|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Traceroute Misst Weg vom Starthost zum Zielhost  Für alle i:  - Sende Pakete die nur i laufen können richtung Ziel  - i.ter Router sendet Pakete zurück -> Sender lernt alle Router kennen – vgl. Breitensuche | Leitungsvermittlung (Circuit Switching) Benötigte Ressourcen müssen vorab reserviert wrdn  Verbindung wird nur zugelassen, falls ausreichend Netzkapazität vorhanden. Sonst abgelehnt.  Dann Senden eines kontinuierlichen Datenstroms.  Übertragungsrate garantiert. Paketvermittlung (Packet Switching) Host teilt Nachricht in kleine Pakete auf und schickt sie unabhängig voneinander los.  Gleichzeitige Pakete müssen sich einen Link teilen und zeitlich hintereinander gesendet werden.  Router: **Store-and-Forward**.  Jeder Router muss gesamtes Paket empfangen, bevor er es auf den ausgehenden Link weiterleitet | Paketverzögerungen/-Verlust Verlust: Pakete verworfen, wenn Puffer nicht frei  Verzögerung: durch Pufferung  **dnodal** = dproc + dqueue + dtrans + dprop  **dtrans** = Paketlänge(Bits) / Bandbreite d. Links(bps) R  **dprop** = Länge d. Links / Ausbreitungsgeschwindigkeit (~2\*108 m/s)  Datenraten:  10er Potenz  Speicher 2er  **Bottleneck** bestimmt den Throughput: | Schichtenmodell (TCP/IP - Internet) Jede Schicht fügt an die Nachricht ihren eigenen Header hinzu  5 Application (HTTP, SMTP, RTP, DNS)  4 Transport (TCP, UDP)  3 Network (IP, ICMP)  2 Link (DSL, SONET, 802.11, Ethernet)  1 Physical |
| Schichtenmodell (ISO/OSI)  |  | | --- | | application | | presentation | | session | | transport | | network | | link | | physical |   Zusätzlich:  **Presentation**: Semantik der übertragenen Kommunikation  (Kompression, Verschlüsselung, BE, LE)  **Session**: Sitzungsauf- und abbau  Synchronisierung zwischen beteiligten Prozessen | Signalübertragung **Dämpfung**: Längere Leitung -> mehr Dämpfung  Leistung/Amplituden verringert  **Verzerrung**: Frequenzen werden von Übertragungsmedien verschieden stark gedämpft.  Meist nur Frequenzen bis zu einem max Wert gut übertragbar  **Bandbreite**: E-Technik: Frequenzbereich der gut übertragen werden kann Duplex vs Simplex **Vollduplex**: Beide Richtungen gleichzeitig möglich  z.B. Kabelübertragung  **Halbduplex**:Beide Richtungen, aber nicht gleichzeitig  z.B. WLAN  **Simplex**: Nur eine Richtung möglich | Nyquist (Datenrate D bei unverrauschtem Kanal) Bandbreite **B**; Anz. verw. Signalstufen **V**  D = 2 \* B \* ld( V ) [bit/s] Shannon (Datenrate D bei verrauschten Kanal) Gilt zusätzlich zu Nyquist!  Nutzsignalleistung S; Rauschleistung N  D = B \* ld( 1 + S/N ) [bit/s]; S/N in dB: 10 \* log10(S/N) Bit vs Baud Bitrate:  20 bit/s  Baudrate:  10 Baud | Digitale Modulation **Modulation**: Umwandlung Bitsequenz in übertragbares Signal.  **Demodulation**: Rückübersetzung beim Empfänger.  **Baseband** (bei drahtgebundener Übertragung):  Signal beinhaltet Frequenzen 0 bis fmax und wird direkt in diesem Frequenzbereich übertragen.  **Passband** (bei drahtloser Übertragung):  Nutzsignal in höheren Frequenzbereich verschieben  Nutzsignal verändert Trägersignal  Rückgewinnung am Empfänger durch Demodulation |
| Baseband Transmission (Leitungscodes) Bipolar: abwechselnd + u. – für 1 | Taktrückgewinnung durch Leitungscodes Häufige Symbolwechsel nötig, damit Empfänger die Symbole rückgewinnen kann. 1000000 schwierig wie viele 0en.  **Lösungen**:   * Synchrone Uhren * Manchester Code (Takfreq = 2\* Bitfreq) * Coderung: z.B. **4B/5B** bildet 4 Bits auf 5 Bits ab mit vielen Wechseln:   Weitere Vorteile: Hohe Baudrate – Effizienz. Gleichspannung unterdrücken(AMI) | Passband Transmission Nutzsignal ändert Trägersignal  Bei Frequency Vereinbarung welche Freq 0 und 1 | Passband: Kombination von Modulationsarten ASK und PSK oft kombiniert -> höhere Bitrate bei gleicher Baudrate  GrayCode als Bitcodes. Dadurch nur wenige Bitfehler |
| Multiplexing (mehrere User 1 Übertragunsmedium) **Frequency Division Multiplexing (FDM):**   * Jeder Benutzer hat eigenen Frequenzbereich   **Time Division Multiplexing (TDM):**   * Frequenzbereich wird über Zeit geteilt * Round-robin * Benutzer wechseln sich zeitlich ab   Auch Kombination aus beiden Möglich. | Link Layer Frame: Nachricht auf Schicht 2.  Wird in allen Nodes implementiert (Netzwerkkarte). Nicht in Hubs!  **Übertragung von Frames zw benachbarten Nodes**  **Rahmenbildung**: Positionsrichtige Erkennung von Zeichen, Erkennung von Blockgrenzen. Frame = Header+Payload. Payload = IP Paket  **Vielfachzugriff**: Wer darf Medium wann nutzen?  **Fehlererkennung/-Korrektur:** Umgang mit Bitfehlern auf phyical layer. Hinzufügen von Redundanz  **Zuverlässige Datenübertragung**: Korrektur von Paketverlusten, korrekte Reihenfolge, Vermeidung von Duplikaten. Bei WLan teilweise, bei Ethernet gar nicht. | Rahmenbildung Erkennung, wann Frame beginnt und endet.  **Byte Count**: Zu Beginn jedes Frames Feld, das Anz enthaltener Bytes angibt (Anz. inkl diesem Feld)  Nachtei: Nach Fehler erneute synchronisation schwer  **Byte Stuffing**: FLAG markiert anfang und Ende. Falls FLAG in Nutzdaten, ESC. ESC aber auch escapen.    **Bit Stuffing**: Frame beginnt mit speziellen reserviertem Bitmuster. Beim senden wird nach 5 zusammenhängenden 1-er Bits immer ein 0 Bit eingefügt und beim Empfang nach 5 zusammenhäng. 1er Bits immer ein 0 Bit gelöscht.  Vorteil: Framelänge muss kein vielf. von 8Bit sein. | Fehlererkennung und -korrektur Keine Fehlerkorrektur (zu viel Redundanz)  Bei Fehlererkennung:  Ethernet: keine Retransmission  WLAN: Aktive Wiederanforderung des fehlerhaften Blocks durch Link Layer  **Checksumme** (IP und TCP Header):   * Bits in Gruppen von 16 Bit Wörtern * Summiere alle 16 Bit Wörter unter Berücksichtigung des Übertrags (Übertr addieren) * 1er Komplement des Ergebnisses ist Checksum   Empfänger:   * Addiere übertragene Wörter UND Checksum. Übertrag auch wieder addieren! * Wenn Ergebnis nur 1er: Kein Fehler |
| Cyclic Redundancy Check (CRC):Ethernet und WLan | MAC-Adressen (Adresse der Link Layer) Nur lokal gültig. Zur identifikation von Nachbarn.  Jedes Interface eines Hosts hat eigene MAC-Adresse  Bei Ethernet u. WLan 48 Bit.  Broadcast-Adresse FF-FF-FF-FF-FF-FF  Jede Netzwerkkarte muss eindeutige MAC-Adresse haben innerhalb eines lokalen Netzwerkes | Ethernet 802.3 Frames:   **Präambel**: 7mal 10101010, dann 1mal 10101011   * Synchronisation Sender u. Empfänger   **Adressen**: je 6 Byte Sender u Empfänger MAC. Normalerweise, NW Karte leitet Frame nur an BS weiter, wenn des adresse passt. Ausnahmen: Broadcast oder Promiscuous Mode  **Type**: 2Byte Art des Netzwerkprotokolls IPv4/IPv6...  **CRC**: 4Byte  **Eigenschaften**:  Verbindungslos: Kein Verb. Aufbau vor Datenaustaus  keine zuverlässige Verbindung: Frameverlust mögl.  Vielfachzugriff:Nur bei Punkt-zu-Punk:Unsl CSMA/CD | Vielfachzugriff Geteilter Broadcastkanal – Interferenz == Kollision falls mehrere Stationen gleichzeitig senden.  **Multiple Access Control**: Algorithmus der entscheidet, wann Host senden darf.Entscheidung muss inband sein (Kein extra Kanal).  Link hat Kapazität. Wenn mehrere Senden Rate R/M  **Arten von Multiple Access Control:**  **Multiplexverfahren**: siehe oben.  **Random Access Verfahren**: Kollisionen werden zugelassen. Mechanismen um sich von Kollision zu erholen. z.B. Un-/Slotted ALOHA, CSMA /CD /CA  **Token-Verfahren**: Kollisionen werden verhindert. Nur wer Token hat darf auf Kanal zugreifen |
| Slotted ALOHA   Alle Frames gleiche Größe. Zeit in gleich große Zeitslots unterteilt. Intervall reicht zum Senden des kompletten Pakets. Hosts müssen bzgl Zeit synchronisiert sein.  Sobald neuer Frame vorhanden. Versuche im nächsten Slot zu senden. Keine Kollision: fertig. Kollision: Versuche beim nächsten Slot mit Wahrscheinlichkeit p erneut.  Vorteile: nur 1 Host: volle Rate, Dezentral, Einfach  Nachteile: Kollisionen verschwenden Zeitslots. Sync  der Uhren notwendig. | Carrier Sense Multiple Access (CSMA) **Carrier Sensing**: Mitlauschen am Kanal.  Kanal frei: Beginne Übertragung.  Kanal belegt: Verschiebe Übertragung.  1-persistent: Sende sobald Kanal wieder frei  p-persistent: Sende im nächsten Slot, mit W’keit p falls Kanal frei ist.  Non-persistent: Warte Zufällige Zeit und prüfe erneut, ob Kanal frei. => **Ethernet**  Wegen dprop erkennen Sender erst verspätet, ob es zu Kollisionen kommt. dprop hat Einfluss auf Kollisionswahrscheinlichkeit.  Bei spät erkannter Kollision ist losgesendetes Paket wertlos. |  | CSMA/CD (Carrier Sensing + Collision Detection) **CD**: Sender (**Netzwerkkarte**) hört während senden Medium weiter ab.  Sofortiger Abbruch + Jam Signal bei Kollision  Erneuter Sendeversuch nach zufälliger Wartezeit  Binary exponential Backoff: mittlere Wartezeit nach jeder erneuten Kollision verdoppelt.  Sender muss zu **listen while talk** fähig sein.  LAN: Leicht möglich -> *Vollduplex*  WLAN: Schwierig. Empfangene Signale viel schwächer als gesendete -> *Halbduplex* |
| Mindestlänge von Ethernet Frames Worst-Case: Kollision wird erst nach 2\*dprop erkannt.  Ziel ist es, dass Sender Kollision noch erkennt, bevor er alle Bits seines Frames losgesendet hat.   * Minimale Paketgröße   dtrans > 2dprop => L/R > 2 \* s/v => L > 2\*R\*(s/v) | Vielfachzugriff bei WLAN 802.11 CS: Wie Ethernet wird vor Senden Medium abgehört  Collision Detection nicht möglich, weil:  WLAN ist halbduplex: empf. Signal sehr schwach  WLAN Stationen können sich nicht gegenseitig hören   * **Hidden Station Problem**     Kollisionen müssen beim Empfänger erkannt werden! | CSMA/CA (Collision Avoidance) bei WLAN *Sender*:  Kanal min. für DIFS frei -> sende kompletten Frame  Kanal belegt: hier schon exponential Backoff   * Unterschied zu CSMA/CD   Höre Kanal ständig ab und dekrementiere Timer, während Zeiten, wo Kanal frei ist. Erneute Übertragung, wenn Kanal frei  Falls kein ACK eintrifft -> Wieder zu belegt Fall.  Ggfs backoff Intervall erhöhen.  *Empfänger*: bestätigt Datenempfang durch ACK nach Zeitspanne SIFS. SIFS < DIFS Priorisierung von ACK  TODO: GRAFIK | Switched Ethernet Hub: Alle Leitungen quasi miteinander verbunden. Eine einzige Kollisionsdomäne. CSMA/CD notwendig  Switch: Isoliert jeden Port in eigene Kollisionsdomäne  Kein CSMA/CD nötig  Jeder Host direkt mit Switch-Port verbunden.  Keine Kollision möglich, falls voll-duplex.  Kein CSMA/CD notwendig.  Switches speichern Frames zwischen und leiten Frames weiter  Gleichzeitige Übertragung von A zu A’ und B zu B’ möglich. |
| Ethernet Switch Arbeitet auf **Link Layer**.  Empfang, Zwischenspeicherung und Weiterleitung von Ethernet Frames  Untersucht MAC Adresse der ankommenden Frames und leitet Frame selektiv nur an richtigen Port weiter.  Klassischer Switch hat keine IP-Adresse  Ethernet Hosts merken nichts von der Anwesenheit eines Switches  Selbstlernend  Muss nicht konfiguriert werden. | Switch Forwarding **Forwardingtabelle** enthält Info, an welchen Port ein Frame weitergeleitet werden muss:  Ziel MAC-Adr | Ziel Port | TTL  Selbstlernend: Bei ankommenden Frame werden Infos des Absenders gespeichert.  Nachschlagen, ob Eintrag mit Ziel MAC schon in Tabelle.  **Vorhanden**: Weiterleiten an Zielport. Falls Zielport == Quellport. Frame verwerfen  **Sonst**: Fluten. Weiterleiten an alle Hosts mit Ausnahme des Senders. Auch die, die er schon weiß, was dranhängt. |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Network Layer | Router Architektur | Longest Prefix Matching | Switching FabricQueuing an Eingangsports Nötig, falls Fabric langsamer als Ankunftsrate Queuing an Ausgangsports Nötig, falls Ankunftsrate von Fabric die Übertragungsrate des Ausgangslinks übersteigt |
| IP (20 Bytes Overhead für IP Header)  * Adressierungskonventionen * Datagram Format * Packet handling conventions | IP Fragmentierung | Subnetze | Classful AddressingClassless AddressingSpezielle Ipv4 Adressen |
| DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) | ICMP (Internet Control Message Protocol) | ARP (Address Resolution Protocol) | ARP Ablauf |
| Routing |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

Abkürzungen

## Einführung

DSL: Digital Subscriber Line

ISP: Internet Service Provider

TCP: Transmission Control Protocol (Netzwerkprotokoll, das definiert auf welche Art und Weise Daten zwischen Netzwerkkomponenten ausgetauscht werden sollen)

UDP:

IP: Internet Protocol (Protokoll das die Grundlage des Internets darstellt)

HTTP: Hypertext Transfer Protocol (Protokoll zur Übertragung von Daten in der Anwendungsschicht)

RFC: Request for Comments (legt Internet Standards fest)

VoIP: Voice over IP

DSLAM: Digital Subscriber Line Access Multiplexer (übersetzt hochfrequente Töne in digitale Signale, bevor Daten zum Modem im Heimnetz kommen)

CMTS: Cable Modem Termination System (Wie DSLAM aber für Kabelmodem)

DHCP Server: Dynamic Host Configuration Protocol Server (Verteilt automatisch Adressen an Hosts in einem Netzwerk)

DNS Server: Domain Name System Server (Weist im Internet einer URL die richtigen IP-Adresse zu)

SAP: Service Access Point (Im Schichtenmodell stellt jede niedrigere Schicht der jeweils höheren Schicht einen SAP zur Verfügung. Somit kann die Höhere Schicht die Services der niedrigeren benutzen)

ISO: International Organization for Standardization

OSI: Open Systems Interconnection

## Network Layer

CIDR: Classless Interdomain Routing (Subnetzteil einer Adresse kann beliebige Länge haben)

Windows/Linux Befehle

Routing Tabelle anzeigen:

* Linux: route
* Windows: route print

MAC-Adresse rausfinden:

* Windows: ipconfig /all -> physische Adresse
* Linux: ifconfig -> ether

Adresszuweisung

* Linux: ifconfig eth0 200.23.16.4 netmask 255.255.255.0 oder ip addr add 200.23.16.4/24 dev eth0 oder persistent: /etc/network/interfaces

IP Adresse von DHCP Server anfordern

* Linux: dhclient
* Windows ipconfig /release

ARP-Tabellen anzeigen

* Linux: arp
* Windows: arp -a

TODO

Schichtenmodell Aufgaben