Rechnernetze II

SoSe 2025

Roland Wismüller
Betriebssysteme / verteilte Systeme
roland.wismueller@uni-siegen.de
Tel.: 0271/740-4050, Büro: H-B 8404

Stand: 1. April 2025

Rechnernetze II

SoSe 2025

12 Zusammenfassung, wichtige Themen

1. *Wide Area Networks* (WANs)

- Zusammenhang Übertragungsrate / Bandbreite
  - Fourier-Analyse
  - **Nyquist-Theorem** (Abtasttheorem)
  - **Shannon'sches Theorem** $B = H \cdot \log_2(1 + S/N)$
- Telefonnetz
  - synchone Netze (8000 Abtastungen/s), Multiplexing
- Modulationsverfahren mit mehreren Bits pro Baud
  - Änderung der Phase und Amplitude
- PPP: Zweck, Aufgaben
- *Frame Relay*, ATM: virtuelle Leitungsvermittlung
- ADSL: *Discrete MultiTone*, mehrere Frequenzkanäle

2. Schnelles Ethernet

- **Techniken zur Bandbreitenerhöhung**
  - 8B6T, 4B5B, 8B10B etc. statt Manchester-Codierung
  - mehrere Adernpaare
- Switches und **Vollduplexbetrieb** (keine Kollisionen)
  - keine max. Leitungslänge / min. Paketgröße

3. Drahtlose Netze

- **Spreizbandtechniken** (Motivation, FHSS, OFDM, DSSS)
- **MAC im WLAN**: DCF, PCF
  - DCF: kein CSMA/CD möglich, **CSMA/CA, MACAW**
    - **Funktionsweise, *Hidden*/*Exposed Station*-Problem**
  - **PCF**: Zeitmultiplex (TDMA)
- **WLAN-Sicherheit**
  - Funktionsweise und Schwächen von WEP
  - Verbesserungen durch WPA und WPA2
- **Bluetooth**: Funkschicht (FHSS), MAC (TDMA), Übertragungssicherung, Sicherheit

4. IP-Routing: Spezielle Aspekte

- **Multicast**
  - Multicast-Adressen
  - **IGMP**: Gruppenmanagement
  - Routing: (gemeinsame oder quellenspezifische) spannende Bäume
    - *Link-State-Routing*: Gesamtnetz bekannt
    - Distanzvektor-Routing: ***Reverse Path Broadcast*** / ***Multicast*** (*Flooding* mit *Pruning*)
    - **PIM**: explizite *Join*-Nachrichten bauen Multicast-Baum auf

4. IP-Routing: Spezielle Aspekte ...

- Mobile IP
  - Weiterleitung durch Heimatagen über IP-Tunnel
- **MPLS: virtuelle Leitungsvermittlung**
  - *Label-Edge-Router* fügt Label an Paket an, restliche Router betreiben Label-basierte Weiterleitung

5. VPN, IP-Tunnel und IPsec

- **Secure IP**
  - Vor-/Nachteile der Sicherheit auf Vermittlungsschicht
  - **AH und ESP-Protokoll, Transport- und Tunnel-Modus**
    - was wird jeweils verschlüsselt, authentifiziert?
  - ***Security Association***, Konfiguration

6. Überlastkontrolle und Ressourcenzuteilung

- **Überlastkontrolle**
  - **Basismechanismus „*Additive Increase / Multiplicative Decrease*“**
  - Erweiterungen „*Slow Start*“, „*Fast Retransmit / Fast Recovery*“

6. Überlastkontrolle und Ressourcenzuteilung ...

- **Überlastvermeidung**
  - **Router-zentrisch: mittlere Warteschlangenlänge**
    - DECbit: Warnbit im Header
    - **RED: Verwerfen einiger zufälliger Pakete**
  - **Host-zentrisch: Latenz, Durchsatz**
    - TCP Vegas: Vergleich erwarteter und erreichter Durchsatz
      - Ziel: belege konstante, kleine Zahl von Puffern im Router
- *Quality of Service*
  - Dienstklassen mit verschiedenen Garantien (Bandbreite, Latenz, Jitter)

6. Überlastkontrolle und Ressourcenzuteilung ...

- ***Quality of Service***
  - **feingranular**: Datenflüsse einzeln betrachten
    - Mechanismen: *Flow Specs* (geforderter Dienst, Datenfluß), Zugangskontrolle, Ressourcen-Reservierung, Paket-Scheduling
    - Beispiel *IntServ*: GS, CLS
    - *Token-Bucket*-Filter, RSVP, WFQ
  - **grobgranular**: nur Klassen von Datenflüssen betrachten
    - Paketklassifizierung an der Peripherie, fest reservierte Ressourcen
    - Beispiel *DiffServ*: EF, AF (4 Klassen á 3 Prioritäten)
  - Skalierbarkeit vs. echte Garantien

7. Anwendungsprotokolle

- Netzwerkmanagement
  - Aufgaben
  - SNMP: Lesen/Schreiben von Objekten, MIB: Aufbau, Inhalt
- **Multimedia-Anwendungen**
  - RTP/RTCP: Synchronisation (Zeitstempel), Multiplexing, Sequenznummern, Sender-*Feedback*

8. Netzwerkprogrammierung

- Sockets: Netzunabhängiges API für Kommunikation
  - *Stream* und *Datagram Sockets*
  - `bind()`, `connect()`, `listen()`, `accept()`
- Server-Design: Prozeß / Thread pro Client, `select`

9. Netze für Cluster und Hochleistungsrechner

- Bisektionsbandbreite, Verbindungsgrad, Durchmesser
- Netztopologien, *Crossbar*, Clos-Netz (Idee)
- *Virtual-Cut-Through*-Routing, *Remote* DMA, *OS Bypass*

10. Netze für Automatisierungssysteme

- Anforderungen, Echtzeit, Merkmale von Feldbussen
- MAC für Echtzeit-Aufgaben: *Token Passing*, *Master-Slave*, CSMA/CA (prioritätengesteuerte Arbitierung)

11. Drahtlose Sensornetze

- Spezielle Anforderungen: Enegieeffizienz, *data centric*