



Verteilte Systeme

Prof. Dr. Stefan Fischer

Kapitel 3: Netzwerk-Grundlagen

Überblick

- Schichtenmodelle, Protokolle und Dienste
- LANs und WANs
- Internet
- TCP/IP und UDP

Interessante Netzeigenschaften

- Performance
 - Verzögerung, Datenrate
- Skalierbarkeit
 - Ist das Netz immer noch leistungsfähig, wenn es größer wird?
- Zuverlässigkeit
 - Wie verlässlich ist die Datenübertragung?
- Sicherheit
 - Kann die Datenübertragung bzw. ein Rechner im Netz gesichert werden?
- Mobilität
 - Werden mobile Systeme unterstützt?
- Quality of Service
 - Gibt es mehr als den „best effort“?
- Multicast
 - Ist effiziente Kommunikation mit vielen Partnern möglich?

Netzwerkarchitekturen

- Problem
 - Welche Funktionen gibt es, wie verteilen sie sich auf Komponenten, wie interagieren die Komponenten?
- Ziele
 - Ermögliche Design, Implementierung, Betrieb.
 - Interoperabilität zwischen Hardware und Software verschiedener Hersteller. Standards statt proprietärer Lösungen
- Logische Architektur
 - Wie sieht die generische konzeptionelle Struktur des Kommunikationssystems in jedem Netzwerkknoten aus?
- Physische Architektur
 - Wie sieht die konkrete Verbindungsstruktur zwischen den einzelnen Knoten in einem spezifischen Netzwerk aus ?

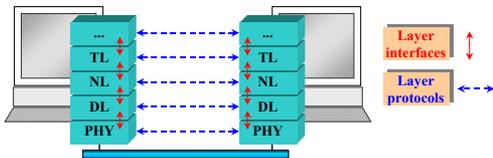
Logische Netzwerkarchitektur

Schichtenmodell

Modulstapel in jedem Knoten

Jedes Modul fügt den darunter liegenden Modulen Funktionalität hinzu. Interaktionen zwischen den Modulen über standardisierte Schnittstellen (*Dienstschnittstelle*).

Kooperation von *Peer-Modulen* über *Protokolle*.



Warum Schichtenmodelle?

- Für die Kommunikation über ein Netz müssen eine Vielzahl von Problemen gelöst werden.
- Die Idee ist, diese komplexe Aufgabe in viele kleine, weniger komplexe Aufgaben aufzuteilen.
- Zur Lösung der Aufgaben in einer höheren Schicht werden die Lösungen der darunter liegenden Schichten verwendet.

- Bekannte Schichtenmodelle?

OSI-Referenzmodell

- Open System Interconnection - Reference Model
ISO/ITU-T Standard aus den frühen 80ern (ISO 7498).
Ziel: Schaffung der Grundlagen für offene Kommunikationssysteme ohne proprietäre Technologien

Prinzip und Konzept der

Schichtenarchitektur

weit verbreitete Vorlage (außer für das Internet!).

Architektur mit 7 Schichten

ISO/ITU-T Standards existieren für jede der Schichten, aber das Modell wird praktisch nicht mehr eingesetzt viel Redundanz, zu komplex



TCP/IP-Schichtenmodell

Erster und am weitesten verbreiteter Open Stack

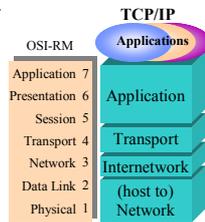
Standardisierung

RFC (Request For Comments) der IETF (Internet Engineering Task Force).

(<http://freesoft.org/CIE/index.htm>)

TCP/IP versus OSI-RM

Einfacher und wesentlich pragmatischer
Kein rigoroses Schichtenmodell



OSI-RM: Dienstschnittstellen

• Dienst

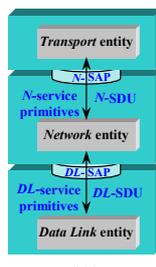
Funktionalität, die eine Schicht nach oben hin anbietet

Dienstschnittstellen

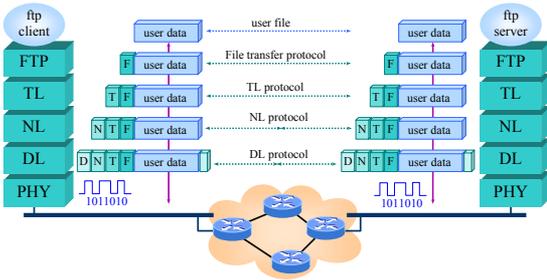
Regeln für die Kommunikation zwischen benachbarten Schichten in derselben Station:

Folge von Nachrichten

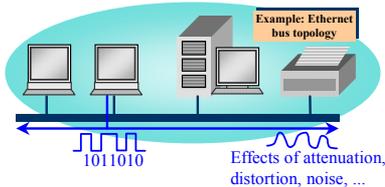
SAP: Service Access Point; durch eine Adresse in der Schicht eindeutig definiert
SDU: Service Data Unit.



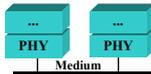
Datenkapselung



Datenübertragung auf Schicht 1



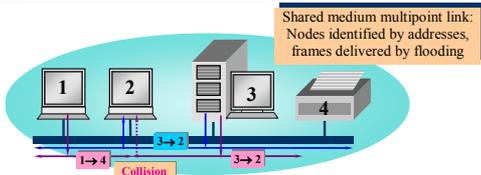
- Physikalisches Medium
Zur Übertragung der Information in Form einer elektromagnetischen Welle



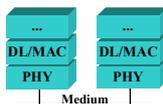
Physikalische Schicht

Aufgabe: Übertragung von Bitströmen über das Medium.

Schicht 2: Data Link



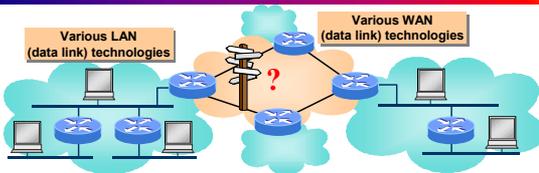
- Hauptaufgaben
 - Fehlerkontrolle
 - Regelung des Medienzugriffs (bei Nutzung eines gemeinsamen Mediums durch viele Stationen)



Physikalische Netzwerktypen

- Local Area Network
 - Überdeckt kleine Fläche (Gebäude, Campus)
 - Sehr schnell
 - Billig
- Bekannte Netze
 - Ethernet
 - Token Ring
 - Wireless LAN
- Wide Area Network
 - Für große Flächen (Länder)
 - Eher geringe Datenrate
 - Teuer wg. Notwendigkeit effizienter Mediennutzung
 - Bekannte Netze:
 - ISDN
 - ATM
 - Frame Relay

Internetworking

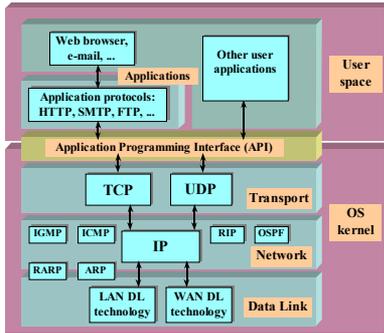


Ziel
verbinde mehrere physikalische unterschiedlicher Architektur miteinander, so dass die Rechner miteinander kommunizieren können
Umsetzung auf der Vermittlungsschicht (Network Layer)

Das Internet

- Das wichtigste und größte Netzwerk.
- Die Geschichte des Internet begann Ende der 60er Jahre als kleines Versuchsnetz zwischen vier Südwest-amerikanischen Einrichtungen.
- Der Aufbau wurde vom Verteidigungsministerium finanziert.
- Idee: Schaffung eines paketvermittelten Netzes, das sehr robust und wenig anfällig für Zerstörungen ist.
- Heute: komplette Protokoll-Suite auf den verschiedenen Schichten

TCP/IP Protocol Stack



Vermittlungsschicht: Aufgaben

- **Adressierung**
 - Eindeutige Identifizierung der angeschlossenen Stationen (netzübergreifend!)
- **Wegewahl durch das Internet**
- **Überlastkontrolle**
 - Auch bei hoher Last muss das Netz verfügbar bleiben
- **Segmentation/Reassembly**
 - Anpassung der Datenpaketgrößen an die transportierenden Netze

Das Modell von IP

Datagramme

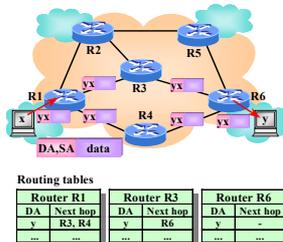
Einzelne, unabhängig voneinander weitergeleitete Pakete, die sich ihren Weg zum Ziel suchen

Routing-Tabellen

geben den Ausgang zu einem Ziel an

„Best effort“-Dienst

- Keine Garantie für Auslieferung eines Pakets
- Korrekte Reihenfolge
- Praktisch keine Echtzeit



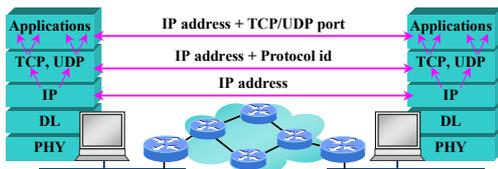
IP Next Generation: IPv6

- **Substantielles Re-Design von IP**
 - Basierend auf den erfolgreichen Eigenschaften von IPv4
 - Erweiterte und verbesserte Funktionalität
 - Entwickelt zwischen 1992 und 1997
 - Jetzt stabil, wird in neue Produkte (Router, Betriebssysteme) eingebaut.
- **Neue Eigenschaften**
 - Erweiterte Adressen (128-bit), Neue Adressierungsschemata.
 - Neue flexiblere und effizientere Paketformate
 - Auto-Konfiguration („plug-and-play“)
 - Adressenauflösung und Gruppenmanagement jetzt Teil von ICMPv6 (ARP, IGMP wurden entfernt)
 - Sicherheitsmechanismen direkt im Protokoll (Authentifizierung und Verschlüsselung)
 - Dienstgüteunterstützung

Transportschicht: TCP und UDP

- **Aufgabe der Transportschicht: Datentransport** von einem Prozess auf einem Rechner zu einem (oder mehreren) anderen Prozessen auf anderen Rechnern im Internet
- **Zwei Möglichkeiten**
 - Der grundlegende unzuverlässige Internetdienst genügt, dann verwende UDP.
 - Er genügt nicht, dann verwende TCP.

Adressierung



Welcher Rechner? **IP-Adresse**.

32 bits (IPv4), im IP-Paketkopf.

Welches Transportprotokoll? **Protocol id** im IP Paketkopf.

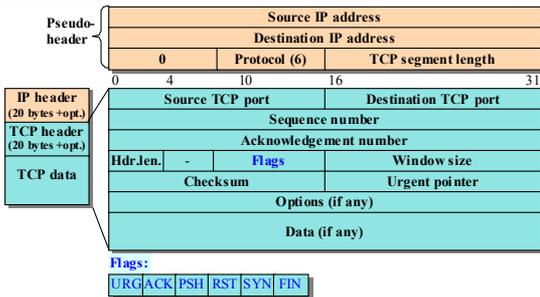
Welche Anwendung? **TCP/UDP port**.

16 bits, im TCP/UDP Paketkopf.

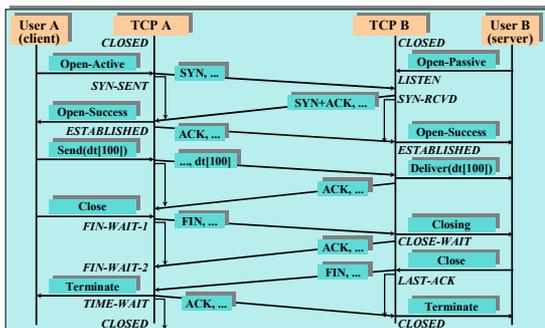
Umsetzung von TCP

- TCP setzt vor allem die folgenden Protokollmechanismen ein, um die Effekte erzielen zu können
 - Daten sind **numeriert**, so dass fehlende Daten schnell festgestellt werden können
 - Mittels **ACKnowledgements** teilt der Empfänger den korrekten Empfang von Daten mit
 - Mittels **Timern** stellt der Sender das Ausbleiben von ACKs fest

TCP Pakete („Segmente“)

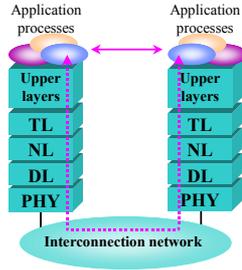


TCP Protokollablauf



Höhere Schichten

- Hauptaufgabe: Unterstützung der Anwendung
- Mögliche Struktur:
 - Session (5): Steuerung der Kommunikationssitzung
 - Presentation (6): Kodierung der Information.
 - Application (7): Protokolle zur Unterstützung bestimmter Anwendungsaufgaben: www, e-mail, file transfer, telnet, network file system, network management, ...



Weitere Literatur

- A. Tanenbaum: [Computer Networks](#), 4th ed., Prentice Hall, 2003.
