



Andrew S. Tanenbaum
David J. Wetherall

Computernetzwerke

5., aktualisierte Auflage



**Andrew S. Tanenbaum
David J. Wetherall**

Computernetzwerke

5., aktualisierte Auflage

PEARSON

Higher Education
München • Harlow • Amsterdam • Madrid • Boston
San Francisco • Don Mills • Mexico City • Sydney
a part of Pearson plc worldwide

Computernetzwerke - PDF

Inhaltsverzeichnis

Computernetzwerke 5.Auflage

Inhaltsübersicht

- Vorwort 15
- Kapitel 1 - Einleitung 21
- Kapitel 2 - Die Bitübertragungsschicht 119
- Kapitel 3 - Die Sicherungsschicht 233
- Kapitel 4 - Die MAC-Teilschicht (Medium Access Control) 303
- Kapitel 5 - Die Vermittlungsschicht 411
- Kapitel 6 - Die Transportschicht 565
- Kapitel 7 - Die Anwendungsschicht 693
- Kapitel 8 - Sicherheit in Netzen 863
- Kapitel 9 - Leseempfehlungen und Bibliografie 989
- Register 1015

Inhaltsverzeichnis

- Vorwort 15
- Kapitel 1 - Einleitung 21
 - 1.1 Einsatz von Rechnernetzen 24
 - 1.1.1 Geschäftsanwendungen 24
 - 1.1.2 Anwendungen im Privatbereich 27
 - 1.1.3 Mobile Benutzer 32
 - 1.1.4 Gesellschaftliche Aspekte 36
 - 1.2 Netzhardware 39
 - 1.2.1 Personal Area Network 41
 - 1.2.2 Lokale Netze (LANs) 42
 - 1.2.3 Stadtnetze (MANs) 46
 - 1.2.4 Fernnetze (WANs) 47
 - 1.2.5 Internetworks 51
 - 1.3 Netzsoftware 53
 - 1.3.1 Protokollhierarchien 53
 - 1.3.2 Entwurfsaspekte bei Schichten 58
 - 1.3.3 Verbindungsorientierte und verbindungslose Dienste 60
 - 1.3.4 Basisoperationen von Diensten 63
 - 1.3.5 Beziehung zwischen Diensten und Protokollen 65
 - 1.4 Referenzmodelle 66
 - 1.4.1 Das OSI-Referenzmodell 66
 - 1.4.2 Das TCP/IP-Referenzmodell 70
 - 1.4.3 Das in diesem Buch benutzte Modell 73
 - 1.4.4 Vergleich: OSI- und TCP/IP-Referenzmodell* 74
 - 1.4.5 Kritik am OSI-Modell und OSI-Protokollen* 76
 - 1.4.6 Kritik am TCP/IP-Referenzmodell* 79

Inhaltsverzeichnis

1.5 Beispielnetze 80

- 1.5.1 Das Internet 80
- 1.5.2 Mobilfunknetze der dritten Generation* 91
- 1.5.3 Drahtlose LANs: IEEE 802.11* 96
- 1.5.4 RFID und Sensornetze* 100

1.6 Standardisierung von Netzen 103

- 1.6.1 Who's who in der Welt der Telekommunikation 104
- 1.6.2 Who's who in der Welt der internationalen Normen 106
- 1.6.3 Who's who in der Welt der Internetstandards 108

1.7 Metrische Einheiten 110

1.8 Überblick über das restliche Buch 111

Zusammenfassung 113

Übungsaufgaben 114

Kapitel 2 - Die Bitübertragungsschicht 119

2.1 Theoretische Grundlagen der Datenübertragung 121

- 2.1.1 Fourieranalyse 121
- 2.1.2 Signale mit begrenzter Bandbreite 122
- 2.1.3 Maximale Datenübertragungsrate eines Kanals 125

2.2 Gerichtete Übertragungsmedien 127

- 2.2.1 Magnetische Medien 127
- 2.2.2 Twisted-Pair-Kabel 128
- 2.2.3 Koaxialkabel 130
- 2.2.4 Trägerfrequenzanlagen 130
- 2.2.5 Glasfaserleiter 132

2.3 Drahtlose Übertragung 137

- 2.3.1 Das elektromagnetische Spektrum 138
- 2.3.2 Funkübertragung 141
- 2.3.3 Mikrowellenübertragung 143
- 2.3.4 Infrarotübertragung 147
- 2.3.5 Lichtübertragung 147

2.4 Kommunikationssatelliten* 149

- 2.4.1 Geostationäre Satelliten 150
- 2.4.2 MEO-Satelliten 154
- 2.4.3 LEO-Satelliten 154
- 2.4.4 Vergleich: Satelliten und Glasfaser 157

2.5 Digitale Modulation und Multiplexing 159

- 2.5.1 Basisbandübertragung 159
- 2.5.2 Übertragung im Durchlassbereich 164
- 2.5.3 Frequenzmultiplexverfahren 167
- 2.5.4 Zeitmultiplexverfahren 169
- 2.5.5 Codemultiplexverfahren 170

2.6 Das öffentliche Telefonnetz 173

- 2.6.1 Aufbau des Telefonsystems 174
- 2.6.2 Politik im Bereich Telefonie 177
- 2.6.3 Teilnehmeranschlüsse: Modems, ADSL und Glasfaser 180

Inhaltsverzeichnis

2.6.4 Verbindungsleitungen und Multiplexverfahren 189

2.6.5 Vermittlung 197

2.7 Das Mobiltelefonsystem* 202

2.7.1 Die erste Generation der Mobiltelefone: Analoge Sprache 204

2.7.2 Die zweite Generation der Mobiltelefone: Digitale Sprache 208

2.7.3 Die dritte Generation der Mobiltelefone: Digitale Sprache und Daten 212

2.8 Kabelfernsehen* 217

2.8.1 Gemeinschaftsantennen-Fernsehen 217

2.8.2 Internet über Kabel 218

2.8.3 Zuweisung der Frequenzbereiche 220

2.8.4 Kabelmodems 221

2.8.5 Vergleich: ADSL und Kabel 224

Zusammenfassung 226

Übungsaufgaben 227

Kapitel 3 - Die Sicherungsschicht 233

3.1 Entwurfsaspekte der Sicherungsschicht 235

3.1.1 Dienste für die Vermittlungsschicht 235

3.1.2 Rahmenbildung 238

3.1.3 Fehlerüberwachung 242

3.1.4 Flusskontrolle 243

3.2 Fehlererkennung und -korrektur 244

3.2.1 Fehlerkorrekturcodes 246

3.2.2 Fehlererkennungs_codes 252

3.3 Grundlegende Protokolle der Sicherungsschicht 258

3.3.1 Ein utopisches Simplexprotokoll 263

3.3.2 Ein Simplexprotokoll mit Stop-and-Wait für einen fehlerfreien Kanal 265

3.3.3 Ein Stop-and-Wait-Simplexprotokoll für verdrauschte Kanäle 267

3.4 Schiebefensterprotokolle 271

3.4.1 1-Bit-Schiebefensterprotokoll 274

3.4.2 Protokoll mit Go-back-N 277

3.4.3 Protokoll mit selektiver Wiederholung 284

3.5 Beispiele für Protokolle der Sicherungsschicht 291

3.5.1 Packet over SONET 291

3.5.2 ADSL 295

Zusammenfassung 298

Übungsaufgaben 299

Kapitel 4 - Die MAC-Teilschicht (Medium Access Control) 303

4.1 Die Kanaluordnung 305

4.1.1 Statische Kanaluordnung 305

4.1.2 Voraussetzungen für dynamische Kanaluordnung 307

4.2 Mehrfachzugriffsprotokolle 309

4.2.1 ALOHA 309

4.2.2 CSMA-Protokolle (Carrier Sense Multiple Access) 314

4.2.3 Kollisionsfreie Protokolle 317

4.2.4 Protokolle mit eingeschränkter Konkurrenz 322

Inhaltsverzeichnis

4.2.5 Protokolle für drahtlose LANs 325

4.3 Ethernet 328

4.3.1 Bitübertragungsschicht von klassischem Ethernet 329

4.3.2 Ethernet-MAC-Teilschichtprotokoll 331

4.3.3 Leistungsaspekte bei Ethernet 335

4.3.4 Switched Ethernet 337

4.3.5 Fast Ethernet 339

4.3.6 Gigabit-Ethernet 342

4.3.7 10-Gigabit-Ethernet 346

4.3.8 Das Ethernet – ein Rückblick 347

4.4 Drahtlose LANs 349

4.4.1 IEEE-802.11-Architektur und -Protokollstapel 349

4.4.2 Die IEEE-802.11-Bitübertragungsschicht 351

4.4.3 Das IEEE-802.11-MAC-Teilschichtprotokoll 353

4.4.4 IEEE-802.11-Rahmenstruktur 360

4.4.5 Dienste 362

4.5 Drahtloses Breitband* 364

4.5.1 Vergleich von IEEE 802.16 mit IEEE 802.11 und 3G 365

4.5.2 IEEE-802.16-Architektur und -Protokollstapel 366

4.5.3 IEEE-802.16-Bitübertragungsschicht 367

4.5.4 IEEE-802.16-MAC-Teilschichtprotokoll 369

4.5.5 IEEE-802.16-Rahmenstruktur 371

4.6 Bluetooth* 372

4.6.1 Architektur von Bluetooth 373

4.6.2 Bluetooth-Anwendungen 374

4.6.3 Bluetooth-Protokollstapel 375

4.6.4 Bluetooth-Funkschicht 376

4.6.5 Bluetooth-Verbindungsschicht 377

4.6.6 Bluetooth-Rahmenstruktur 378

4.7 RFID* 380

4.7.1 Architektur von EPC Gen 2 381

4.7.2 Bitübertragungsschicht von EPC Gen 2 382

4.7.3 Tag-Identifizierungsschicht von EPC Gen 2 383

4.7.4 Nachrichtenformate der Tag-Identifizierung 385

4.8 Switches der Sicherungsschicht 386

4.8.1 Verwendung von Bridges 386

4.8.2 Learning-Bridges 388

4.8.3 Spannbäume und Bridges 391

4.8.4 Repeater, Hubs, Bridges, Switches, Router und Gateways 394

4.8.5 Virtuelle LANs 397

Zusammenfassung 405

Übungsaufgaben 406

Kapitel 5 - Die Vermittlungsschicht 411

5.1 Entwurfsaspekte der Vermittlungsschicht 413

5.1.1 Paketvermittlung unter Verwendung des Store-and-forward-Verfahrens 413

5.1.2 Dienste für die Transportschicht 414

Inhaltsverzeichnis

5.1.3 Implementierung eines verbindungslosen Dienstes	415
5.1.4 Implementierung eines verbindungsorientierten Dienstes	417
5.1.5 Vergleich von VC-Netzen und Datagrammnetzen	418
5.2 Routing-Algorithmen	420
5.2.1 Das Optimalitätsprinzip	422
5.2.2 Routing nach dem kürzesten Pfad	423
5.2.3 Fluten	427
5.2.4 Distanzvektoralgorithmus	428
5.2.5 Link-State-Routing	431
5.2.6 Hierarchisches Routing	437
5.2.7 Broadcast-Routing	439
5.2.8 Multicast-Routing	441
5.2.9 Anycast-Routing	444
5.2.10 Routing für mobile Hosts	445
5.2.11 Routing in Ad-hoc-Netzen	448
5.3 Algorithmen zur Überlastungsüberwachung	452
5.3.1 Prinzipien der Überlastungsüberwachung	454
5.3.2 Routing unter Berücksichtigung des Verkehrs	455
5.3.3 Zugangssteuerung	457
5.3.4 Drosseln des Verkehrs	458
5.3.5 Lastabwurf	463
5.4 Dienstgüte	465
5.4.1 Anforderungen der Anwendungen	466
5.4.2 Traffic-Shaping	468
5.4.3 Scheduling der Pakete	473
5.4.4 Zugangssteuerung	477
5.4.5 Integrierte Dienste	481
5.4.6 Differenzierte Dienste	484
5.5 Internetworking	487
5.5.1 Unterscheidungsmerkmale von Netzen	488
5.5.2 Verbindung von Netzen	490
5.5.3 Tunneling	493
5.5.4 Internetwork-Routing	494
5.5.5 Fragmentierung der Pakete	496
5.6 Vermittlungsschicht im Internet	500
5.6.1 IPv4	503
5.6.2 IP-Adressen	507
5.6.3 IP Version 6	520
5.6.4 Internetsteuerprotokolle	531
5.6.5 Label Switching und MPLS	536
5.6.6 OSPF-Protokoll	540
5.6.7 BGP	546
5.6.8 Internet-Multicasting	551
5.6.9 Mobiles IP	553
Zusammenfassung	557
Übungsaufgaben	558

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 6 - Die Transportschicht 565

6.1 Dienste der Transportschicht 567

- 6.1.1 Dienste für die oberen Schichten 567
- 6.1.2 Dienstprimitive der Transportschicht 569
- 6.1.3 Berkeley-Sockets 573
- 6.1.4 Beispiel für Socket-Programmierung: Ein Internetdateiserver 575

6.2 Elemente von Transportprotokollen 580

- 6.2.1 Adressierung 581
- 6.2.2 Verbindungsaufbau 584
- 6.2.3 Freigabe von Verbindungen 591
- 6.2.4 Fehlerüberwachung und Flusskontrolle 595
- 6.2.5 Multiplexing 601
- 6.2.6 Systemwiederherstellung 602

6.3 Überlastungsüberwachung 604

- 6.3.1 Gewünschte Bandbreitenzuordnung 605
- 6.3.2 Regulierung der Senderate 609
- 6.3.3 Probleme mit der drahtlosen Übertragung 614

6.4 Internettransportprotokolle: UDP 616

- 6.4.1 Einführung in UDP 616
- 6.4.2 Entfernte Prozeduraufrufe 618
- 6.4.3 Echtzeittransportprotokolle 621

6.5 Internettransportprotokolle: TCP 628

- 6.5.1 Einführung in TCP 628
- 6.5.2 TCP-Dienstmodell 629
- 6.5.3 TCP-Protokoll 632
- 6.5.4 TCP-Header 633
- 6.5.5 Verbindungsaufbau in TCP 637
- 6.5.6 Verbindungsfreigabe in TCP 638
- 6.5.7 Modellierung der Verwaltung von TCP-Verbindungen 639
- 6.5.8 TCP-Schiebefenster 642
- 6.5.9 Verwaltung von Timern in TCP 646
- 6.5.10 TCP-Überlastungsüberwachung 649
- 6.5.11 Die Zukunft von TCP 659

6.6 Leistungsaspekte* 660

- 6.6.1 Leistungsprobleme in Rechnernetzen 661
- 6.6.2 Messung der Netzwerkleistung 662
- 6.6.3 Hostdesign für eine Optimierung der Leistung 666
- 6.6.4 Schnelle Segmentverarbeitung 669
- 6.6.5 Header-Komprimierung 672
- 6.6.6 Protokolle für Long Fat Networks 674

6.7 Verzögerungstolerante Netze* 679

- 6.7.1 DTN-Architektur 680
- 6.7.2 Bündel-Protokoll 683

Zusammenfassung 686

Übungsaufgaben 687

Kapitel 7 - Die Anwendungsschicht 693

Inhaltsverzeichnis

7.1 DNS – Domain Name System 695

7.1.1 DNS-Namensraum 696

7.1.2 Ressourcendatensätze 699

7.1.3 Nameserver 703

7.2 E-Mail* 708

7.2.1 Architektur und Dienste 709

7.2.2 Benutzeragenten 711

7.2.3 Nachrichtenformate 716

7.2.4 Nachrichtenübertragung 725

7.3 World Wide Web 734

7.3.1 Übersicht über die Architektur 735

7.3.2 Statische Webdokumente 752

7.3.3 Dynamische Webseiten und Webanwendungen 763

7.3.4 HTTP – HyperText Transfer Protocol 775

7.3.5 Das mobile Web 787

7.3.6 Suchen im Web 789

7.4 Streaming Audio und Video 792

7.4.1 Digitales Audio 794

7.4.2 Digitales Video 799

7.4.3 Streaming von gespeicherten Medien 808

7.4.4 Streaming von Live-Medien 817

7.4.5 Echtzeitkonferenzen 821

7.5 Content Delivery 832

7.5.1 Content und Internetverkehr 833

7.5.2 Serverfarmen und Webproxys 836

7.5.3 Content-Delivery-Netze 841

7.5.4 Peer-to-Peer-Netze 846

Zusammenfassung 857

Übungsaufgaben 858

Kapitel 8 - Sicherheit in Netzen 863

8.1 Kryptografie 868

8.1.1 Einführung in die Kryptografie 868

8.1.2 Substitutionschiffren 871

8.1.3 Transpositionschiffren 873

8.1.4 One-Time Pads 874

8.1.5 Zwei Grundprinzipien der Verschlüsselung 879

8.2 Algorithmen für die symmetrische Verschlüsselung 881

8.2.1 DES – Data Encryption Standard 883

8.2.2 AES – Advanced Encryption Standard 886

8.2.3 Chiffriermodi 890

8.2.4 Weitere Chiffren 895

8.2.5 Kryptoanalyse 896

8.3 Algorithmen für öffentliche Schlüssel 897

8.3.1 RSA 898

8.3.2 Weitere Algorithmen für öffentliche Schlüssel 900

8.4 Digitale Signaturen 901

Inhaltsverzeichnis

8.4.1 Signaturen mit symmetrischen Schlüsseln 902

8.4.2 Signaturen mit öffentlichen Schlüsseln 903

8.4.3 Message Digests 905

8.4.4 Die Geburtstagsattacke 909

8.5 Verwaltung öffentlicher Schlüssel 911

8.5.1 Zertifikate 912

8.5.2 X.509 914

8.5.3 PKI – Infrastruktur für öffentliche Schlüssel 915

8.6 Kommunikationssicherheit 919

8.6.1 IPsec 919

8.6.2 Firewalls 924

8.6.3 Virtuelle private Netze 927

8.6.4 Drahtlose Sicherheit 929

8.7 Authentifizierungsprotokolle 934

8.7.1 Authentifizierung auf der Basis eines gemeinsamen geheimen Schlüssels 935

8.7.2 Einrichten eines gemeinsamen Schlüssels: Das Schlüsselaustauschprotokoll von Diffie und Hellman 940

8.7.3 Authentifizierung mithilfe eines Schlüsselverteilungszentrums 942

8.7.4 Authentifizierung mit Kerberos 945

8.7.5 Authentifizierung mithilfe öffentlicher Verschlüsselung 948

8.8 E-Mail-Sicherheit* 949

8.8.1 PGP – Pretty Good Privacy 949

8.8.2 S/MIME 954

8.9 Sicherheit im Web 954

8.9.1 Bedrohungen der Sicherheit 954

8.9.2 Sichere Namensvergabe 955

8.9.3 SSL – Secure Sockets Layer 961

8.9.4 Sicherheit bei mobilem Code 965

8.10 Soziale Themen 969

8.10.1 Datenschutz 969

8.10.2 Redefreiheit 972

8.10.3 Urheberrechte 976

Zusammenfassung 979

Übungsaufgaben 981

Kapitel 9 - Leseempfehlungen und Bibliografie 989

9.1 Empfehlungen für weiterführende Literatur* 990

9.1.1 Einführung und allgemeine Werke 990

9.1.2 Bitübertragungsschicht 991

9.1.3 Sicherungsschicht 992

9.1.4 MAC-Teilschicht 993

9.1.5 Vermittlungsschicht 993

9.1.6 Transportschicht 995

9.1.7 Anwendungsschicht 995

9.1.8 Netzsicherheit 996

9.2 Alphabetische Bibliografie* 997

Register 1015

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Kapitel 1 - Einleitung

1.1 Einsatz von Rechnernetzen

- 1.1.1 Geschäftsanwendungen
- 1.1.2 Anwendungen im Privatbereich
- 1.1.3 Mobile Benutzer
- 1.1.4 Gesellschaftliche Aspekte

1.2 Netzhardware

- 1.2.1 Personal Area Network
- 1.2.2 Lokale Netze (LANs)
- 1.2.3 Stadtnetze (MANs)
- 1.2.4 Fernnetze (WANs)
- 1.2.5 Internetworks

1.3 Netzsoftware

- 1.3.1 Protokollhierarchien
- 1.3.2 Entwurfsaspekte bei Schichten
- 1.3.3 Verbindungsorientierte und verbindungslose Dienste
- 1.3.4 Basisoperationen von Diensten
- 1.3.5 Beziehung zwischen Diensten und Protokollen

1.4 Referenzmodelle

- 1.4.1 Das OSI-Referenzmodell
- 1.4.2 Das TCP/IP-Referenzmodell
- 1.4.3 Das in diesem Buch benutzte Modell
- 1.4.4 Vergleich: OSI- und TCP/IP-Referenzmodell
- 1.4.5 Kritik am OSI-Modell und OSI-Protokollen
- 1.4.6 Kritik am TCP/IP-Referenzmodell

1.5 Beispielnetze

- 1.5.1 Das Internet
- 1.5.2 Mobilfunknetze der dritten Generation
- 1.5.3 Drahtlose LANs: IEEE 802.11
- 1.5.4 RFID und Sensornetze

1.6 Standardisierung von Netzen

- 1.6.1 Who's who in der Welt der Telekommunikation
- 1.6.2 Who's who in der Welt der internationalen Normen
- 1.6.3 Who's who in der Welt der Internetstandards

1.7 Metrische Einheiten

1.8 Überblick über das restliche Buch

Zusammenfassung

Übungsaufgaben

Kapitel 2 - Die Bitübertragungsschicht

Inhaltsverzeichnis

2.1 Theoretische Grundlagen der Datenübertragung

- 2.1.1 Fourieranalyse
- 2.1.2 Signale mit begrenzter Bandbreite
- 2.1.3 Maximale Datenübertragungsrate eines Kanals

2.2 Gerichtete Übertragungsmedien

- 2.2.1 Magnetische Medien
- 2.2.2 Twisted-Pair-Kabel
- 2.2.3 Koaxialkabel
- 2.2.4 Trägerfrequenzanlagen
- 2.2.5 Glasfaserleiter

2.3 Drahtlose Übertragung

- 2.3.1 Das elektromagnetische Spektrum
- 2.3.2 Funkübertragung
- 2.3.3 Mikrowellenübertragung
- 2.3.4 Infrarotübertragung
- 2.3.5 Lichtübertragung

2.4 Kommunikationssatelliten

- 2.4.1 Geostationäre Satelliten
- 2.4.2 MEO-Satelliten
- 2.4.3 LEO-Satelliten
- 2.4.4 Vergleich: Satelliten und Glasfaser

2.5 Digitale Modulation und Multiplexing

- 2.5.1 Basisbandübertragung
- 2.5.2 Übertragung im Durchlassbereich
- 2.5.3 Frequenzmultiplexverfahren
- 2.5.4 Zeitmultiplexverfahren
- 2.5.5 Codemultiplexverfahren

2.6 Das öffentliche Telefonnetz

- 2.6.1 Aufbau des Telefonsystems
- 2.6.2 Politik im Bereich Telefonie
- 2.6.3 Teilnehmeranschlüsse: Modems, ADSL und Glasfaser
- 2.6.4 Verbindungsleitungen und Multiplexverfahren
- 2.6.5 Vermittlung

2.7 Das Mobiltelefonsystem

- 2.7.1 Die erste Generation der Mobiltelefone: Analoge Sprache
- 2.7.2 Die zweite Generation der Mobiltelefone: Digitale Sprache
- 2.7.3 Die dritte Generation der Mobiltelefone: Digitale Sprache und Daten

2.8 Kabelfernsehen

- 2.8.1 Gemeinschaftsantennen-Fernsehen
- 2.8.2 Internet über Kabel
- 2.8.3 Zuweisung der Frequenzbereiche

Inhaltsverzeichnis

2.8.4 Kabelmodems

2.8.5 Vergleich: ADSL und Kabel

Zusammenfassung

Übungsaufgaben

Kapitel 3 - Die Sicherungsschicht

3.1 Entwurfsaspekte der Sicherungsschicht

3.1.1 Dienste für die Vermittlungsschicht

3.1.2 Rahmenbildung

3.1.3 Fehlerüberwachung

3.1.4 Flusskontrolle

3.2 Fehlererkennung und -korrektur

3.2.1 Fehlerkorrekturcodes

3.2.2 Fehlererkennungscode

3.3 Grundlegende Protokolle der Sicherungsschicht

3.3.1 Ein utopisches Simplexprotokoll

3.3.2 Ein Simplexprotokoll mit Stop-and-Wait für einen fehlerfreien Kanal

3.3.3 Ein Stop-and-Wait-Simplexprotokoll für verdrauschte Kanäle

3.4 Schiebefensterprotokolle

3.4.1 1-Bit-Schiebefensterprotokoll

3.4.2 Protokoll mit Go-back-N

3.4.3 Protokoll mit selektiver Wiederholung

3.5 Beispiele für Protokolle der Sicherungsschicht

3.5.1 Packet over SONET

3.5.2 ADSL

Zusammenfassung

Übungsaufgaben

Kapitel 4 - Die MAC-Teilschicht (Medium Access Control)

4.1 Die Kanalzuordnung

4.1.1 Statische Kanalzuordnung

4.1.2 Voraussetzungen für dynamische Kanalzuordnung

4.2 Mehrfachzugriffsprotokolle

4.2.1 ALOHA

4.2.2 CSMA-Protokolle (Carrier Sense Multiple Access)

4.2.3 Kollisionsfreie Protokolle

4.2.4 Protokolle mit eingeschränkter Konkurrenz

4.2.5 Protokolle für drahtlose LANs

4.3 Ethernet

4.3.1 Bitübertragungsschicht von klassischem Ethernet

4.3.2 Ethernet-MAC-Teilschichtprotokoll

4.3.3 Leistungsaspekte bei Ethernet

Inhaltsverzeichnis

- 4.3.4 Switched Ethernet
- 4.3.5 Fast Ethernet
- 4.3.6 Gigabit-Ethernet
- 4.3.7 10-Gigabit-Ethernet
- 4.3.8 Das Ethernet – ein Rückblick

4.4 Drahtlose LANs

- 4.4.1 IEEE-802.11-Architektur und -Protokollstapel
- 4.4.2 Die IEEE-802.11-Bitübertragungsschicht
- 4.4.3 Das IEEE-802.11-MAC-Teilschichtprotokoll
- 4.4.4 IEEE-802.11-Rahmenstruktur
- 4.4.5 Dienste

4.5 Drahtloses Breitband

- 4.5.1 Vergleich von IEEE 802.16 mit IEEE 802.11 und 3G
- 4.5.2 IEEE-802.16-Architektur und -Protokollstapel
- 4.5.3 IEEE-802.16-Bitübertragungsschicht
- 4.5.4 IEEE-802.16-MAC-Teilschichtprotokoll
- 4.5.5 IEEE-802.16-Rahmenstruktur

4.6 Bluetooth

- 4.6.1 Architektur von Bluetooth
- 4.6.2 Bluetooth-Anwendungen
- 4.6.3 Bluetooth-Protokollstapel
- 4.6.4 Bluetooth-Funkschicht
- 4.6.5 Bluetooth-Verbindungsschicht
- 4.6.6 Bluetooth-Rahmenstruktur

4.7 RFID

- 4.7.1 Architektur von EPC Gen 2
- 4.7.2 Bitübertragungsschicht von EPC Gen 2
- 4.7.3 Tag-Identifizierungsschicht von EPC Gen 2
- 4.7.4 Nachrichtenformate der Tag-Identifizierung

4.8 Switches der Sicherungsschicht

- 4.8.1 Verwendung von Bridges
- 4.8.2 Learning-Bridges
- 4.8.3 Spannbäume und Bridges
- 4.8.4 Repeater, Hubs, Bridges, Switches, Router und Gateways
- 4.8.5 Virtuelle LANs

Zusammenfassung

Übungsaufgaben

Kapitel 5 - Die Vermittlungsschicht

5.1 Entwurfsaspekte der Vermittlungsschicht

- 5.1.1 Paketvermittlung unter Verwendung des Store-and-forward-Verfahrens
- 5.1.2 Dienste für die Transportschicht

Inhaltsverzeichnis

- 5.1.3 Implementierung eines verbindungslosen Dienstes
- 5.1.4 Implementierung eines verbindungsorientierten Dienstes
- 5.1.5 Vergleich von VC-Netzen und Datagrammnetzen

5.2 Routing-Algorithmen

- 5.2.1 Das Optimalitätsprinzip
- 5.2.2 Routing nach dem kürzesten Pfad
- 5.2.3 Fluten
- 5.2.4 Distanzvektoralgorithmus
- 5.2.5 Link-State-Routing
- 5.2.6 Hierarchisches Routing
- 5.2.7 Broadcast-Routing
- 5.2.8 Multicast-Routing
- 5.2.9 Anycast-Routing
- 5.2.10 Routing für mobile Hosts
- 5.2.11 Routing in Ad-hoc-Netzen

5.3 Algorithmen zur Überlastungsüberwachung

- 5.3.1 Prinzipien der Überlastungsüberwachung
- 5.3.2 Routing unter Berücksichtigung des Verkehrs
- 5.3.3 Zugangssteuerung
- 5.3.4 Drosseln des Verkehrs
- 5.3.5 Lastabwurf

5.4 Dienstgüte

- 5.4.1 Anforderungen der Anwendungen
- 5.4.2 Traffic-Shaping
- 5.4.3 Scheduling der Pakete
- 5.4.4 Zugangssteuerung
- 5.4.5 Integrierte Dienste
- 5.4.6 Differenzierte Dienste

5.5 Internetworking

- 5.5.1 Unterscheidungsmerkmale von Netzen
- 5.5.2 Verbindung von Netzen
- 5.5.3 Tunneling
- 5.5.4 Internetwork-Routing
- 5.5.5 Fragmentierung der Pakete

5.6 Vermittlungsschicht im Internet

- 5.6.1 IPv4
- 5.6.2 IP-Adressen
- 5.6.3 IP Version 6
- 5.6.4 Internetsteuerprotokolle
- 5.6.5 Label Switching und MPLS
- 5.6.6 OSPF-Protokoll

Inhaltsverzeichnis

5.6.7 BGP

5.6.8 Internet-Multicasting

5.6.9 Mobiles IP

Zusammenfassung

Übungsaufgaben

Kapitel 6 - Die Transportschicht

6.1 Dienste der Transportschicht

6.1.1 Dienste für die oberen Schichten

6.1.2 Dienstprimitive der Transportschicht

6.1.3 Berkeley-Sockets

6.1.4 Beispiel für Socket-Programmierung: Ein Internetdateiserver

6.2 Elemente von Transportprotokollen

6.2.1 Adressierung

6.2.2 Verbindungsaufbau

6.2.3 Freigabe von Verbindungen

6.2.4 Fehlerüberwachung und Flusskontrolle

6.2.5 Multiplexing

6.2.6 Systemwiederherstellung

6.3 Überlastungsüberwachung

6.3.1 Gewünschte Bandbreitenzuordnung

6.3.2 Regulierung der Senderate

6.3.3 Probleme mit der drahtlosen Übertragung

6.4 Internettransportprotokolle: UDP

6.4.1 Einführung in UDP

6.4.2 Entfernte Prozeduraufrufe

6.4.3 Echtzeittransportprotokolle

6.5 Internettransportprotokolle: TCP

6.5.1 Einführung in TCP

6.5.2 TCP-Dienstmodell

6.5.3 TCP-Protokoll

6.5.4 TCP-Header

6.5.5 Verbindungsaufbau in TCP

6.5.6 Verbindungsfreigabe in TCP

6.5.7 Modellierung der Verwaltung von TCP-Verbindungen

6.5.8 TCP-Schiebefenster

6.5.9 Verwaltung von Timern in TCP

6.5.10 TCP-Überlastungsüberwachung

6.5.11 Die Zukunft von TCP

6.6 Leistungsaspekte

6.6.1 Leistungsprobleme in Rechnernetzen

6.6.2 Messung der Netzwerkleistung

Inhaltsverzeichnis

6.6.3 Hostdesign für eine Optimierung der Leistung

6.6.4 Schnelle Segmentverarbeitung

6.6.5 Header-Komprimierung

6.6.6 Protokolle für Long Fat Networks

6.7 Verzögerungstolerante Netze

6.7.1 DTN-Architektur

6.7.2 Bündel-Protokoll

Zusammenfassung

Übungsaufgaben

Kapitel 7 - Die Anwendungsschicht

7.1 DNS – Domain Name System

7.1.1 DNS-Namensraum

7.1.2 Ressourcendatensätze

7.1.3 Nameserver

7.2 E-Mail

7.2.1 Architektur und Dienste

7.2.2 Benutzeragenten

7.2.3 Nachrichtenformate

7.2.4 Nachrichtenübertragung

7.3 World Wide Web

7.3.1 Übersicht über die Architektur

7.3.2 Statische Webdokumente

7.3.3 Dynamische Webseiten und Webanwendungen

7.3.4 HTTP – HyperText Transfer Protocol

7.3.5 Das mobile Web

7.3.6 Suchen im Web

7.4 Streaming Audio und Video

7.4.1 Digitales Audio

7.4.2 Digitales Video

7.4.3 Streaming von gespeicherten Medien

7.4.4 Streaming von Live-Medien

7.4.5 Echtzeitkonferenzen

7.5 Content Delivery

7.5.1 Content und Internetverkehr

7.5.2 Serverfarmen und Webproxys

7.5.3 Content-Delivery-Netze

7.5.4 Peer-to-Peer-Netze

Zusammenfassung

Übungsaufgaben

Kapitel 8 - Sicherheit in Netzen

Inhaltsverzeichnis

8.1 Kryptografie

- 8.1.1 Einführung in die Kryptografie
- 8.1.2 Substitutionschiffren
- 8.1.3 Transpositionschiffren
- 8.1.4 One-Time Pads
- 8.1.5 Zwei Grundprinzipien der Verschlüsselung

8.2 Algorithmen für die symmetrische Verschlüsselung

- 8.2.1 DES – Data Encryption Standard
- 8.2.2 AES – Advanced Encryption Standard
- 8.2.3 Chiffriermodi
- 8.2.4 Weitere Chiffren
- 8.2.5 Kryptoanalyse

8.3 Algorithmen für öffentliche Schlüssel

- 8.3.1 RSA
- 8.3.2 Weitere Algorithmen für öffentliche Schlüssel

8.4 Digitale Signaturen

- 8.4.1 Signaturen mit symmetrischen Schlüsseln
- 8.4.2 Signaturen mit öffentlichen Schlüsseln
- 8.4.3 Message Digests
- 8.4.4 Die Geburtstagsattacke

8.5 Verwaltung öffentlicher Schlüssel

- 8.5.1 Zertifikate
- 8.5.2 X.509
- 8.5.3 PKI – Infrastruktur für öffentliche Schlüssel

8.6 Kommunikationssicherheit

- 8.6.1 IPsec
- 8.6.2 Firewalls
- 8.6.3 Virtuelle private Netze
- 8.6.4 Drahtlose Sicherheit

8.7 Authentifizierungsprotokolle

- 8.7.1 Authentifizierung auf der Basis eines gemeinsamen geheimen Schlüssels
- 8.7.2 Einrichten eines gemeinsamen Schlüssels: Das Schlüsselaustauschprotokoll von Diffie und Hellman
- 8.7.3 Authentifizierung mithilfe eines Schlüsselverteilungszentrums
- 8.7.4 Authentifizierung mit Kerberos
- 8.7.5 Authentifizierung mithilfe öffentlicher Verschlüsselung

8.8 E-Mail-Sicherheit

- 8.8.1 PGP – Pretty Good Privacy
- 8.8.2 S/MIME

8.9 Sicherheit im Web

- 8.9.1 Bedrohungen der Sicherheit

Inhaltsverzeichnis

8.9.2 Sichere Namensvergabe

8.9.3 SSL – Secure Sockets Layer

8.9.4 Sicherheit bei mobilem Code

8.10 Soziale Themen

8.10.1 Datenschutz

8.10.2 Redefreiheit

8.10.3 Urheberrechte

Zusammenfassung

Übungsaufgaben

Kapitel 9 - Leseempfehlungen und Bibliografie

9.1 Empfehlungen für weiterführende Literatur

9.1.1 Einführung und allgemeine Werke

9.1.2 Bitübertragungsschicht

9.1.3 Sicherungsschicht

9.1.4 MAC-Teilschicht

9.1.5 Vermittlungsschicht

9.1.6 Transportschicht

9.1.7 Anwendungsschicht

9.1.8 Netzsicherheit

9.2 Alphabetische Bibliografie

Register

Numerics

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

Inhaltsverzeichnis

R
S
T
U
V
W
X
Z

Ins Internet: Weitere Infos zum Buch, Downloads, etc.

Copyright

Copyright

Daten, Texte, Design und Grafiken dieses eBooks, sowie die eventuell angebotenen eBook-Zusatzdaten sind urheberrechtlich geschützt. Dieses eBook stellen wir lediglich als **persönliche Einzelplatz-Lizenz** zur Verfügung!

Jede andere Verwendung dieses eBooks oder zugehöriger Materialien und Informationen, einschließlich

- der Reproduktion,
- der Weitergabe,
- des Weitervertriebs,
- der Platzierung im Internet, in Intranets, in Extranets,
- der Veränderung,
- des Weiterverkaufs und
- der Veröffentlichung

bedarf der **schriftlichen Genehmigung** des Verlags. Insbesondere ist die Entfernung oder Änderung des vom Verlag vergebenen Passwortschutzes ausdrücklich untersagt!

Bei Fragen zu diesem Thema wenden Sie sich bitte an: info@pearson.de

Zusatzdaten

Möglicherweise liegt dem gedruckten Buch eine CD-ROM mit Zusatzdaten bei. Die Zurverfügungstellung dieser Daten auf unseren Websites ist eine freiwillige Leistung des Verlags. **Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.**

Hinweis

Dieses und viele weitere eBooks können Sie rund um die Uhr und legal auf unserer Website herunterladen:

<http://ebooks.pearson.de>