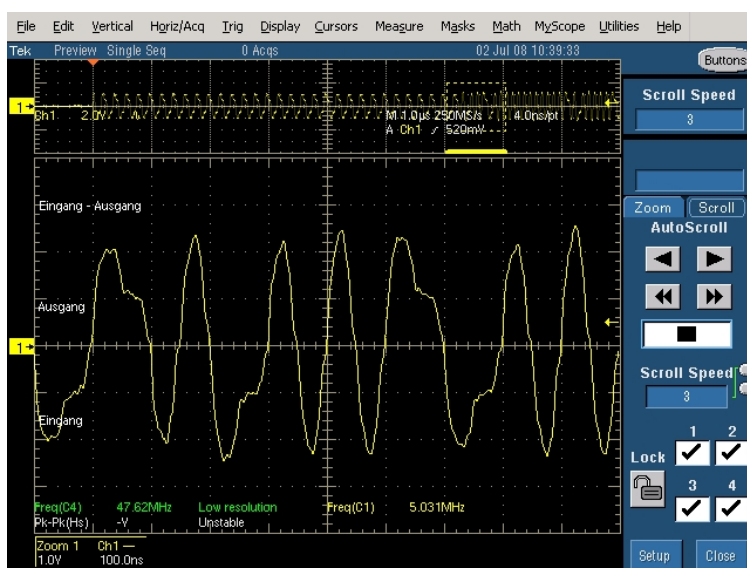


Bild A2-1: Spannungsverlauf an einer Ethernet-Zweidrahtleitung

Aufgabe 3:

Es ist das folgende Ethernet-Telegramm im HEX-Code gegeben:

```
08 00 06 20 CA 38 00 A0 24 F0 1B 2E 08 00 45 00 00 28
17 D3 40 00 80 06 1D A3 8D 07 D5 A2 8D 07 D5 A8 04 3F
00 66 5B 03 05 D5 3F D3 BC C7 50 10 F8 6B 8F F6 00 00
```

Analysieren Sie dieses Telegramm bzgl. der folgenden Einzelfragen und markieren Sie im Telegramm die jeweiligen Informationen.

- a) Geben Sie die Quell- und Ziel-IP-Adresse in der üblichen Darstellungsform an.
- b) Handelt es sich um ein TCP/IP oder um ein UDP/IP-Telegramm? Begründen Sie ihre Antwort.
- c) Welcher Ziel-Port wird im TCP- bzw. UDP-Telegramm angesprochen?