

Daten- und Rechnernetze (D4TI1)
Script zur Vorlesung bei Prof. Schebesta

Mitschrift von Torsten Görig

3. Juli 2002

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Begriffe	3
1.1.1	Daten und Rechnernetze	3
2	Kommunikationsnetzwerke	3
2.1	Einteilung	3
2.2	OSI-Referenz-Modell	4
3	Grundlagen LAN	5
3.1	Netzwerkarchitektur	5
3.2	Topologien	5
3.2.1	Betriebsart von Netzen	7
3.3	Übertragungsmedien	8
3.3.1	Elektrisch leitende Übertragungsmedien	8
3.3.2	Lichtwellenleiter	10
3.4	Übertragungsverfahren	12
3.4.1	Übertragung im Basisband	12
3.4.2	Datenübertragungsverfahren - Breitband	12
3.5	Netzwerkzugriffsverfahren	13
3.6	Strukturierte Verkabelung	14
3.7	Elektromagnetische Verträglichkeit	14
4	Ethernet	14
4.1	Einleitung	14
4.2	Schicht1 von Ethernet	14
4.2.1	Ethernet Frame-Aufbau	15
4.3	Die Schicht2 von Ethernet	15
4.3.1	Medium Access Control	15
4.3.2	Schicht 2b von Ethernet LLC-Schicht	16
4.4	Ethernet Hochgeschwindigkeitsnetz	16
5	TCP/IP	16
5.1	Einleitung	16
5.2	Das Internet Protokoll IP	17
5.2.1	Fragmentierung	18
5.2.2	Source Routing	18
5.2.3	Record Routing	18
5.2.4	Adressauflösung	18
5.3	ICMP-Protokoll	19
5.4	TCP Transport Control Protocol	19
5.4.1	Verbindungsaufbau	20
5.4.2	Sliding Window	20
5.4.3	Urgent Data	20
5.5	UDP User Datagram Protocol	21
5.6	Anwendungen bei TCP/IP	21
5.7	Name-Service	22
5.7.1	Namen-Auflösung	22
5.7.2	Vorgehensweise bei der Namensauflösung	22
5.8	Nutzung von TCP/IP aus der eigenen Anwendung	23
5.8.1	Was sollte alles bei einer TCP/IP-Workstation angegeben / eingestellt werden?	24

6	Token Ring 802.5	25
6.1	Allgemeines	25
6.2	Physikalischer Anschluß an einem Ring	25
6.3	Das Token Passing Prinzip	25
6.4	Frame Aufbau	26
6.5	Die Monitor-Funktion	26
6.5.1	Funktion des Aktiv Monitor	26
6.5.2	Funktion des Stand-by Monitors	26
6.6	Einschaltvorgang einer Token Ring Station	27
6.7	Prioritäten im Token Ring	27
7	Transitsysteme / Intermediatsysteme (Gateways)	27
7.1	Brücke	27
7.1.1	Lokale Brücke, Translations-Brücke	28
7.1.2	Remote Brücke	28
7.1.3	Multiport-Brücke (Switch)	28
7.2	Lernmechanismus der Brücke	28
7.3	Die Transportentscheidung der Brücke	29
7.4	Aging Prozeß	29
7.5	Redundanz und Zyklen	30
7.5.1	Spanning Tree	31
7.6	Router	32
7.6.1	Vorbemerkungen	32
7.6.2	Anforderungen an Routing-Protokolle	32
7.6.3	Gerätetechnik Router	33
7.6.4	Router und WAN	35
7.7	OSI-Routing-Framework	35
7.8	Switching	36
7.8.1	Switch Architekturen	36
7.8.2	Funktion von Switches	36
7.8.3	Weiterentwicklung bei Switches	37
8	VLAN Virtuuell-LAN	37
9	ATM (Asynchroner Transfer Modus)	39
9.1	ATM-Referenzmodell	39
9.2	Physikalische Schicht	39
9.3	ATM-Schicht	39
9.4	AAAL-Schicht	40
9.5	Dienstklassen	40
9.6	TCP/IP over ATM	40
10	Hochverfügbarkeit	41
10.1	Allgemein	41
10.2	Ausfallarten von Systemkomponenten	41
10.2.1	Klassifizierung	41
10.2.2	Maßnahmen	41
10.2.3	Prinzipien:	42
10.2.4	Ursachen für Systemausfälle	42
10.3	Maßnahmen und Technologien zur Erhöhung der Verfügbarkeit	43
10.3.1	Redundanz-Konzept	43
10.3.2	Redundanz-Systeme	43
10.3.3	Clustering von Servern	43

1 Einleitung

1.1 Begriffe

siehe Umdruck

1.1.1 Daten und Rechnernetze

Frage: Warum?

- zum Austausch von Daten und Informationen
- Ressourcennutzung (z.B.: im Verbund von Systemen mathematische oder Grafik-Prozessoren anderer Systeme nutzen; ebenso Drucker, also Peripherie, d.h. aus funktionaler Sicht die unterschiedlichen Systeme nutzen)
- Lasten aufteilen, d.h. nicht zentralisieren, sondern Verteilen
- Verfügbarkeitsverbund

Down-Sizing: funktionale Ausgliederung an den Arbeitsplatz

Right-Sizing: Läuft mit Down-Sizing parallel

Workstation: dezentralisierte Konzepte, sehr leistungsfähig, jedoch wartungsproblematisch

Server-Client: Ein System bietet Dienste an, ein anderes nutzt diese Dienste. Jedoch wenn ein Server ausfällt, kann es zu gravierenden Einbußen kommen.

Peer to Peer: Normaler Arbeitsplatz, der zusätzlich Serverkomponenten zur Verfügung stellt

Host-/Mainframe-Konzept: ein zentraler Rechner, alle I/O-Geräte sind an diesen angeschlossen. Wurde abgelöst von Down- und Right-Sizing, wegen Ausfallschutz; Vorteil: Verfügbarkeit ist sehr hoch

strukturierte Verkabelung

2 Kommunikationsnetzwerke

2.1 Einteilung

GAN - Global Area Network

WAN - Wide Area Network

MAN - Metropolitan Area Network

LAN - Local Area Network

Internet:

- Zusammenschluss vieler Netzwerke
- Verfügung großer Ressourcen weltweit

Intranet:

- gleiche Browserfähigkeiten, Zugriffe, etc.
- das Internet in Firmennetzen verwirklicht, d.h. LAN erweitert und angepaßt

Internetworking: Über Netzwerkgrenzen wird gearbeitet

2.2 OSI-Referenz-Modell

Open Systems Interconnection (OSI)

Referenzmodell zur Realisierung der Kommunikation zweier Prozesse miteinander (Interprozesskommunikation):

- die Prozesse befinden sich auf demselben System: über Pipes, mailboxes, shared memories
- die Prozesse befinden sich auf unterschiedlichen Systemen:
 - über 1:1 -Verbindung (Schnittstelle parallel oder seriell)
 - über Verbindung in einem Netzwerk, gleichgültig, ob im selben Netzwerk oder verteiltem System

Voraussetzungen siehe Umdruck Seite 1 und: Schicht 1 und 2 müssen gleich sein!

3 Grundlagen LAN

3.1 Netzwerkarchitektur

- Topologie (geometrische, räumliche Anordnung der Systeme , wie sie zusammengeschalten sind)
- Übertragungsmedium (Leitungsgebundene Medien)
- Übertragungstechnik
- Zugriffsverfahren

3.2 Topologien

räumliche Anordnung der einzelnen Rechner

Betrachtung zu Topologien:

- Verfügbarkeit
- Konnektivität
- Bandbreite
- Installationsaufwand und Kosten
- Erweiterbarkeit
- Zugangsverfahren
- Verbindungsarten
- Wegewahl
- Fehlererkennung, Fehlerbehandlung
- ...

Vollständiger Graph:

(Jeder Rechner ist entweder direkt verbunden, oder hat als Alternative verschiedene Wege zu einen anderen Rechner)

Vorteile:

- Konnektivität am größten, da bei Ausfall über anderen Weg erreichbar
- Verfügbarkeit auch gut
- Bandbreite sehr gut, da direkt erreicht wird
- Zugangsverfahren nahezu ideal

Nachteile:

- Installationsaufwand (Kosten)
- Erweiterbarkeit kompliziert

Ringstruktur

unidirektionale Ausbreitung (Daten fließen nur in eine Richtung durch den Ring)

Vorteile:

- Große Entfernungen
- geringere Kosten bei großen Dimensionen
- minimaler Kabelbedarf

Nachteile:

- Ausfall eines Knotens oder ein Kabelbruch bedeutet den Ausfall des gesamten Netzwerks
- Konnektivität ist nicht so gut
- Bandbreite

Sternstruktur

(Länge bis 100m)

Knoten sind an einer zentralen Verteilereinheit (Hub) angeschlossen

Keine direkte Kommunikation der einzelnen Knoten, sondern über den Hub

Klausur: Vergleich der Strukturen; Welche Struktur ist am Besten für das gestellte Problem!!!

Vorteile:

- Vollduplexbetrieb realisierbar
- unempfindlich gegen Ausfall eines Knotens oder bei Kabelbruch

Nachteile:

- Erweiterbarkeit über Knoten kann sich nachteilig auswirken (Knotenabschaltung)
- Große Entfernungen auch problematisch, da immer neue Kabel → hoher Kabelbedarf
- Ausfall der zentralen Verteilereinheit legt das gesamte Netzwerk lahm

Klausur

Bus

einfachste Form der Vernetzung

Vorteile:

- Erweiterbarkeit
- geringer Kabelbedarf
- unempfindlich gegen Ausfall eines Knotens

Nachteile:

- Totalausfall bei Kabelbruch

Baumstruktur

Vorteile:

- Erreichbarkeit

Nachteile:

- Bandbreite
- Verfügbarkeit

3.2.1 Betriebsart von Netzen

Diffusionsnetz:

Information gelangt an alle Teilnehmer (Broadcastnetz)

Single-/Unicast: Ein Rechner sendet an einen anderen.

Multicast: Ein Rechner sendet an eine Gruppe von Rechnern.

Broadcast: Ein Rechner sendet an alle.

Teilstreckennetz:

Ringstruktur stellt ein Teilstreckennetz dar, weil unidirektional von einem Rechner zum anderen gesendet.

Physikalisch / logische Struktur:

- physikalisch liegt ein Bus als Diffusionsnetz vor
- logische Struktur ist eine Ringstruktur (Token-Passing-Prinzip, d.h. Token (Erlaubniszeichen) muss vorhanden sein)

3.3 Übertragungsmedien

- elektrisch leitende Medien
- lichtleitende Medien
- elektromagnetische Medien

3.3.1 Elektrisch leitende Übertragungsmedien

- verdrehte symmetrische Leitungen mit und ohne Abschirmung
- Koaxialkabel (unsymmetrische Leitungen)

3.3.1.1 Übertragung elektrischer Signale auf metallischen Doppelleitungen

Ersatzschaltbild einer idealen homogenen Leitung:

Die Doppelleitung hat tiefpaßverhalten (Tiefe Frequenzen können ohne Probleme übertragen werden).

Bei hohen Frequenzen fängt C an zu leiten, bis zum Kurzschluß → nur bis zu einer bestimmten Frequenz machbar; es ist eine Dämpfung vorhanden.

Bsp.: 10MBit Ethernet hat eine Übertragungsfrequenz von 20MHz (Manchester-Prinzip)

Klausur: Woraus resultiert die Grenzfrequenz???

Klausur

Exkurs:

Übertragungsarten

Unsymmetrische Übertragungen:

Unsymmetrische Übertragung bedeutet, beide Leitungen führen unterschiedliche Potentiale

Eine Störung verändert das Nutzsignal.

Symmetrische Übertragungen:

Differenzsignal wird übertragen

Eine Störung verändert beide Signale gleichphasig.

Differenz wird nicht verändert.

3.3.1.2 Symmetrische verdrehte Kupferkabel

TP Twisted Pair

STP Shielded TP

UTP Unshielded TP

UTP-S UTP Screened

Schirme:

- Geflechtsschirme: Kupfer, versilbert → je dichter das Geflecht, so besser die Schirmung
- Folienschirme: meist Aluminium
- Bessinnung: hoch flexibler Geflechtsschirm
- Leitungsdoppelschirm: konzentrische übereinander getrennte Schirme
- Mehrlagenschirme: gekoppelt, um große Frequenzbereiche abzudecken (→ man versucht auf diese Weise Systeme zu entkoppeln, um sie vor auftretenden Störungen über die Masse zu schützen)

Wichtig!!!

Verlegevorschriften beachten:

- Biegeradien
- Zugentlastung
- Belegung von Dosen/Stecker
- Nach Möglichkeit meßtechnisch immer die komplette Verbindung mit allen Steckern und Dosen überprüfen

3.3.1.3 Koaxialkabel

Rotationssymmetrisch aufgebautes Kabel

Innenleiter, Dielektrikum, Außenleiter

Ausnutzung des Skinneffektes

Vorteil:

- Preis
- hohe Bandbreite

Nachteil:

- Verlegevorschriften
- Platzbedarf

Bsp.:

RG 58 50Ω Meßtechnik, Ethernet

RG 11 75Ω Breitbandtechnik

RG 62 93Ω IBM-Terminal-Verkabelung

3.3.2 Lichtwellenleiter

3.3.2.1 Grundlagen Lichtwellentechnik

Physikalisches Prinzip:

Prinzip der Totalreflektion: Licht wird beim Übergang zwischen zwei Medien gebrochen. Der maximale Einkoppelwinkel wird als Akzeptanzwinkel bezeichnet. Alle Lichtwellen innerhalb dieses Winkels werden total reflektiert und übertragen.

24.04.2002

Die Lichtwellen werden innerhalb eines Grenzwinkels γ eingekoppelt und übertragen. Ist der Einkoppelwinkel größer als der Grenzwinkel, geht die Lichtwelle im Mantel verloren.

Der Sinus des Grenzwinkels wird *Numerische Apertur* genannt. Sie ist ein Maß für die eingekoppelte Leistung.

3.3.2.2 Eigenschaften von Lichtwellenleitern

Verluste:

- Einkoppelungsverluste
- Streuverluste in Folge von Inhomogenitäten im Material
- Absorptionsvorgänge durch Materialverunreinigungen

Dispersionseffekte:

Moden (ein Mode ist eine Lichtwelle) die nahe dem Grenzwinkel eingekoppelt werden und Moden, die axial eingekoppelt werden, haben unterschiedliche Wege zurück zu legen = *Modendispersion*

Materialdispersion: Das eingekoppelte Licht hat eine spektrale Breite. Lichtwellen mit unterschiedlichen Längen werden unterschiedlich schnell übertragen.

Spektralbreite:

LED 40nm

LD 2-3nm

3.3.2.3 Bauarten von Lichtwellenleitern (*siehe Umdruck*)

Unterscheidung:

- Multimodefaser
 - Gradientenprofil
 - Stufenindexprofil
- Monomodefaser
 - Stufenindexprofil

Wesentlicher Faktor ist das Bandbreiten-Längenprodukt

- Multimodefaser
 - Gradientenprofil $\approx 1GHz/km$
 - Stufenindexprofil $\approx 100MHz/km$
- Monomodefaser
 - Stufenindexprofil $\approx 10GHz/km$

LED für Multimodefasern: *ca. 100 000 Betriebsstunden*

LD für Monomodefaser: *ca. 10 000 Betriebsstunden*

Verwendete Lichtwellenlängen: 850nm/1350nm/1500nm

3.3.2.4 Aufbau einer Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecke

3.4 Übertragungsverfahren

3.4.1 Übertragung im Basisband

Basisbandtechnik bedeutet digitale Übertragung. Die gesamte Bandbreite steht *ei-nem* Kanal zur Verfügung.

3.4.1.1 Leitungscodes im Basisband (*siehe Umdruck*)

Forderung an Leitungscodes:

- Gleichspannungsfreiheit
 - galvanische Trennung erfolgt über Trafo-Gleichspannung und treibt diesen in die Sättigung (?)
- Taktrückgewinnung aus dem Code

3.4.2 Datenübertragungsverfahren - Breitband

Def.: a)

- Netze mit Trägermodulierter Technik
- Unterschiedliche Kanäle mit unterschiedlicher Trägerfrequenz, z.B. Kabelfernsehen

Def.: b) Nach CCITT, bzw. ITU sind Breitbandnetze Netze, die eine Datenrate oberhalb der Primärmultiplexrate haben. Bsp.:

- ISDN 64kBit B Kanal
- 30 Nutzkanäle + 2 Overhead-Kanäle = Primärmultiplexrate \geq 2048 Mbit/s (Breitband ISDN)

3.5 Netzwerkzugriffsverfahren

08.05.2002

3.6 Strukturierte Verkabelung

siehe Umdruck

legt eine allgemeingültige Verkabelung für alle Dienste fest.
Daten, Telefonie ...

3.7 Elektromagnetische Verträglichkeit

siehe Umdruck zum Selbststudium

4 Ethernet

4.1 Einleitung

Zwei Varianten:

- Eth V.2.0
- Eth 802.3

Eth V.2.0 und 802.3 sind substantiell kompatibel

4.2 Schicht1 von Ethernet

Im Umdruck sind die aktuellen Ethernet-Verkabelungen angegeben.

Neue Technologie sind die 100Mbit/s bzw. G-Bit Ethernet Varianten

- Überwachung der Übertragung (Kollisionsfenster)
- Präambelgenerierung
- Signalcodierung

- Mithören der Übertragung

Wichtig:

- Für jede Variante sind Verlegevorschriften zu beachten
- Anzahl der möglichen aktiven Komponenten sind begrenzt

4.2.1 Ethernet Frame-Aufbau

MAC-Frame

Unterschiede im Frame-Aufbau zwischen V.2.0 und 802.3

- Präambel ist nur logisch unterteilt
- Auch 802.3 arbeitet nur noch mit 48 Bit Adressen
- Typ-Feld enthält Informationen über höhere Protokolle; Zahlenwert $\geq 600h$
- Längen-Feld enthält Angaben über die Länge des Datenfelds max 05DCh $\hat{=}$ 1500 Byte (Version 802.3)
- Min. Ethernet-Frame ohne Präambel=64Byte
- Max. Ethernet-Frame ohne Präambel=1518Byte

4.3 Die Schicht2 von Ethernet

4.3.1 Medium Access Control

stochastisches Zugangsverfahren CSMA/CD - Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection

Ablauf:

1. Sendewillige Station überprüft Leitung, ob belegt oder nicht belegt
2. Falls nicht belegt, senden
3. Falls senden ok beginn von vorne
4. Falls Kollision Abbruch des Sendens, Generierung des JAM-Signals, damit werden alle Stationen unterrichtet, dass Kollision stattfand.
5. Backoff-Phase
Mittels binary Truncated Algorithmus wird zufällige Wartezeit erzeugt – Maximal 16 mal.
6. Stationen können persistent (=hartnäckig) sein, bzw. non-persistent

4.3.2 Schicht 2b von Ethernet LLC-Schicht

Logical Link Layer nur bei 802.2

Mittels der LLC-Schicht wird für alle Systeme eine einheitliche Schnittstelle zum Aufbau logischer Verbindungen angeboten.

Die Verbindung wird dabei nur Abschnittsweise realisiert, z.B.: Rechner–Router, Router–Router, Router–Endsystem

4.3.2.1 LLC-Dienstklassen

Typ1: Verbindungsloser Dienst ohne Bestätigung

Request vom Sender

Indication beim Empfänger

Typ2: Verbindungsorientierter Dienst

Request Sender

Indication Empfänger

Response Empfänger

Confirm Sender

Typ3: Verbindungslos mit Bestätigung über Statusinformation

4.4 Ethernet Hochgeschwindigkeitsnetz

Übertragungsraten:	100Mbit/s	– Fast Ethernet
	1Gbit/s	– Gigabit-Ethernet
	10GEA	– 10 Gigabit Ethernet Alliance

4.4.0.1 Technologien, die eingesetzt werden:

Definition für unterschiedliche Medien

- LWL
- Kat5 Kabel und Höher
- Nutzung mehrerer Adernpaar
- Veränderung der Codierung
z.B.: 4B/5Bm 5B/6B, 8B/10B
- Reduzierung der maximalen Kabellängen
- Voll-Duplex-Betrieb

5 TCP/IP

5.1 Einleitung

Protokollsatz *siehe Folie*

Protokolle setzen auf Schicht 2 auf.

Bieten für Schicht 3 entsprechende Protokolle.

Für Schicht 4 zwei Transportprotokolle.

Schicht 5-7 werden durch Dienste abgedeckt.

TCP/IP ist nicht OSI-Referenz-Modell konform. Ist heute aber der häufigste Kommunikationsstandard.

5.2 Das Internet Protokoll IP

Adressaufteilung nach Netz-ID und Host-ID, wobei der Anteil für Netz-ID inklusive Sub-Netz-ID beliebig sein kann.

Vorbesetzte Adressen:

127.0.0.1 – loop-Back

Adresse 0 und 255 darf nicht verwendet werden.

5.2.0.1 Unteradressierung-Subnet-Adr.

Aus dem Bereich der Host-ID kann ein Teil für Sub-Net-ID verwendet werden. Dazu muß für die Systeme eine Subnet-Maske festgelegt werden.

Funktion der Subnet-Maske ist es, den Net-ID-Anteil vom Host-ID-Anteil einfach zu trennen.

Bsp.:

Netz: 181.45.0.0

Netz+Subnet: 181.45.12.0

Mask: 255.255.255.0

konkrete Rechneradresse: $\frac{\begin{array}{r} 181.45.12.7 \\ \text{logisch und: } 255.255.255.0 \\ \hline 181.45.12.0 \end{array}}{\hline\hline}$

Übung:

Netz Klasse B mit 6 Bit für die Host-Adresse.

- Wie sieht die Netzwerkmaske aus?
- Wieviele Rechner können angeschlossen werden?

zu a) $= 2^6 - 2 = 62$ Rechner

22.05.2002

Klausur

Wiederholung

Netz mit Klasse B Adressraum beginn 3 Bit für Host-ID

Netzwerkmaske?

Wieviele Rechner?

5.2.1 Fragmentierung

Datenpakete die über unterschiedliche Netze geleitet werden, müssen in ihrer Länge angepaßt werden. D.h. eventuell fragmentiert. Durch die Option Fragment oder Don't Fragment kann dieser erlaubt oder verboten werden.

5.2.2 Source Routing

Es kann einem Datenpaket vorgegeben werden, über welche Router es geleitet werden soll.

Ziel: Sichere Wege oder kostengünstige Wege

5.2.3 Record Routing

Der Weg wird aufgezeichnet.

Ziel: Sicherstellung, daß Information über den richtigen Weg kam.

Gewinnung von Routinginformationen aus dem normalen Datenverkehr.

5.2.4 Adressauflösung

IP-Adressen und MAC-Adressen müssen einander zugeordnet werden.

Jeder Rechner hat die Möglichkeit solche Tabellen zu verwalten.

Diese Tabellen unterliegen einer Lebenszeit und müssen aktualisiert werden.

In kleinen Netzen kann man solche Tabellen auch statisch führen.

Die Adressauflösung (Adresszuordnung) erfolgt über die Protokolle ARP oder RARP.

5.2.4.1 Address Resolution Protocol

a) Beide Rechner im selben Subnetz

- Rechner will Daten senden
- Rechner überprüft, ob der Ziel IP-Adresse die Ziel MAC-Adresse zugeordnet werden kann

– Falls bekannt: Daten können gesendet werden.

- Falls unbekannt: Rechner sendet ARP-Request als Broadcast (Nur mit Ziel IP-Adresse) \implies Zielrechner erkennt den Request und sendet Uni-Cast mit seiner MAC-Adresse.

b) Beide Rechner befinden sich in unterschiedlichen Segmenten

- Rechner will Daten senden
- Paket enthält Ziel-IP-Adresse und MAC-Adresse vom Router
- Falls MAC-Adresse vom Router nicht bekannt: ARP-Request.
- (*) Wenn Paket am Router ankommt kann Router feststellen, ob IP-Ziel-Adresse direkt am angeschlossenen Segment vorhanden.
- Wenn ja, Router vervollständigt Datenframe mit MAC-Adresse und stellt Daten zu, oder falls der Router die MAC-Adresse nicht kennt, erzeugt er einen ARP-Request im angeschlossenen Segment.
- Station sendet Uni-Cast mit MAC-Adresse
- Ist die IP-Adresse *nicht* im direkt angeschlossenen Segment, sucht der Router nach nächster Hop-Adresse (Router-Adresse)
- Datenpaket wird an nächsten Router weitergeleitet
- weiter wie unter *

5.2.4.2 Reverse ARP (RARP) MAC-Adresse bekannt, IP-Adresse wird gesucht.

Wird über RARP-Server realisiert.

Anfrage an Server mit eigener MAC-Adresse.

Antwort enthält IP-Adresse

Häufig eingesetzt bei Disk-less Workstations

5.3 ICMP-Protokoll

Bestandteil jeder IP-Installation

Liefert Dienste, um die anderen Protokolle zu entlasten

Bsp.:

Echo (Ping)

Station nicht erreichbar

5.4 TCP Transport Control Protocol

Transportprotokolle werden in Klasse 0,1,2,3,4 eingeteilt.

Klasse 0: geringste Funktionalität

...

Klasse 4: höchste Funktionalität

TCP entspricht Klasse 4 Transportprotokoll

Funktionen von TCP

- Full-Duplex – fähig virtuelle Verbindungen
- Sicherung der Datenübertragung
 - Sequenznummern
 - Prüfsummenbildung mit Empfangsquittung

- Quittung mit Zeitüberwachung
 - Sliding Window Prinzip
 - Urgent Data (dringende Daten)
- Anwendungs- /Dienstadressierung über 16-Bit Portnummern
 - geregelter Verbindungs Auf- und Abbau
 - TCP ist Byteorientiert

5.4.1 Verbindungsaufbau

3-Wege-Handshake:

- Verbindungswunsch \longrightarrow
- Quittierung \longleftarrow
- Quittierung \longrightarrow

5.4.2 Sliding Window

Jede Seite sendet die im Fenster vorgegebene Anzahl von Informationen, ohne auf eine Quittung zu warten. Erfolgt eine Quittung, sind damit alle gesendeten Informationen quittiert.

In Abhängigkeit der Fehlerhäufigkeit kann die Anzahl der zu sendenden Informationen verändert werden.

Quizfrage

Polygonzug 4 Elemente jeder Punkt einmal.

5.4.3 Urgent Data

Dringende Daten können gekennzeichnet werden. Werden aber im normalen Datenfluß (FIFO-Prinzip der unteren Schichten) mit übertragen.

Beim Empfänger werden sie in der Schicht4 aber gesondert behandelt.

Dieses Verfahren nennt man in-band Signalisierung.

OSI schlägt dagegen out-band Signalisierung vor (am FIFO vorbei).

5.5 UDP User Datagram Protocol

- Verbindungsloses Protokoll
- Adressierung über Portnummer
- Prüfsumme
- Best Effort-Zustellung

5.6 Anwendungen bei TCP/IP

Standardanwendungen von TCP/IP unterschreiten nicht mehr nach Layer 5-6-7 (nicht OSI-Konform)

5.6.0.1 TELNET

Remote Login: Vom entfernten Rechner kann man auf einem anderen Rechner arbeiten.

TELNET-Dämon-Prozeß muß auf dem entfernten Rechner aktiviert sein.

5.6.0.2 FTP

File Transfer Protocol

Dient zur Übertragung von Text- und Binärdateien

29.05.2002

5.7 Name-Service

5.7.1 Namen-Auflösung

1. Hosttabelle
z.B. /etc/hosts/
Zuordnung zwischen Namen und Netzadresse
2. NIS Network Information Service (gelbe Seiten bei SUN)
3. DNS Domain Name Service
hierarchisches, verteiltes Datenbaukonzept

5.7.2 Vorgehensweise bei der Namensauflösung

Vier grundsätzliche Vorgehensweisen:

5.7.2.1 Iterative Navigation

Nameserver, der die Adressauflösung durchführen kann, liefert Ergebnis.

5.7.2.2 Multicast Navigation

User Agent sendet Anfrage an alle ihm bekannten Nameserver gleichzeitig.
Nameserver, der die Auflösung durchführen kann, antwortet.

5.7.2.3 Iterative serverkontrollierte Navigation

UA fragt bei einem NS an.
Dieser NS fragt dann iterativ weitere ihm bekannte NS ab.
Angefragter NS liefert dann das Ergebnis.

5.7.2.4 Rekursive serverkontrollierte Navigation

UA fragt NS, dieser leitet Anfrage zur Teilauflösung des Namens an andere NS weiter, bzw. die weiteren NS beauftragen ihrerseits weitere NS.

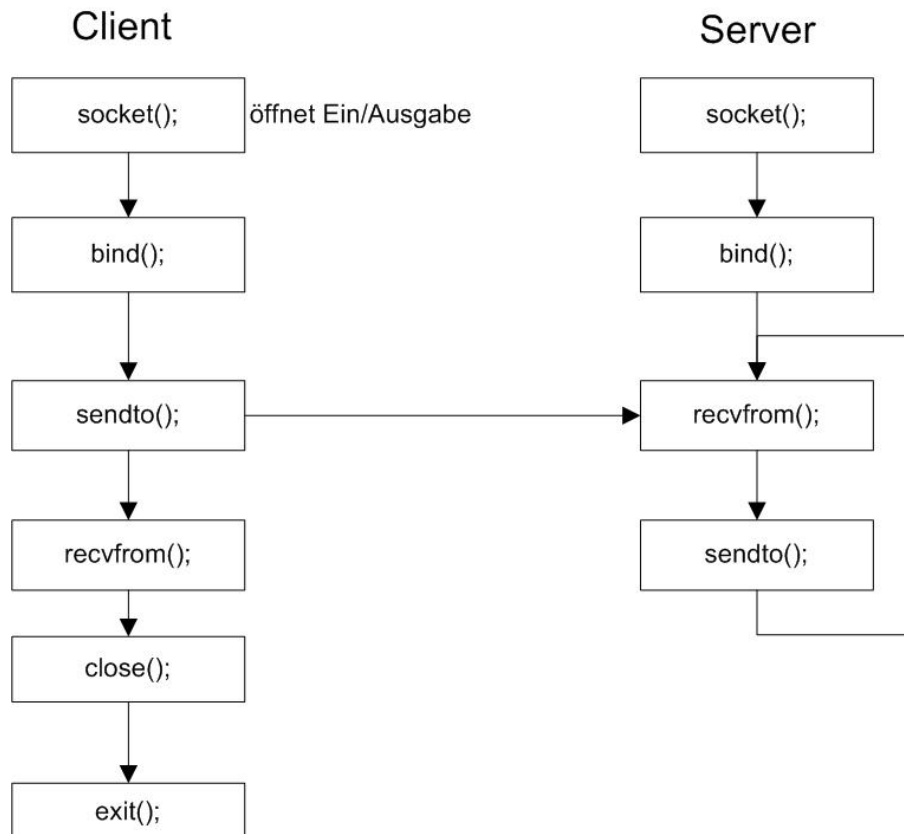
5.8 Nutzung von TCP/IP aus der eigenen Anwendung

Um aus der eigenen Anwendung auf das Netzwerk zugreifen zu können, werden die Socket- und die TLI-Schnittstelle (Transport Layer Interface) angeboten.

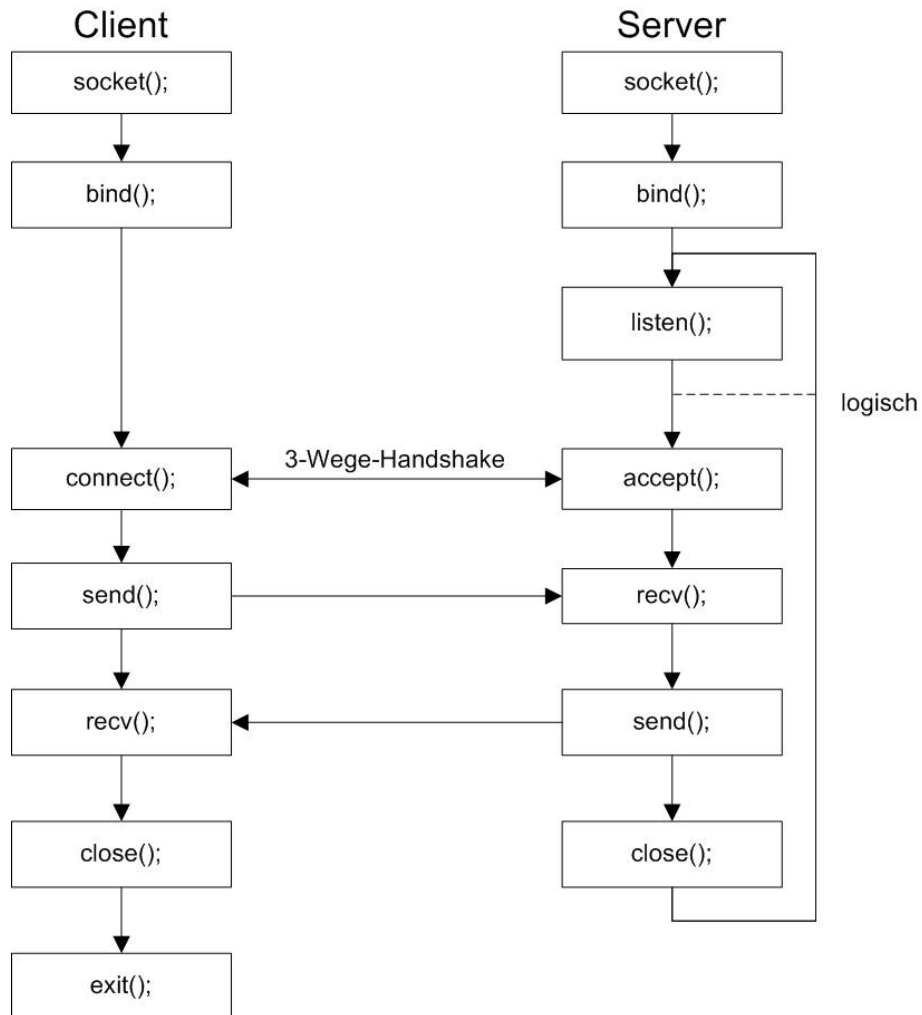
TLI-Schnittstelle ist generische Schnittstelle (allgemeingültige / universell für alle Transportprotokolle)

Bsp.: Socket-Schnittstelle
Prinzipieller Ablauf

- Client-Server Anwendung über UDP



- Client-Server Anwendung über TCP



5.8.1 Was sollte alles bei einer TCP/IP-Workstation angegeben / eingestellt werden?

Zwei Möglichkeiten:

1. manuell
2. DHCP Dynamic Host Configuration Protocol

- Hostname
- IP-Adresse
- Subnet Maske
- Standard Gateway
- Broadcast-Adresse
- Domain Name

- Name-Server
- Routing-Protocol
- Mailserver
- Printserver
- NFS-Server

6 Token Ring 802.5

6.1 Allgemeines

- deterministisches System
- 4Mbit/s und 16MBit/s
- Tokenpassing Verfahren
- Differentielle Manchester Codierung
- Entspricht Schicht 1 und 2 des OSI-Referenzmodell

6.2 Physikalischer Anschluß an einem Ring

siehe Folien

6.3 Das Token Passing Prinzip

- Station erhält Frei-Token
- Station will senden
- Station macht aus Frei-Token Besetzt-Token
- Station sendet Besetzt-Token und Daten (Sendezeit 10ms)
- Datenpaket wird von Station zu Station weitergereicht (gerichtetes Netz)
- Empfänger erkennt an der (Ziel-) Adresse, dass Information für ihn bestimmt ist und kopiert Daten.
- Erfolgreicher Kopiervorgang wird durch Setzen des Address-Recognition und des Copy-Bits angezeigt.
- Daten kommen an sendende Station zurück. Überprüfung, ob erfolgreich. Daten werden vom Netz genommen. Frei-Token wird erzeugt.

6.4 Frame Aufbau

siehe Umdruck

Man unterscheidet zwischen:

- MAC-Frames
- Daten / Application / LLC-Frames

Typische MAC-Frames zur Selbstorganisation des Ringes sind:

Claim Token: Verfahren zur Ermittlung des aktiven Monitors

Stand-by Monitor Present

Duplicate Address Test

Ring Purge: Neuinitialisierung des Ringes

...

6.5 Die Monitor-Funktion

Eine Station ist Aktiv Monitor.

Die anderen Stationen sind Stand-by Monitore

6.5.1 Funktion des Aktiv Monitor

- Sicherstellung der Speicherkapazität für das Token (3Byte)
- Erkennung und Behebung von Fehlern
 - unvollständige Token, Frames
- Timing Überwachung
- Synchronisation der Timer

6.5.2 Funktion des Stand-by Monitors

- Überwachung des aktiven Monitors
- Einleitung der Suche nach einem neuen aktiven Monitor, wenn dieser ausgefallen ist

6.6 Einschaltvorgang einer Token Ring Station

1.Phase Lobe Test

1. Lobe-Test-MAC-Frame wird bei kurzgeschlossenem Kabel gesendet und empfangen
2. Selbst-Adressierung
3. Aktivierung des Relais

2.Phase Monitor Test

1. Test, ob aktiver Monitor vorhanden (MAC-Frames)
⇒ Station wird aktiver Monitor oder Station wird Stand-By-Monitor

3.Phase Feststellung, ob Adresse doppelt vorhanden ist

4.Phase Nachbar-Adresse feststellen

NAUN-Verfahren (Next Addressable Upstream Neighbour)

5.Phase Initialisierung der Ringparameter

6.Phase Betriebsphase

⇒

- TR-Stationen sind aktiv im Netz
- TR-Stationen sollten immer eingeschaltet bleiben

6.7 Prioritäten im Token Ring

siehe Umdruck

7 Transitsysteme / Intermediatsysteme (Gateways)

- Repeater, Hubs
- Brücken, Bridges
- Switches
- Router
- (Brouter)
- „Gateways“

7.1 Brücke

Nach OSI-Referenzmodell verbindet Brücke auf Layer 1 + 2

Werden auch als „MAC-Brücken“ bezeichnet.

Übergeordnete Protokollschichten müssen identisch sein, wie sie aussehen ist für die Brücke nicht entscheidend. Brücke ist für höhere Protokolle transparent.

Zur Transportentscheidung werden die Datenpakete interpretiert.

Selektiv auf Singlecasts.

Multicast und Broadcasts werden weitergereicht.

Ist einer Brücke eine Entscheidung nicht möglich, leitet sie das Paket weiter – promiscuous-mode.

7.1.1 Lokale Brücke, Translations-Brücke

Zwei Segmente werden verbunden.
Eth/Eth oder Eth/TR

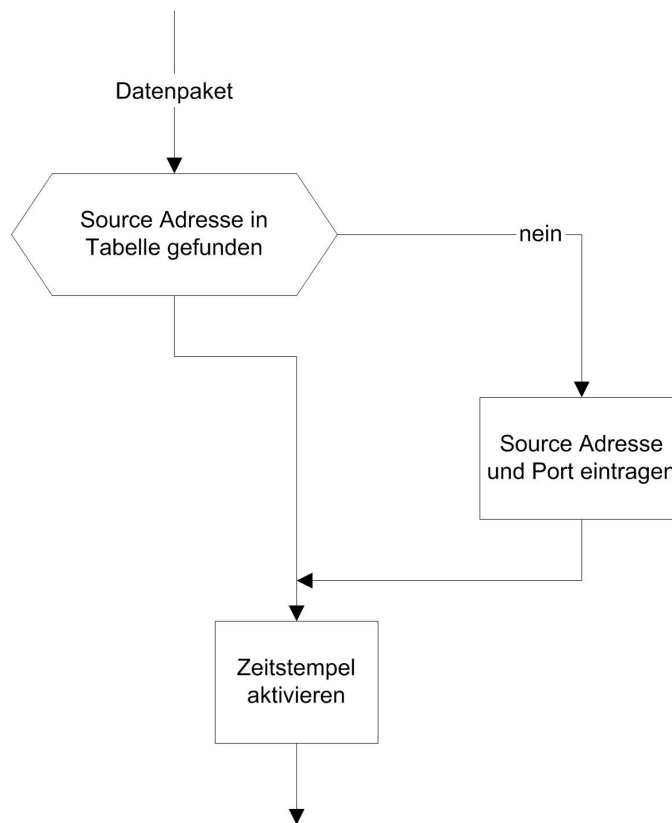
7.1.2 Remote Brücke

Verbindet Segmente (Subnetze) über WAN's miteinander.
Häufiges Problem: Unterschiedliche Kapazitäten in den zu verbindenden Netzen.

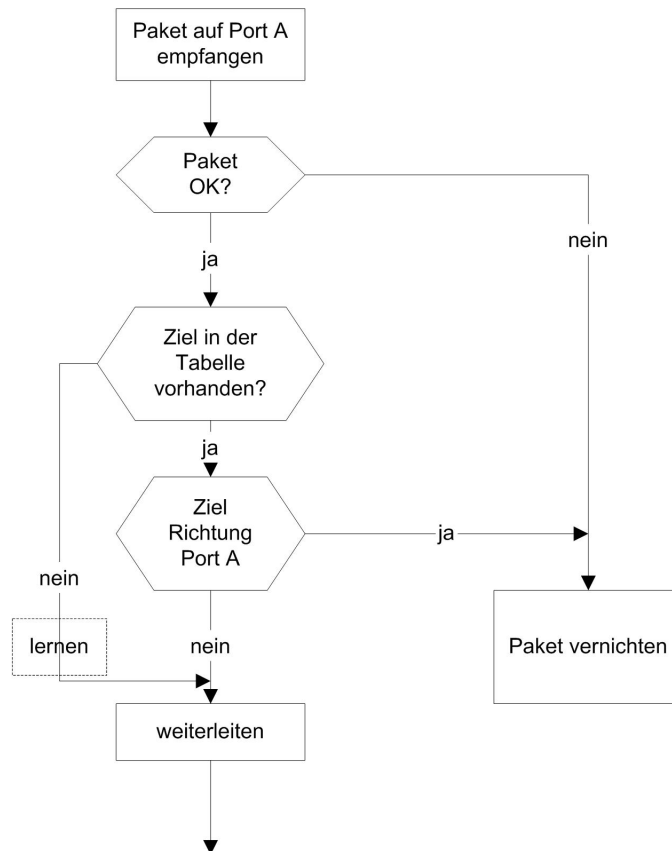
7.1.3 Multiport-Brücke (Switch)

Multiport-Brücken sind Brücken mit mehr als 2 Ports.
Sie ermöglichen Baumstrukturen.

7.2 Lernmechanismus der Brücke



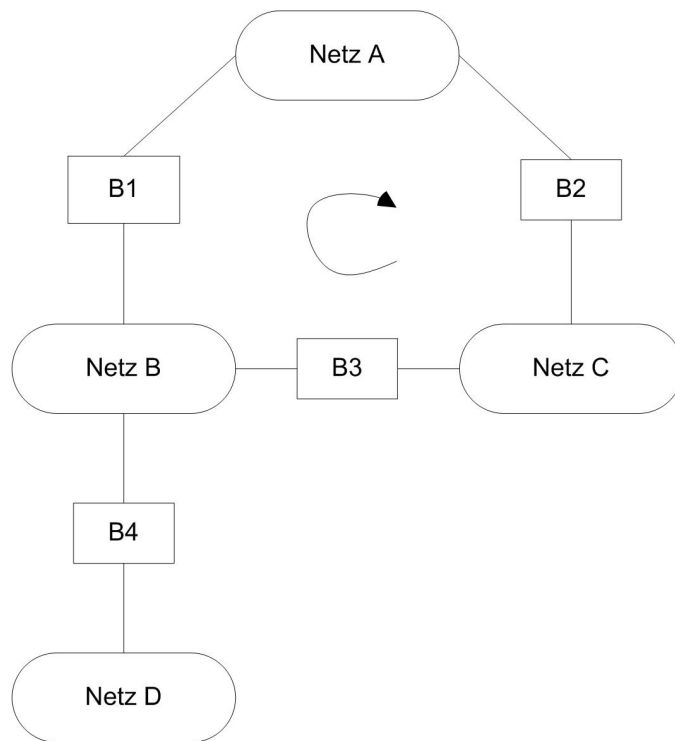
7.3 Die Transportentscheidung der Brücke



7.4 Aging Prozeß

Ziel: Auf Veränderungen zu reagieren
Altersstempel: old, middle, young
typische Lebenszeit: 300s

7.5 Redundanz und Zyklen



Problem: Da Information von Brücke zu Brücke weitergereicht wird, kann es dazu kommen, dass eine Information zyklisch kreist.

Abhilfe:

- Source „Routing“ (im TR)
- Spanning Tree Algorithmus

7.5.1 Spanning Tree

Ziel:

- Alle vernetzte Punkte sind von allen anderen vernetzten Punkten erreichbar
- Es gibt zwischen zwei vernetzten Punkten genau einen Weg

⇒ Aus einer vermaschten Struktur entsteht eine Baum-Struktur

7.5.1.1 Kurzfassung des Verfahrens

Die aktive Konfiguration wird durch folgende Größen bestimmt:

- Jede Brücke hat eine eindeutige ID
- Pfadkosten
- eindeutige Port-ID pro Brücke
- Jeder Brücke wird eine relative Priorität zugewiesen.
- Jedem Port einer Brücke wird eine relative Priorität zugewiesen.
- Jedem Port können damit Pfadkosten zugewiesen werden.

$$Pfadkosten = \frac{1000}{Leitungskap.Mbit/s}$$

⇒

$$\text{Ethernet: } Pk = \frac{1000}{10} = 100$$

$$\text{Token Ring: } Pk = \frac{1000}{4} = 250$$

$$Pk = \frac{1000}{16} = 62,5$$

7.5.1.2 Funktionsweise

- Brücken, die am Spanning Tree – Verfahren teilnehmen, senden Bridge Protocol Data Units
- Root-Bridge wird die Brücke mit der höchsten Priorität
- Die anderen Brücken legen fest, welcher Port Root-Port wird.
Kriterium: Verbindung, welche die geringsten Pfadkosten verursacht.
- Für jedes LAN-Segment wird nun Destination Port festgelegt

⇒

Jede Brücke bringt ihr Root-Port in den *Forwarding State*

Andere Ports werden in *Blocking State* geschaltet

7.6 Router

7.6.1 Vorbemerkungen

- Router arbeiten auf der Schicht3
- Router leiten die Informationen bezüglich der Netzwerk-Adresse weiter
- Man unterscheidet zwischen
routbaren: TCP/IP, Novell IPX ...
nicht routbaren: LAT, NETBIOS ...
Protokollen

7.6.2 Anforderungen an Routing-Protokolle

- adaptiv, dynamisch:
 - Topologische Veränderungen
 - Veränderungen im Lastverhalten
- dezentralisierte Wegebestimmung:
 - Ausnutzung lokaler Kenntnisse
 - verteilte Datenbestände
- zentralisierte Wegebestimmung:
 - Zentrale Datenhaltung
 - Pflege, Wartung zentral
- leistungsfähige Algorithmen:
 - Bestimmung des „kürzesten“ Weges
 - * Pfadkosten
 - * Bandbreite
 - * ...
 - Mehrfache Wegebestimmung (multipath routing)

7.6.2.1 Statisches Routing

- Feste Routen werden vorgegeben
- Drei alternative Ansätze
 - Feste Routen
 - Feste Routen mit Alternativen
 - Gegabeltes Routing

7.6.2.2 Dynamisches Routing

Lokales Routing

Mit Hilfe von lokal verfügbaren Informationen wie z.B.:

- Übertragungszeit
- Last
- Störung

Werden die Routingtabellen aufgebaut und lokal verteilt.

Verteiltes Routing

Prinzip:

- Jeder Router sendet Informationen an benachbarte Router
- Jeder Router berechnet seine Tabelle

⇒ Distance Vector Algorithm (Bsp. RIP-Protokoll)

Prinzip:

- Berechnung des kürzesten Wegs

Idee: Die „Entfernung“ wird als Graph mit gewichteten Kanten berechnet.

Gewichtungsfaktoren:

- Pfadkosten
- Leitungskapazität
- Last
- Kosten der Übertragung

⇒ Link State Algorithm (Bsp. OSPF (Open Shortest Path First))

Protokoll Suite	Distance Vector Protocol	Link State Protocol
IPX	RIP	NLSP (NetWare Link Service Protocol)
TCP/IP	RIP IDRP (Inter Domain Routing Protocol)	OSPF (Open Shortest Path First) IS-IS (Intermediate System to Intermediate System)

7.6.3 Gerätetechnik Router

1. Rechner mit Routing Software austatten
2. Layer2 – Geräte um die Routingfunktionalität erweitern
Brücke → Brouter
Switch → Layer3 – Switch
3. Router, dedizierte Systeme

7.6.3.1 Auswahlkriterien für Router

Funktion

- Multiprotokollfähigkeit
 - RIP, OSPF, IGRP ...
- Logging Funktion für Diagnose
- Remote Management (SNMP)
- Filterung von Paketen , Diensten u.s.w.
- Unterstützung variabler Netz-IDs

Performance

1. Durchsatz

Meßwert ist der Datendurchsatz Pakete pro Sekunde [pps]

Parameter:

- Paketlänge
- Anzahl der zu bedienenden Ports
- Zusätzliche Aufgabenstellungen des Routers
 - z.B. Filterfunktion
 - remote Diagnose, Wartung

Bsp.:

Ethernet	10Mbit/s	64 Oktette	14880pps
TR	16Mbit/s	64 Oktette (8Bit)	24691pps
FDD1	100Mbit/s	64 Oktette	152439pps

2. Latenzzeit

Verweilzeit eines Datenpaketes im Router

Messungen: letztes empfangenes bis erstes gesendetes Byte

oder: erstes empfangenes bis erstes gesendetes Byte

Klausur

Unterschied zwischen einem gebückten und einem gerouteten Netz, Vor- und Nachteile

Klausur

Zwei oder drei Netzwerksegmente mit Router verbinden, IPs verteilen.

7.6.4 Router und WAN

2 Möglichkeiten:

1. Wählverbindung
2. Standleitung

Problem: Server-Client oder Router tauschen häufig Statusinformationen aus → Aus einer Wählverbindung kann schnell eine Dauerverbindung werden.

Abhilfe ist „Spoofing“, d.h. das „Kantensystem“ schwindelt die Antwort vor. Die Aktualisierung des „Kantensystems“ erfolgt dann, wenn normale Daten ausgetauscht werden (SnapShot Routing).

Andere Abhilfen:

- Abfragezeit erhöhen
- Bei Routern statisch statt dynamisch zu arbeiten
- Event-Triggered Informationsaustausch, nur wenn tatsächliche Veränderung vorliegt

7.7 OSI-Routing-Framework

OSI legt Anforderungen prinzipieller Art an Routingfunktionalität fest.

- Routing Information Base
 - Routing-Tabellen
 - Listen von Endsystemen und Intermediatesystemen
 - Listen bezüglich Quality of Services
- Sammlung von Informationen
 - spezielle Messprotokolle
 - spezielle Dienste (z.B. Directory Service)
- Verteilung von Information
 - Vorschläge für spezielle Protokolle
- Berechnung von Routen
 - Algorithmen zur Wegebestimmung

Ergebnis:
Protokolle für das Routing (Link-State Protokolle)

ES-IS End-System – Intermediate-System

IS-IS Intermediate-System – Intermediate-System

7.8 Switching

Switches in ihrer „Grundform“ sind aktive Systeme, die wie eine Brücke auf dem Layer 2 Informationen analysieren und weiterleiten.

In der Regel werden mit Switches dedicated Verbindungen ermöglicht, Stern-Topologien bzw. Baum-Topologien. Es ist aber weiterhin möglich, mittels Switches auch „shared“ Medien (z.B. Eth. Bus 10Base2) anzuschließen.

7.8.1 Switch Architekturen

- RISC (Reduced Instruction Set Computer)
- ASIC (Application Specific Integrated Circuit)
 - Vorteil: Spezielle Anpassung an die Aufgabenstellung

7.8.2 Funktion von Switches

Store and Forward-Prinzip: Datenrahmen werden vollkommen gespeichert und überprüft.

Vorteil: Unvollständige, fehlerhafte Rahmen können verworfen werden

Nachteil: Erhöhte Verzögerungszeit (1-2ms)

Cut-Through-Prinzip: Es werden nur soviel Daten analysiert, die notwendig sind, die Weiterleitung zu entscheiden.

Vorteil: kaum Verzögerungszeit (0,02ms)

Nachteil: Keine Analyse der Datenpakete auf Fehler

Flußkontrolle: Ist der ankommende Datenstrom so hoch, dass die Speicher- und Verarbeitungskapazität nicht ausreicht, kann nach zwei Prinzipien gearbeitet werden:

1. Da in der Regel auf Layer 2 keine Zustell-Kontrolle erfolgt, werden über-zählige Datenpakete verworfen.
2. Es wird eine Kollision vorgetäuscht (fake collision).
Die sendende Station wird dadurch unterrichtet.

Bsp. für Ethernet:

Mögliche Varianten mit Switches

verbesserte Lösung

Erweiterter Einsatz von Switches zur Trennung von Kollisions-Domänen

Dedizierter Zugriff auf die Server der einzelnen Bereiche ist möglich.

7.8.3 Weiterentwicklung bei Switches

Layer 3-Switches: Switches mit Routing funktionalität.

Im Prinzip wie Router, aber häufig mit enger gefasster Funktionalität.

Layer 4-Switches: Häufig oder meist in Verbindung mit Cluster Lösungen sinnvoll. Im Cluster können funktionale Verteilungen vorgenommen. Durch die Port-Adressierung ist der Layer 4-Switch in der Lage gezielt Applikationen zu selektieren.

Layer 5-Switches: Befindet sich noch im Diskussions-Stadium.

Differenzierung nach Verbindungen / Sessions. Arbeiten mit verteilten Applikationen. (Load Balancing)

8 VLAN Virtuell-LAN

Standard IEEE 802.1q

- VLAN-Requirements
- VLAN-Topology Guidelines
- VLAN-Class Types

Lösung: Tag-Switching

1. Forwarding-Komponente
(Switch) Leitet entsprechend der Tag-Information das Datenpaket weiter.
2. Kontrollkomponente
Erzeugt und teilt die Tags den Teilnehmern zu

Prinzipieller Aufbau des Frames:

In diesen Feldern werden die Tag-Information hinterlegt.

9 ATM (Asynchroner Transfer Modus)

- Zellorientierte Übertragung
 - Verbindungsorientiert
 - ⇒
 - Verbindungsaufbau und Verbindungsüberwachung
 - reduzierte Adressierung in der Zelle → VCI und VPI
 - Quality of Service (QOS) – können garantiert werden, z.B.:
 - * Zell-Verlustrate
 - * Zell-Verzögerungszeit
 - * Bandbreite
- Problem: Eine Workstation muss mehrere Verbindungen gleichzeitig unterhalten können. Bei Multicast werden dafür Server mit eingesetzt, die die Verbindungen überwachen.
- Variable VCI und VPI zwischen Workstation und Switch oder Switch-Switch
 - Asynchrone Zeit multiplex – Verfahren
 - Maximale Übertragungsraten 622Mbit/s, neue Entwicklung bis 2,5Gbit/s (Synchrone Digitale Hierarchie (SDH))
 - ATM als Übertragungstechnik im WAN-Bereich und LAN-Backbone-Bereich (Primär Verkabelung) ⇒ aber wird im LAN-Bereich schon von G-Bit-Ethernet abgelöst.

9.1 ATM-Referenzmodell

- Anwendungsschicht
- ATM-Adaption Layer (AAC)
- ATM-Schicht
- Physikalische Schicht

Die letzten drei Stichpunkte entsprechen dem Layer1 und 2 des OSI-Referenz-Modells

9.2 Physikalische Schicht

Zwei Teilschichten:

- Übertragungsanpassung (Transmission Convergence Layer)
- Zell-Kodierung (Cell-Delineation)

Für Plesichrone Digitale Hierarchie PDH sind 75Ω Koaxialkabel und 120Ω Twisted Pair Kabel definiert.

Für die Synchrone Digitale Hierarchie (SDH) sind LWL definiert.

9.3 ATM-Schicht

Versorgt die von der AAL-Schicht übergebene Information mit notwendiger Head-information.

Zuvor erfolgt der Verbindungsaufbau und das Aushandeln der Serviceparameter.

9.4 AAL-Schicht

Bildet die Datenstrukturen aus den Anwendungen auf die Zellstruktur ab.
Es wurden 5 AAL-Typen definiert:

AAL Typ 1 für konstante Bitraten

AAL Typ 2 für verbindungsorientierte Übertragung

AAL Typ 3 für verbindungsorientierte Übertragung

AAL Typ 4 für verbindungslose Übertragung

AAL Typ 5 vereinfachter Typ3

9.5 Dienstklassen

Für unterschiedliche Anwendungen

- Available Bitrate (ABR)
für zeitunkritischen Datenverkehr
z.B. LAN
- Constant Bitrate (CBR)
z.B. für Telefon Videokonferenz
- Unspecific Bitrate (UBR)
z.B. e-mail, TELNET
- Real-Time Variable Bitrate (rt-VBR)
- non-Real-Time Variable Bitrate (nrt-VBR)

9.6 TCP/IP over ATM

Problem: Bestehende Protokolle und Installationen über ATM-Back-Bone-Netze zu leiten. Hierzu gibt es drei Ansätze:

1. CLIP Classical IP over ATM
2. LAN-Emulation (LANE)
3. Multiprotocol over ATM (MPOA)

Anmerkung: Man kann ATM auch direkt aus der Anwendung nutzen. Dies bezeichnet man als Native-ATM-Anwendung.

Klausur

Welches Problem tritt bei IP over ATM auf und welche Lösungsansätze gibt es?

- ATM bietet andere Schnittstellenvariante an → es muss einen Übergang von IP auf die oberste Schicht von ATM schaffen: Classical IP over ATM (Tunneling-Variante); LAN Emulation (Vortäuschung von Ethernet); Multiprotocol over ATM

10 Hochverfügbarkeit

10.1 Allgemein

In der Informationstechnologie versteht man unter Verfügbarkeit die Zeit, in der ein Dienst oder eine Ressource einem Anwender zur Verfügung steht. Die Zeit, in der Dienst oder Ressource nicht verfügbar ist, wird als „Downtime“ bezeichnet.

Definition der Verfügbarkeit:

$$\text{Verfügbarkeit} = \frac{\text{Gesamtzeit} - \text{SummeAusfallzeiten}}{\text{Gesamtzeit}} \cdot 100\%$$

Die Internationale Data Cooperation (IDC) hat 4 Verfügbarkeitsstufen definiert: siehe Umdruck

10.2 Ausfallarten von Systemkomponenten

10.2.1 Klassifizierung

1. Zeitlicher Verlauf der Ausfallrate
 - Frühausfall
 - Zufallsauswahl
 - Spätausfall / Abnutzungsausfall
2. Zeitlicher Verlauf des Ausfallprozesses
 - Driftausfall
 - Sprungausfall
3. Zeitliches Verhalten des ausgefallenen Prozesses
 - permanenter Ausfall
 - transienter Ausfall
 - verdeckter (schlafender) Ausfall
4. Abfolge des Ausfalls (Kausal-Ketten)
 - Primärausfall
 - Sekundärausfall
 - Kausalausfall
5. Erscheinungsform des Ausfalls
 - Teilausfall
 - Gesamtausfall
6. Auswirkung des Ausfalls
 - unkritischer Ausfall
 - kritischer Ausfall
 - katastrophaler / gefährlicher Ausfall

10.2.2 Maßnahmen

Klausur

Ziel: Alle Maßnahmen müssen zu einem „fail-save“ – Verhalten führen.

- Abschätzung, welche Verfügbarkeitsstufe sinnvoll ist
- Bei der Betrachtung für die Kosten, müssen die Gesamtkosten angesetzt werden „Total Cost of Ownership“

03.07.2002

10.2.3 Prinzipien:

- Grad der Verfügbarkeit hängt vom Unternehmen ab
- Verschiedene Möglichkeiten zur Erlangung der Verfügbarkeit sind möglich
- Nach Möglichkeit alle Komponenten berücksichtigen

→ Erkenntnis: Total Cost of Ownership (TCO)

10.2.4 Ursachen für Systemausfälle

siehe Umdruck

Exkurs

R1 ist die Überlebenswahrscheinlichkeit des stärksten Glieds einer Kette

R2 ist die Überlebenswahrscheinlichkeit des zweitstärksten Glieds einer Kette

R3 ...

Überlebenswahrscheinlichkeit einer gesamten Kette:

$$R_{Kette} = R_1 * R_2 * \dots * R_n$$

Bsp.:

Kette 100 Glieder

Überlebenswahrscheinlichkeit Glied $R_i=0,99$

$$R_{Kette} = R_i^{100} = 0,366$$

Bei $R_i = 0,90$

$$R_{Kette} = 2,65 \cdot 10^{-5}$$

Feststellung:

Die Lebensdauer eines komplexen Systems ist eine Zufallsgröße.

⇒ Die Zuverlässigkeit R ist ein Maß für die Fähigkeit eines Systems unter gegebenen Randbedingungen seine Funktion zu erfüllen.

Die Zuverlässigkeit gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass in einer Zeitspanne T *kein* Ausfall auftritt.

Ist die Zuverlässigkeit über die Zeit nicht konstant, wird sie als Zuverlässigkeitsfunktion $R_{(t)}$ beschrieben.

Wird auch als Überlebenswahrscheinlichkeit bezeichnet.

Als Ausfallwahrscheinlichkeit wird die Funktion $F_{(t)}$ bezeichnet.

$$\Rightarrow R_{(t)} + F_{(t)} = 1$$

Die Ausfallrate λ gibt an, wieviel Ausfälle in einer Zeiteinheit zu erwarten sind.

→ Badewannenkurve (Weibul-Verteilung)

Phase 1: Frühausfall

- „Kinderkrankheiten“
- Burn-in-Phase

Phase 2: Konsolidierungsphase

Phase 3: Spätausfall

- Alterung
- Ermüdung
- Abnutzung
- ...

Als wichtige technische Parameter werden MTBF – Mean Time Between Failure und MTTF – Mean Time To Failure angesetzt.

— Ende Exkurs —

10.3 Maßnahmen und Technologien zur Erhöhung der Verfügbarkeit

10.3.1 Redundanz-Konzept

- Kalte Redundanz: zusätzliche Mittel werden bereitgestellt und nur bei Ausfall eingesetzt
- Warme Redundanz: Teilfunktionen werden temporär wahrgenommen
- Heiße Redundanz: Ständige, parallele Aktivität weiterer Systeme / Systemkomponenten

10.3.2 Redundanz-Systeme

- Für Speicher z.B. EDC – RAM (Error Detection and Correction), ECC – RAM (Error Correction Code)
Durch zusätzliche redundante Information können Fehler erkannt und behoben werden.
- USV (Unterbrechungsfreie Spannungs-Versorgung)
- RAID (Redundant Array of Independent Disks)
siehe Umdruck

10.3.3 Clustering von Servern

Unter Cluster versteht man eine Gruppe von Rechnern, die die Server-Funktionalität erfüllen.

Wenn man die SPOFs beseitigt hat

→

Prinzip eines Clusters:

Begriffe, Funktionen

- Active / Stand-By Konfiguration
 - zweiter Knoten nur bei Ausfall. Bezeichnung als Secondary-Server, Back-up Server
- Active / Active – Konfiguration
 - heiße Redundanz
 - Drei Prinzipien:
 1. duplicate everything
 2. share nothing
 3. share everything
- Failover
 - Bezeichnet den Vorgang, wenn im Fehlerfall die Ressourcen verlagert werden müssen.
- Failback
 - Rückverlagerung der Funktionalität nach Ursachen-Beseitigung
- Load Balancing
 - Aufteilung von „Datenströmen“ mit dem Ziel höchst möglicher Performance
- Abhängigkeit
 - Beziehung zwischen zwei Ressourcen, wobei diese immer gemeinsam aktiv sind, um eine Funktionalität zu erfüllen.
- Quorum Ressource
 - Besonderer Speicherbereich mit den wesentlichen Konfigurationsparametern des Clusters.
 - Jeder Knoten hat separate Verbindung zu dieser Ressource.⁸