

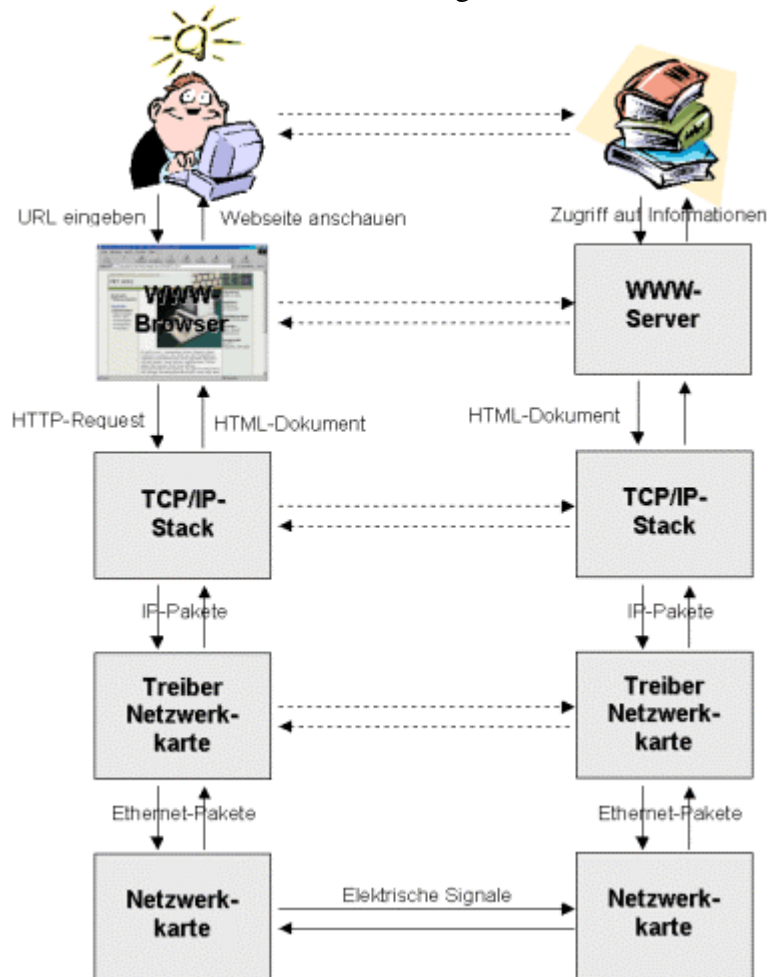
# Telematik II by schlumsch

(schlumsch@schlumsch.de)

1.	OSI:	2
1.1.	Anwendungsschichten	3
1.1.1.	Schicht 7: Anwendungsschicht (Application Layer)	3
1.1.2.	Schicht 6: Datendarstellungsschicht (Presentation Layer)	3
1.1.3.	Schicht 5: Kommunikationssteuerungsschicht (Session Layer)	3
1.2.	Transportschichten	4
1.2.1.	Schicht 4: Transportschicht (Transport Layer)	4
1.2.2.	Schicht 3: Vermittlungsschicht (Network Layer)	4
1.2.3.	Schicht 2: Sicherungsschicht (Link Layer)	5
1.2.4.	Schicht 1: Bitübertragungsschicht (Physical Layer)	5
2.	HDLC	6
2.1.	Fehlerkorrektur = FCS (Frame Check Sequence)	6
3.	ISDN	7
3.1.1.	B-Kanal	7
3.1.2.	D-Kanal	7
3.1.3.	Basisanschluß:	7
3.1.4.	Primär Multiplex Anschluss (PCM-30, PCM-120)	7
3.1.5.	S0-Schnittstelle	8
3.1.6.	Uk0-Schnittstelle	8
3.1.7.	2-Draht-Übertragungsverfahren (bei Uk0):	8
4.	Intelligentes Netz	9
5.	DSL - Digital Subscriber Line	10
5.1.1.	ADSL(Asymmetric DSL):	10
5.1.2.	HDSL (High-Data-Rate DSL):	10
5.1.3.	SDSL (Single Line DSL):	10
5.1.4.	VDSL (Very High Bit Rate DSL):	10
6.	Netzwerk:	11

# I. OSI:

- Abfrage einer Webseite
- mit ausnahme der untersten jede "Etage" der Abbildung nur virtuell mit der Gegenstelle kommuniziert
- wirkliche Datenfluss läuft in senkrechter Richtung.



- mit der gleichen Schicht der Gegenstelle nur virtuell kommunizieren
- die darunterliegende Schicht als Dienstleister für diese virtuelle Kommunikation nutzen
- der nächsthöheren Schicht Dienste erbringen

# I.I. ANWENDUNGSSCHICHTEN

(Schicht 7 bis 5)

1.1.1. Schicht 7: Anwendungs- und Präsentationsschicht (Application Layer)

- Ermöglicht die **Kommunikation von Anwendungsprogrammen**.
- Stellt dazu **Grunddienste** bereit, wie z.B.:
  - o Dateiübertragung (File Transfer)
  - o E-Mail
  - o Terminaldienste (Anzeige eines Textfensters oder der grafischen Oberfläche eines anderen Rechners im Netz)
  - o Verteilte Prozessausführung
  - o Datenbankzugriff

→→ dabei nur die Funktionen, die Anwendungsprogrammen zur Verfügung gestellt werden, nicht die Anwendungsprogramme selbst.

→→→ Umgekehrt kann aber ein Anwendungsprogramm auf einer niedrigeren Protokollschicht aufsetzen und bildet damit alle darüberliegenden Protokollschichten selbst ab.

1.1.2. Schicht 6: Daten darstellungsschicht (Presentation Layer)

**Dienste für die Anwendungsschicht zur Interpretation der ausgetauschten Daten.**

- definierte Datenstruktur und Methoden zu ihrer Manipulation zur Verfügung zu stellen
  - o Syntax / Semantik der Informationen
- Umsetzung in konkrete Protokolle.

1.1.3. Schicht 5: Kommunikationsschicht (Session Layer)

Ermöglicht den **Aufbau virtueller Verbindungen**.

- Funktionen zum Aufbau, Betrieb und Abbau von Verbindungen
- Von der niedrigeren Schicht erwartet er eine fehlerfreie Übertragung von Datenpaketen
- Bei nicht behebbaren Fehlern muss der Session Layer informiert werden, um selbst eine Fehlerbehebung auf höherem Protokollniveau zu versuchen oder die Verbindung abubrechen.

# I.2. TRANSPORTSCHICHTEN

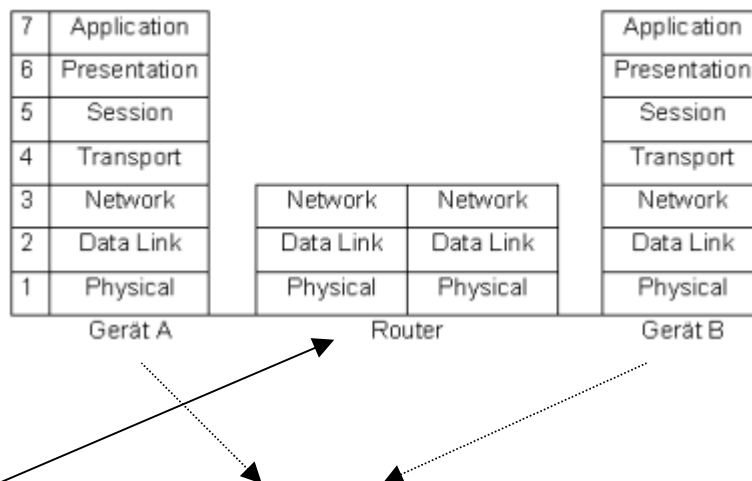
(Schicht 4 bis 1)

I.2.1. Schicht 4: Transportschicht (Transport Layer).

- **sichere und fehlerfreie Verbindung über das Netz**
- Bestimmung optimaler Wege im Datennetz, Flusskontrolle, Fehlererkennung und -behebung auf Paketebene
- zerlegt die Daten in Pakete gemäß der für die niedrigeren Schichten festgelegten maximalen Paketgröße.
- Eingehende Pakete werden in der richtigen Reihenfolge wieder zusammengesetzt.

I.2.2. Schicht 3: Vermittlungsschicht (Network Layer)

- Suche eines **Weges durch das Datennetz zum Zielrechner (Routing)**
  - o Die Rechner werden dabei mit logischen, meist hierarchisch aufgebauten Adressen identifiziert.



1. V-Schicht erkennt Router der A mit B „verbindet“
2. Datenpaket := Datenpaket + HW-Adresse des gefundenen Routers  
(Die niedrigeren Schichten erhalten also auf jeden Fall eine Adresse, die direkt per Leitung zu erreichen ist. Sind Netze über einen Router gekoppelt, stellt dieser einen doppelten Protokollstack dar, der nur bis zur Vermittlungsschicht reicht)

1.2.3 · Schicht 2: Sicherungsausschicht (Link Layer)

- **Überträgt Datenpakete über das Netz zur Zieladresse**  
**+ Fehlerkodierung / Fehlerkontrolle**
- Datenpakete mit einer Codierung zur Erkennung von Übertragungsfehlern versehen
- und eingehende Pakete auf fehlerfreie Übertragung geprüft. Falls der Code eine direkte Fehlerkorrektur ermöglicht, wird diese durchgeführt. Andernfalls wird der Fehler "nach oben" gemeldet.
- erkennen, wann Daten geschickt werden dürfen und im Falle einer Kollision die Übertragung wiederholen
  - o = Flußsteuerung

1.2.4 · Schicht 1: Bitübertragungs- und physikalische Schicht (Physical Layer)

- Legt die Daten auf das Übertragungsmedium
  - **physikalische Übertragung und den Empfang von Daten.**
  - **elementare Fehler erkannt** (Kabel nicht eingesteckt).
- 

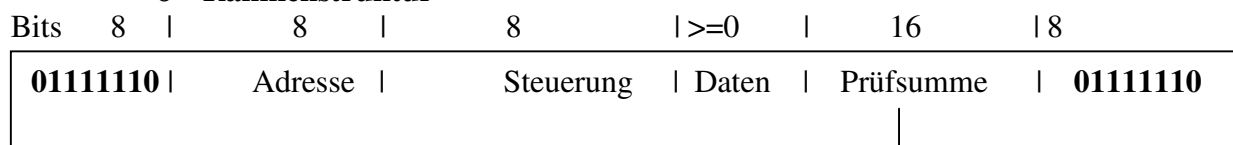
7	Anwendung	Anwendung
6	Datendarstellung	
5	Komm.-Steuerung	
4	Transport	Transport
3	Vermittlung	
2	Verbindung	
1	Bitübertragung	

---

# 2. HDLC

(„High Level Data Link Control“)

- Protokoll d. Sicherungsschicht
- Bitorientiert
- Einfügen redundanter Infos mit genormten Prüfpolyomen
  - o Fehlererkennung mgl.
  - o **Reaktionen bei Fehlererkennung:**
    - Verwerfen / ignorieren
    - Neuanforderung d. Nchricht
- **Bitstuffing** um Datentransparenz zu erreichen
  - o **Rahmenstruktur**



= Rahmenformat bitorientierter Protokolle



## 2.1. FEHLERKORREKTUR $\neq$ FCS (Frame Check Sequence)

- Funktion : erkennen, reagieren, korrigieren von Fehlern
- Gegeben:
  - o Nachricht M
  - o Polynom P mit n-Stellen (sowohl Sender & Empfänger bekannt)
- SENDER:
  - o  $M^{\wedge} := M + (n-1)\text{-Nullen (hinten dran)}$
  - o Dividiere  $M^{\wedge}$  durch P
  - o  $M^{\wedge} := M^{\wedge} + \text{Rest der Division (dieser ist n-1 stellig)}$
  - o Übertrage  $M^{\wedge}$
- EMPFÄNGER:
  - o Empfange  $M^{\wedge}$
  - o  $M^{\wedge} := M^{\wedge} / P$
  - o  $\rightarrow$  bei korrekter Übertragung ist Rest = 0!!!

# 3. ISDN

## 3.1.1. B-Kanal

- Informationsfluß
- Leitungsvermittelt
- Packetvermittelt

## 3.1.2. D-Kanal

- Steuerungs / Informationsfluß

- „welches Gerät soll was machen“
- überträgt auch Infos wenn beide B-Kanäle belegt sind
- Vorteil bei Verwendung eines D-Kanals!

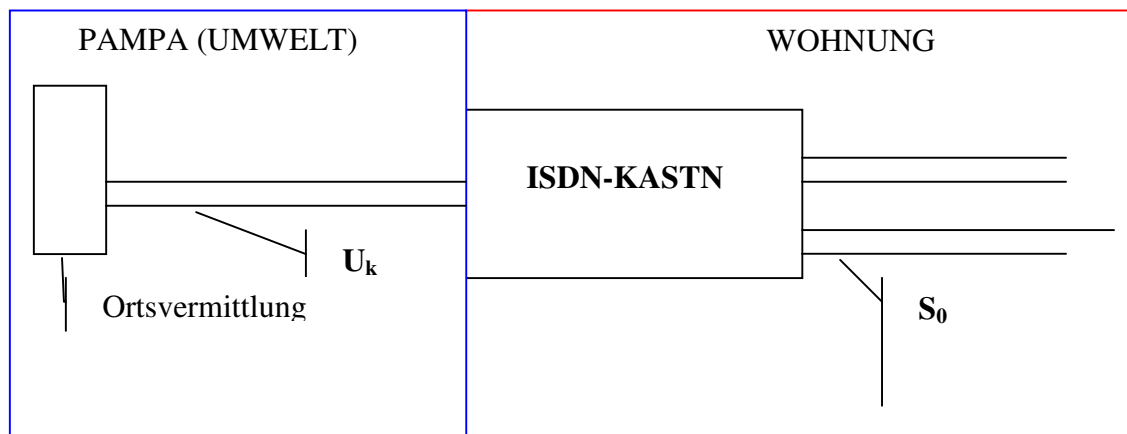
- 3 OSI-Schichten:
  - o S0 = Schicht 1 (physikalische Schicht)
  - o Schicht 2 & 3 = D-Kanalprotokoll  
(2: Protokolldatelemente übertragen [Sicherheit]; 3: Zeichengabe [Pakete])
- Packetvermittelt

## 3.1.3. Basisanschluß

- aus 2 B-Kanälen a 64 kbit
- + 1 D-Kanal 16 kbit

## 3.1.4. Primär Multiplex-Anschluß (PCM-30, PCM-120)

- 30 B-Kanäle (Zeitmultiplex, statische Kanalzuordnung mit fester Rahmenstruktur und Synchronisation)
- 1 D64-Kanal
- 1 Synchronisationskanal

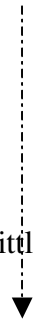


### § 1.5 · 80 - 85 - 86 - 87 - 88 - 89 - 90 - 91 - 92 - 93 - 94 - 95

- zwischen NT und TE
- 2 B-Kanäle a 64kbit
- 1 D-Echo- Kanal 16kbit
- modifizierter AMI-Code („ernate Mark inversion“)
- erzwungene Coderegelerletzung zur Rahmensynchronisation
- 4Draht-Übertragung (192 kbit)
- Rahmensynchronisation am S0-Bus:
  - o während der Kommunikation zwischen NT & TE müssen Empfänger den Rahmenanfang erkennen → AMI-Kodierungsvorschrift wird 2x innerhalb des Rahmens verletzt → Geräte erkennen das Rahmensynchronisation erwünscht ist

### § 1.6 · 100 - 105 - 110 - 115 - 120 - 125 - 130 - 135 - 140 - 145 - 150

- Duplexübertragung von B-Kanal 1 + B-Kanal 2 + D-Kanal
- netto 144kbit / brutto 160kbit
- 2-Drahtübertragungsverfahren mit Echounterdrückung
- MMS 43 - Kodierung
- Rahmenfehlererkennung und -Meldung
- Notversorgung des Netzabschlusses
- Arbeitet im Netz (NT [Network Termination] bis ET [Vermittlungsstelle])



### § 1.7 · 2 - Draht-Übertragungsverfahren (bei Uk0):

- **a) Frequenzgetrenntlageverfahren**
  - für jede Übertragungsrichtung untersch. Frequenzbänder genutzt
  - hohe Bandbreite, geringe Reichweite
- **b) Zeitgetrenntlageverfahren**
  - Daten auf beiden Seiten in Blöcke & abwechselnd mit doppelter Geschwindigkeit gesendet
  - 1,7 ... 3,3km
- **c) Zeitgleichlageverfahren mit Echokompensation**
  - bei Uk0-Schnittstelle verwendet
  - niedriger Bandbreitenbedarf, grössere Reichweiten (4,2 ... 8,0km)

#### Zeitlagenwechsel:

- Gleiche Frequenz
- Nacheinander senden (Zeitmultiplex)
- Voller Speed
- Statische Kanalzuordnung -> wiederkehrende Rahmenstruktur, Synchronisation (feste Slots)

#### Raumlagenwechsel:

- unterschiedliche Frequenzbänder und Sperrbänder

# 4. INTELLIGENTES NETZ

## IN-Schichtenkonzept:

- 4 Schichten:
  - Service Plane – Anwendungen & Dienste (vom Nutzer anwendbare)
  - Global Functional Plane – Dienstunabhängige Elementarkomponenten (SIB's)
  - Distributed Functional Plane – Netzunabhängige IN-Architektur
  - Physical Plane – Netz-Ressourcen, spezielle Infrastruktur (ISDN, B-ISDN, Mobile Netze)

## Intelligentes Netz:

- Angebot neuer Dienste im Telefonnetz
- Neuer architektonischer Ansatz bei dem über Vermittlungsdienstangebote hinausgehende Dienste verfügbar sind
- Beteiligte eines IN sind:
  - Network Provider = betreibt TK-Netz
  - Network Operator = Management & Betrieb des TK-Netzes
  - Service Provider = schafft Netzwerkdienste auf Grundlage d. Basisdienste, bietet Serviceleistungen an
  - Service Subscriber = eigentlicher Dienstanbieter
  - Service User = Nutzer d. Dienste
  
- Dienste:
  - Basisdienste → Übermittlungsdienste (Leitungs- und paketvermittelt)  
→ Teledienste (ISDN-Fernsprechen, -Teletex, -Telefax)
  - Mehrwertdienste → Service 130+, Service 180, VPN, UPN, WAC ...)
  
- Dienstmerkmale
  - Anschlussdienstmerkmale (Festverbindungen / Endgerätewahl am Bus)
  - Verbindungsmerkmale (Konferenzverbindung / Anrufbeantwortung)
  - Informationsmerkmale (Gebührenanzeige/ Fernsprechanzeige)
  
- Leistungsmerkmale (sind ALLEN IN-Diensten zugeordnet)
  - Verkehrsführungsprogramme
  - Steuerungsmöglichkeiten durch Dienstkunden
  - Statistiken

# SDSL → DIGITAL SUBSCRIBER LINE

- Übertragung hoher Bitraten über gewöhnliche (Kupfer-) Telefon-Leitungen
- Einflussfaktoren: Leitungslänge, Querschnitt, Adernanzahl
- 1 Adernpaar, 192kbit duplex
- Bandbreitennutzung 0...80kHz
- Reichweite ca. 6km

## 3.1.1. ADSL (Asymmetric DSL):

- Integration des (POTS) Plain Old Telefon Service
- Unsymmetrische Technik, geringes Nebensprechen, ein Adernpaar
- Downstream 1,5Mbit (5,5km) bis 9Mbit (2,7km)
- Upstream 16Kbit bis 786Kbit

## 3.1.2. HDSL (High Data Rate DSL):

- Symmetrische Technik
- T1 (2paarig) E1(3paarig)
- Geringes Nebensprechen, POTS nicht im Basisband, ISDN nicht im Basisband

## 3.1.3. SDSL (Single Line DSL):

- Symmetrische Technik
- 1 Adernpaar
- POTS auf gleicher Leitung im Basisband, ISDN aber nicht

## 3.1.4. VDSL (Very High Bit Rate DSL):

- 1-adrig
- ISDN in Basisband
- Downstream bis 52Mbit, Upstream bis 2.3Mbit
- CAP, DMT-Modulation

# 6. NETZWERK:

## Netzwischensysteme:

### Ziele:

- Physikal. Ausdehnung vergrößern
  - Vergrößerung Stationenanzahl
  - Kopplung von Unternehmensteilnetzen
  - Zugang zu Telekommunikationsdiensten
  - Entkopplung von LAN-Segmenten
  - Routingfunktionen
  - Zugang zu Diensten
  - Netzstrukturierung
  - Hierarisches Netzmanagement
- 
- Schicht 1:   - Repeater: zur Signalverstärkung und –Regenerierung, Kopplung von Netzen  
              - Hub/Sternkoppler: Generierung mehrerer abgehender Signale, keine Erhöhung des Gesamtdurchsatzes
  - Schicht 2:   - Mac-Bridge (2a), Switch (2a)(Hub gekoppelt mit Bridge), LLC-Bridge (2b):  
              filtert Datenstrom, läßt nur Daten durch die für tatsächliches Teilnetz  
              notwendig sind (über phys. Adressen) -> Kapazitätserhöhung des  
              Gesamtnetzes, Weiterleitung von MAC-Rahmen, Broadcast,  
              Netzstrukturierung  
              - Source-Route-Bridge: Wegwahlinfo bereits im Header der Datenpakete  
              (kompletter Weg, von Senderadresse über alle Hops bis Empfänger)  
              - transparente Bridges: Funktion wie normale Bridge, mit dem Unterschied,  
              daß sie weder für Sender noch Empfänger sichtbar ist  
              - Remote Bridge: Kopplung 2er LANs über WAN, ohne  
              Datenverkehrsbeeinflussung (transparent), bis auf höhere Verzögerung  
              - Local Bridge: Kopplung homogener LANs  
              - Translation Bridge: Kopplung inhomogener LANs
  - Schicht 3:   - Router: Wegwahl & Datenfilterung auf Schicht 3 (über log. Adressen), auch  
als FireWall
  - Schicht 4 – 7:       - GateWay: koppelt Netze auf höheren Schichten, auch als FireWall,  
nicht Header sondern Paketinhalt wird bearbeitet z.B. Übersetzen von  
verschiedenen Emailformaten

### Aufgaben von Bridges:

- Filterfunktion
  - Weiterleitung von MAC-Rahmen
  - Broadcast-Weiterleitung
  - Umsetzung verschiedener MAC-Rahmenarten
  - Encapsulation
  - Netzstrukturierung (Multiport-Bridges)
  - Lastverteilung
- 
- Local Bridge → Kopplung (homogener) LANs (Reichweite)
  - Transparent Bridge → keine Datenverkehrsbeeinflussung, Funktion weder Sender noch Empfänger bekannt

- Remote Bridge → Kopplung 2er LANs über WAN, ohne Datenverkehrsbeeinflussung, höhere Verzögerung
- Source Routing Bridge → Quelle bestimmt Ziel über Header, Bridges haben ID

#### Spanning-Tree-Algorithmus:

- wozu: automatischer Aufbau und Aktualisierung von Routingtabellen, auch bei Zustandsänderungen, Schleifenauflösung
- wie: - Bridges übertragen regelmäßig ihre Kennung und eine Liste der ihr bekannten Bridges
  - Bridge mit niedrigster Kennung, bildet Wurzel, dann Aufbau eines Baums mit kürzesten Wegen von Wurzel bis in jede gelistete Bridge

#### Arbeitsweise eines Switches:

- Ankommendes Paket wird nach Absender überprüft, falls Adresse nicht in Bridge gespeichert, wird sie angelegt
- Falls Empfängeradresse bekannt, Eintrag aktualisieren (Gültigkeit erhöhen)
- Überprüfung der Zieladresse, falls Adresse unbekannt, Broadcast des Pakets an alle Ausgänge, sonst nur senden an den richtigen Zielausgang, wenn Bestätigung für Paket kommt Eintrag aktualisieren
- Wenn Broadcast abgeschickt, wird sich einer der Ausgänge melden, mit der Bestätigung, daß das Paket für ihn bestimmt war -> Eintrag der Adresse und des Ausgangs; alle anderen beschickten Ausgänge ignorieren das Paket
- Wenn Einträge bestimmtes Alter erreicht haben, ohne aktualisiert worden zu sein, wird Eintrag gelöscht -> Anpassbarkeit an Veränderungen des Netzes
- Wichtig: Broadcast muss zyklennfrei (Kreisfrei) sein

#### Cut-Through-Switching:

- Nur Adressauswertung, keine Rahmenauswertung
- Schnelles Verfahren
- Keine Rahmenumsetzung → keine Fehlererkennung möglich

#### Store-and-Forward-Switching:

- Zwischenspeichern des Rahmens
- Auswertung von Protokoll-ID und Netzwerkadresse

#### Cell-Switching: - ATM – Asynchronous Transfer Mode

#### Virtuelles LAN:

- Mitglieder bilden Broadcastdomäne
- Mitglieder werden unabhängig von phys. Lage logisch gruppiert
- Realisierung über Software oder Remote Bridge, Kommunikation über Router, TCP/IP

#### Tag-Switching:

- zur Weiterleitung von Rahmen werden Tag- oder Labelinfos in den Switches des VLAN ausgewertet

# Internet

## TCP/IP:

- nur 4 Schichten: Netzwerkinterface (1&2), Internet (3), Transport (4), Anwendung(5,6,7)
- TCP: Verbindungsorientiert, Verbindungsmanagement, Fehlerbehandlung, Zeitüberwachung
- IP: paketorientiert (Schicht 3-Protokoll)
- IPv4: 4 Klassen á 8bit, durch Punkt getrennt ergibt 32Bit-Adresse
  - 5 Adressklassen: - A (kleines Netz) Code 0
  - B (mittleres Netz) Code 10
  - C (viele Subnetze) Code 110
  - D (Multicast) Code 1110
  - E (für zukünftige Anwendungen) Code 1111
- IPv6: 8 Klassen á 16bit in HEX ergibt 128bit-Adresse, keine Klassen wie bei IPv4

## VLSM (Variable Length Subnet Mask):

- Mehrere Subnetzmasken definierbar
- Rekursive Unterteilung des erweiterten Netzwerkpräfix
- Aggregation -> kleinere Tabellen
- Voraussetzung für VLSM-fähigen Router: Routingtabelle muss Präfixbehandlung unterstützen, Rahmenweiterleitung auf Basis des Longest Match muss unterstützt werden

## CIDR (Classless InterDomain Routing):

- Adresszuweisung in Blöcken von C-Klassen
- Blockzuweisung zusammenhängend in Zweierpotenzen (2,4,8,16...)
- Geeignete Blockanfänge
- Erweiterung jedes Routing-Tabelleneintrags um eine 32 Bit-Maske

## IGMP (Internet Group Management Protocol)

## ICMP (Internet Control Message Protocol)

## Slow-Start-Algorithmus (Behandlung von Andrang bei TCP/IP):

- Start mit maximalen Segmentgröße
  - Wenn Paket als erfolgreich empfangen gilt, Segmentgröße um eine Größenordnung erhöhen
  - Nächstes Paket mit neuer Segmentgröße senden, wiederholen des Punkt 2 und 3 bis Timeout oder Empfangsfenster erreicht
- hat den Effekt, daß die Übertragung, erst langsam aber dann sehr schnell (logarithmische Segmenterhöhung) zur maximal möglichen Geschwindigkeit ausgeführt wird

## TCP (Transmission Control Protocol)

Verbindungen können geregelt auf- und abgebaut werden.

Die Verbindung ist in beiden Richtungen nutzbar

Die Datenübertragung wird durch Sequenznummern und Prüfsummen abgesichert.

verlorene Pakete werden wiederholt

- verbindungsorientiert
- vollduplex

# Routing

## Routingarten:

### Adaptiv:

- zentral
- dynamisch
- Rückwärtslernen
- isoliertes adapt. Routing
- hierarisches Routing
- verteiltes Routing

### Nicht adaptiv:

- statisch (default)
- multipath
- source (loose, strict)

## Arbeitsweise eines Routers:

- Routingtabelle enthält Wegwahlinformationen aufgrund logischer Adresse (IP)
- Routingalgorithmus verwaltet Routingtabelle
- Prinzipiell: welches eingegangene Paket geht an welchen Ausgang
- Primäres Ziel: Hoher Netzdurchsatz, geringe Paketverzögerung
- Routingtabellen aufbauen und pflegen
- Unterschiedliche Routingverfahren nach Ort: zentral, von einem Netzwerkkontrollzentrum; dezentral, jeder Router verwaltet sich selbst über Routingalgorithmus
- Unterschiedliche Routingverfahren nach Dynamik: adaptiv (dynamisch), Wegwahlentscheidung hängt vom Zustand des Netzes ab Bsp.: Hot Potato, Zentrales Routing; nicht adaptiv (statisch) Tabellen bleiben über längeren Zustand konstant, Zustand des Netzes wird ignoriert Bsp.: Broadcast-, Backward- und statisches Routing

## Algorithmen:

- Bellman und Ford
- Djisktra
- Deltarouting
- Flooding
- RIP (Routing Information Protocol)

### HDLC - Sicherungsprotokoll:

- Schicht 2 -> Funktion Datensicherung
- Einfügen von Zusatzinformation (gewollte Redundanz)
- Standardisierte Prüfpolynome
- zuverlässige Datenübertragung über phys. Verbindungen, Verbindungs- und Flußsteuerung, Fehlererkennung und -Korrektur
- Funktion: Erkennen, Reagieren, korrigieren
- Schritte zu Fehlererkennung: -> Prüfpolynomgeschichte:
- Gegeben Nachricht M Polynom P mit n Stellen
- Füge M (n-1) Nullen hinzu (hinten dranhängen)
- Dividier M' durch P
- Addiere erhaltenen Rest (sollten n-1 Stellen sein) zu M' hinzu
- Übertrage M'
- Empfänger dividiert M' durch P, bei richtiger Übertragung sollte Rest null herauskommen!

### Flusssteuerung:

- noetig zwischen Schichten und Protokollpartnern
- Verwaltungsaufwand
- zusätzlicher Informationsaustausch
- aber Datenaustausch insgesamt effektiver
  
- Stop and Wait Mechanismus
- Sliding Window

### LAPD-Protokoll:

- Flag: Rahmenanfang und Ende, gekennzeichnet durch „01111110“
- SAPI (Service Access Point Identifier): Zuweisung zu einem bestimmten Dienst
- TEI (Terminal Endpoint Identifier): Zuweisung des Endgerätes
- Control: Steuerung (Folgenummern, Bestätigung und andere Zwecke)
- Data: Eigentliche Nutzdaten
- FCS (Frame Checking Sequence): Fehlererkennung

### Three-Way-Handshake:

T\_Connect.request → Request → T\_Connect.indication

T\_Connect.confirm ← Connection Confirm ← T\_Connect.respond

→ Acknowledgement → Verbindung als erkannt aufgebaut

### Two-Way-Handshake:

T\_Connect.request → Request → T\_Connect.indication

T\_Connect.confirm ← Connection Confirm ← T\_Connect.respond

### ZZK Nr.7:

- verwendet in MTP 1 bis 3: Message Transfer Protocol
- MTP1 – Zeichengabekanal (phys. Bitübertragung)
- MTP2 – Zeichengabestrecke (Übertragungssicherung, Rahmensynchronisation)
- MTP3 – Zeichengabenetz (Nachrichtenrouting, Netzwerkmanagement)