

Rechnernetze

Funktionale Eigenschaften:

Senden: Empfängeradresse, Nachricht, Nachrichtenlänge

Empfangen: Senderadresse, Nachrichtenpuffer, Länge der Nachricht

Nicht-Funktionale Eigenschaften:

Paketgröße (maximale Größe)

Übertragungsbandbreite

Latenz

Nachrichtenverlust

Vertauschungen

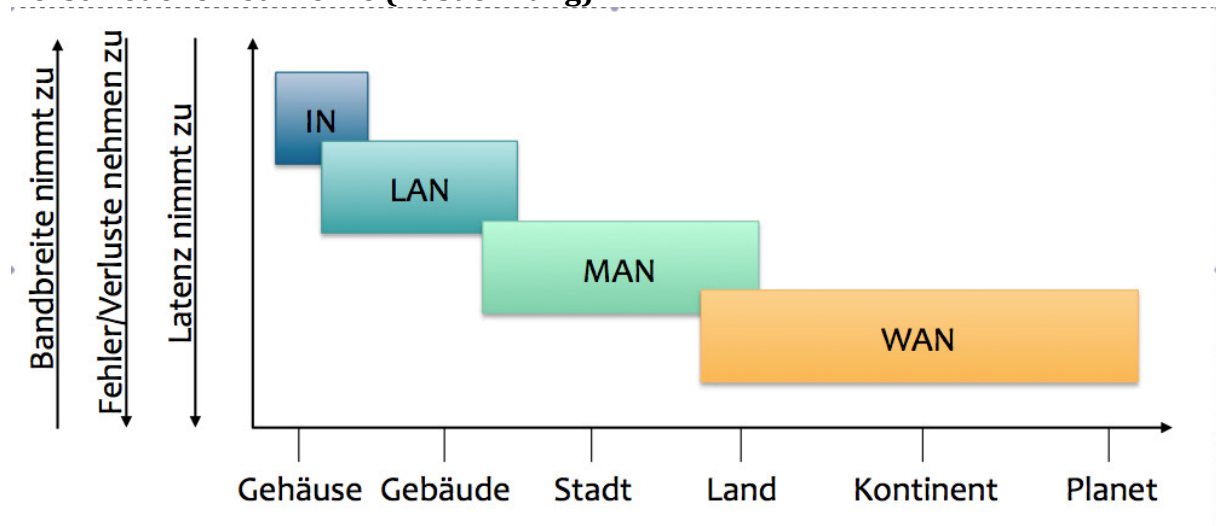
Verfälschungen

Multicast, Broadcast

Broadcast: Jeder, der an das Medium angeschlossen ist, kann diese Nachricht empfangen.

QoS (Quality of Service): Garantiert Funktion und Verfügbarkeit. In Netzwerken generell nicht gegeben, da Ressourcen reserviert werden müssten.

Verschiedene Netzwerke (Ausdehnung):



IN (Interconnection Network): Speicherbandbreite, Systemintern

LAN (Local Area Network): 10Mbit/s bis 10Gbit/s

MAN (Metropolitan Area Network): Providernetzwerke

WAN (Wide Area Network): Kontinent umspannend

OSI-Referenzmodell:

Protokollebenen/Protokollstack

ISO-Norm (Open Systems Interconnection Model)

Ebene 1-3: Hardware/Firmware

Ebene 4-7: Software

Transport Layer verbindet Software mit

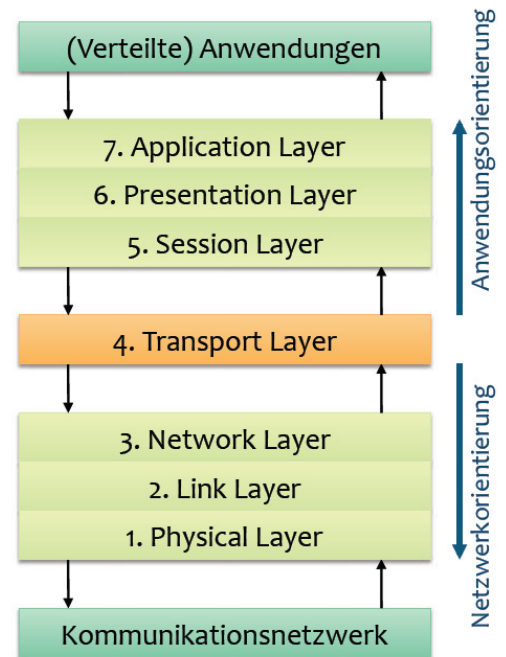
Hardware

Ebene 1: Physical Layer

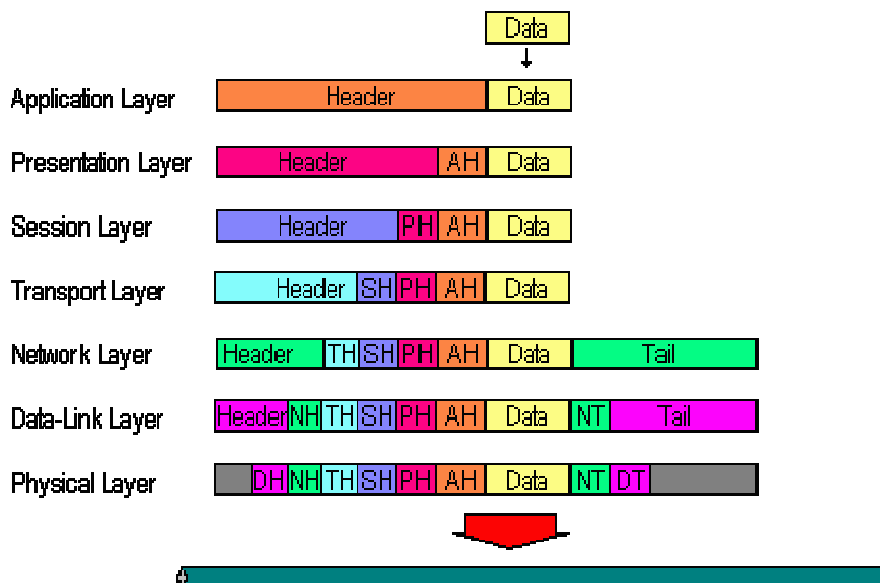
Pin-Belegung

Definition der physikalischen Schnittstelle

- Spannung, Strom, Frequenz
Maximal Länge, Abstände
Bsp.: Ethernet, USB
- Ebene 2: Link Layer
Fehlerfreier Kanal zwischen 2 Knoten
Synchronisation, Fehlererkennung
Wiederholung von Sendungen
Bidirektionale Verbindung
Bsp.: Ethernet
- Ebene 3: Network Layer
Point to Point
Behandlung von Netzwerkausfällen
Auflösen und Ermitteln von Adressen
Austausch von Routinginformationen
Routing, Fragmentieren etc.
Bsp.: IP, ICMP
- Ebene 4: Transport Layer
End to End
Zwei Arten:
Verbindungslos (Datagramm)
Verbindung (Reliable Stream)
Bsp.: TCP, UDP
- Ebene 5: Session Layer:
Kommunikationssitzungen (Sicherung, Recovery)
- Ebene 6: Presentation Layer:
Umwandlung von Datenformaten
Verschlüsselung
- Ebene 7: Application Layer
HTTP, FTP etc. Anwendungen



Aufbau einer Nachricht:



Router:

Router verarbeiten und leiten Nachrichten auf den Netzwerkebenen (1-3) weiter.
 Er kann Adressen filtern, Nachrichten umleiten und Adressen Übersetzen
 (Network address translation)

Gateway:

Ein Gateway verarbeitet die durch geleiteten Daten auf allen Ebenen.
 Es kann Protokolle umsetzen und umwandeln.
 Es können bestimmte Protokolle oder Daten gefiltert werden.

Netzwerktopologien:**Bus:**

Kollision muss verhindert werden, durch Kollisionserkennung
 Multicast und Broadcastfähig
 Eigenschaftsgarantien hängen von Zugangsverfahren ab
 Jeder Teilnehmer ist direkt angeschlossen
 Kann nicht beliebig groß werden
 Ethernet

Probleme: Paralleler Zugriff, Kollision, Signalüberlagerung

Kollisionsvermeidung:

FDMA (Frequency Division Multiple Access):

Jedem Gerät wird ein Frequenzbereich (Frequenzband) zugeordnet (fest oder durch Initialisierung.

Beispiele sind WLAN, Mobilfunk

Das Datensignal wird auf die Trägerfrequenz moduliert (addiert).

TDMA (Time Division Multiple Access):

Jedem Gerät wird ein Zeitslot zugeordnet.

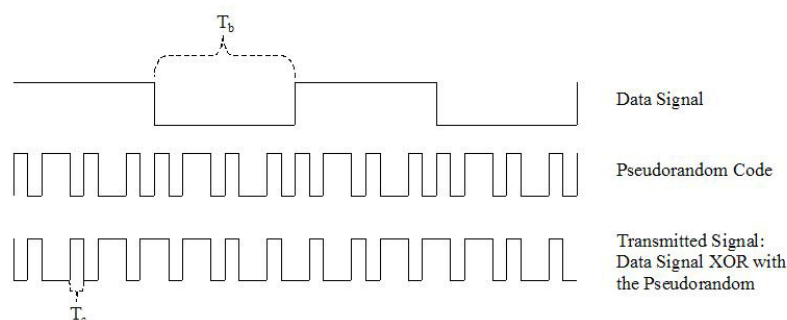
Synchron: Bluetooth

Resultiert in eventuellen Leerphasen

Asynchron: Token basiertes Verfahren auf Bussen

CDMA (Code Division Multiple Access):

Jedes Gerät besitzt ein zufällig gewähltes Signal, welches als Trägersignal gilt. Auf dieses Signal werden die Daten Moduliert (meist XOR)



Listen before talk:

Medium vor dem Senden abhören

Wenn belegt:

Nonpersistent: Zufallszeit warten und erneut probieren

1- persistent: Abhören, bis frei

P-persistent: Abhören bis frei, mit Wahrscheinlichkeit p senden, mit Wahrscheinlichkeit $(1-p)$ Zufallszeit warten

Listen while talk (CSMA/CD):

Während dem Senden Medium beobachten, abbrechen falls Fehler auftreten
Gleichzeitig senden/empfangen nur selten möglich

Dedizierte Leitungen:

Graph :

Kommunikation ausschließlich zwischen 2 Knoten
Voll-Duplex: gleichzeitig in beide Richtungen,
Halb-Duplex: jeweils in eine Richtung
Routing bei entfernten Knoten nötig
Weiterleitung der Nachrichten,
mehrere Hops nötig
Irreguläre Graphen möglich
Reguläre Graphen, z.B. Ring, Stern, Baum, Hypercube

Ring:

Einfach, erweiterbar, Multicast-/Broadcast-fähig
Obere Schranke für Laufzeit und Bandbreite bekannt
Bsp.: Token-Ring, Slotted-Ring, FDDI
FDDI: Doppelt verbundener Ring (Jeder Knoten hat zwei Ausgehende und zwei eingehende Leitungen)
Redundant, Da bei Trennung einer Verbindung zwischen zwei Knoten ein neuer Ring entsteht.

Stern:

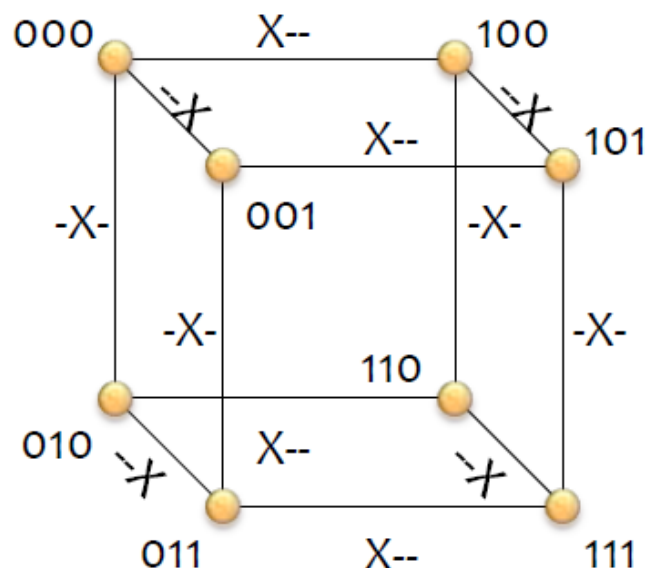
Einfache Struktur, zentralisiert
Single point of failure
Bsp.: Switches

Gitter, Würfel, Torus:

Reguläre Struktur
Redundante Wege
Multicast und Broadcast möglich
Meist IN und LAN

Hypercubes:

Reguläre Struktur
Obere Schranke für Hop-Anzahl (Anzahl Hops = Dimension)
Logarithmische Kantenanzahl pro Knoten
Routing bei systematischer Adressierung einfach:
Vergleich der binären Adressen
X: Ungleiches Bit
000->111 würde ablaufen:
100, da X--
110, da -X-
111, da --X
Es gibt mehrere Wege



Aufbau von Internetzen:

Vernetzung von Netzwerken über dedizierte Leitungen

Zwischenstation: Router / Gateway

Leitet Nachrichten weiter

Schutz (Paketfilter etc.)

Multihomed host (da in mehreren Netzwerken)

Probleme:

Adressierung, Routing, maximale Nachrichtengröße (kann variieren)

Routing in Internetzen:

Ziel: Nachricht über Dritte zum Ziel befördern

Zu Beachten: Laufzeit, Bandbreite, Hops

Als Client: Direkt senden, falls im selben Netz, ansonsten an Default Router

Router: Routingtabelle durchsuchen, Host-Match, Network-Match, Default-Router

Routingalgorithmus: Distanzvektoralgorithmus

Erstelle zu jedem Knoten eine Tabelle (zu Y, via X)

Fülle Felder iterativ immer weiter aus, markiere pro Zeile kleinste Zahl
(schnellste Verbindung)

Routingalgorithmus: Link-State-Protokoll

Gegeben ungewichteter Graph

Gehe vom Startknoten aus und ordne allen Nachbarn Zahl 1 zu.

Ordne allen Nachbarn dieser Knoten Zahl 2 zu.

...

Wenn ein Knoten schon eine geringere Zahl hat, lasse diese stehen.

Markiere den Pfad, der die kleine Zahl ausgelöst hat

Erstellen der Routingtabelle:

Ordne Jedem Knoten im Graph den Nachbarknoten des Startknotens zu, an den das Paket ideal gesendet werden soll.

Routingtabellen:

In Routingtabellen werden meist folgende Daten gespeichert:

Ziel (Host oder Netzwerk), Nächster Knoten, Kosten, Gerät, Lebensdauer des Datums.

Routingtabellen werden periodisch abgeglichen/aktualisiert

Defaultrouter (Ziel = *) für alle unbehandelten Fälle

IP-Adressen:

IP-Adresse besteht insgesamt aus 32 Bit (IPv4)

Jede Adresse verfügt über einen Netzwerkanteil (höhere Bits) und einen Hostanteil (niedrigere Bits)

Es gibt 3 Arten von Netzwerken:

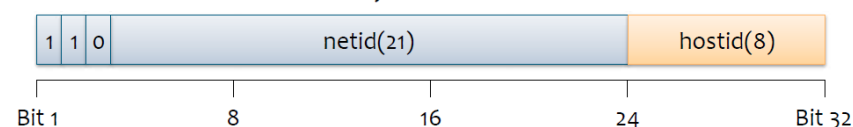
Class A: 2^7-2 Netze mit jeweils bis zu $2^{24}-2$ Rechnern



Class B: $2^{14}-2$ Netze mit jeweils bis zu $2^{16}-2$ Rechnern



Class C: $2^{21}-2$ Netze mit jeweils bis zu 2^8-2 Rechnern



IP-Adressen werden generell in 4 Byte unterteilt und jeweils Dezimal aufgeschrieben (Dotted Decimal, Bsp.: 192.168.1.1)
 Symbolische Namen verweisen auf IP-Adressen (DNS)
 Netzwerkadresse: Hostanteil 0
 Broadcast (Innerhalb eines Netzwerks): Hostanteil 1
 Multicast Adressen beginnen mit 110 gefolgt von der Adresse
 Multicast wird durch Provider blockiert, da sie gut missbraucht werden können

Subnetzwerke:

IP-Adresse wird in 3 Teile unterteilt: Netzwerkanteil, Subnetzanteil, Hostanteil
 Eine Netzwerkmaske definiert die Grenze der Subnetze

ARP: Address Resolution Protocol

Ermittlung von Netzwerkadressen (meist MAC) von gegebenen IP-Adressen

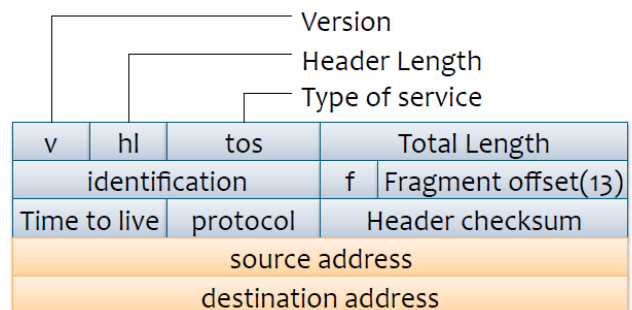
IP-Protokoll (IPv4):

Ein IP Paket hat einen 20Byte Header und ist maximal 64KByte groß

Type of Service: Legt Priorität des Pakets fest (z.B. Hohe Zuverlässigkeit und hoher Durchsatz für VoIP)

Fragmentierung (f): Gibt an ob Daten in mehrere Pakete fragmentiert wurden.

Time-to-live: Maximale Hops

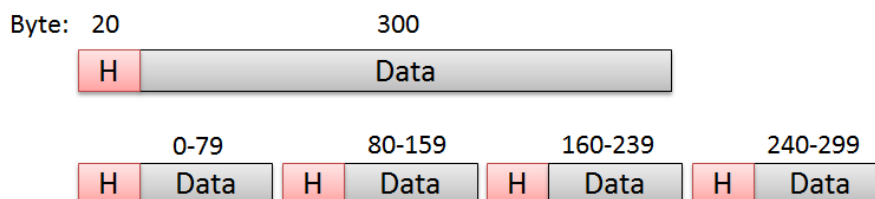


IP Fragmentierung:

Intranet-Fragmentierung: Anpassung der Paketgröße an jedes Netzwerk (nutzt volle MTU, zusätzlicher Rechenaufwand)

Internet-Fragmentierung: Bei Bedarf zerkleinern, aber nur zerkleinern

Ist ein Paket zu groß für die MTU (maximum transfer unit) eines Netzwerkes, wird es in mehrere Pakete aufgeteilt, Dabei bekommt jedes Paket einen eigenen Header.



In jedem Header wird f auf 1 gesetzt.

Das Fragment Offset gibt nun an, an welcher Stelle in den Originaldaten die Nutzdaten dieses Paketes stehen (im Bsp.: 0, 80, 160, 240)

Bei mehrfacher Fragmentierung muss einfach nur das Offset angepasst werden.
 Geht ein Paket verloren, müssen alle Fragmente erneut gesendet werden.

ICMP: Internet Control Message Protocol

Administrativ (Fehlermeldungen, Infomeldungen etc.)

Empfänger ist immer ursprünglicher Sender

Ein Paket besteht aus Typ, Code, Checksumme und zusätzlichen Daten

Häufig benutzt: Time Exceeded, wird gesendet, falls TTL 0 erreicht

Traceroute:

Client sendet Pakete mit wachendem TTL (zuerst 1, dann 2...)
Ausgewertet wird die ICMP Antwort (beinhaltet den erreichten Host)
Da Pakete nacheinander gesendet werden, müssen sie nicht immer denselben Weg nehmen -> Inkonsistentes Ergebnis

Ethernet:

Ziele: Kostengünstig, erweiterbar, einfach

Thick Ethernet: Nur Wege zwischen jeweils zwei Rechnern, mit Repeatern verbunden

Ethernet-Frame:

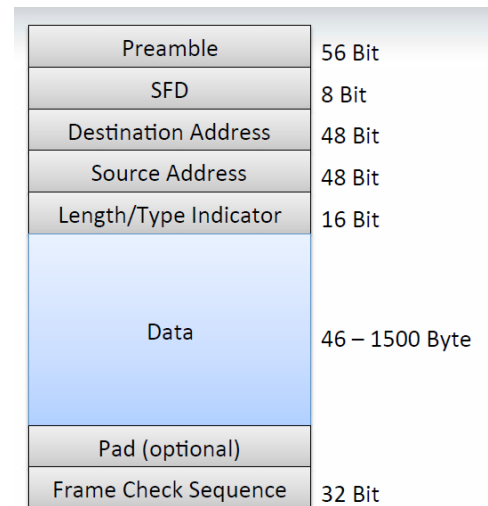
Preamble: Synchronisation von Sender und Empfänger, nur für dieses Frame gültig

SFD Start of Frame Delimiter

Pad: Auffüllen, damit mindestens 512

Bit groß

MTU: 1500 Byte



Synchronisierung per Präambel: Jede Ethernet-Karte verfügt über eine Uhr. Die Präambel ist ein Signal, welches dem Empfänger erlaubt sich auf die Frequenz des Senders einzustellen. Empfänger liest dafür das Signal (einheitlich) und kann sehen, ob seine Uhr zu schnell oder zu langsam läuft. Die Synchronisierung ist für genau ein Frame gültig, da nach gewisser Zeit wieder ein Drift auftreten kann.

Kollisionsfreie Frame-Übertragung:

Warten bis Medium frei (CSMA), dann eine Pause lassen und dann senden

Kollisionen treten auf:

A sieht freies Medium und sendet, B ebenfalls

Daten Kollidieren, A und B erkennen Kollision

A und B senden Jam Sequenz und stoppen Übertragung

Warte Zufallszeit (steigt jedoch pro Wiederholung)

Repeater ist bei Thick Ethernet nur im OSI-Layer 1

Ethernet-Adressen:

Verfügen über Herstelleridentifikation und eine Fortlaufende Nummerierung

Die Herstelleridentifikation ist 24 Bit, es sind genug vorhanden

Ethernet Switches:

Kreuzverschaltung von Leitungen