8. Anwendungsschicht

8.1 Architektur der Anwendungsprotokolle im Internet

8.2 SMTP für elektronische Post

8.3 FTP für Dateitransfer

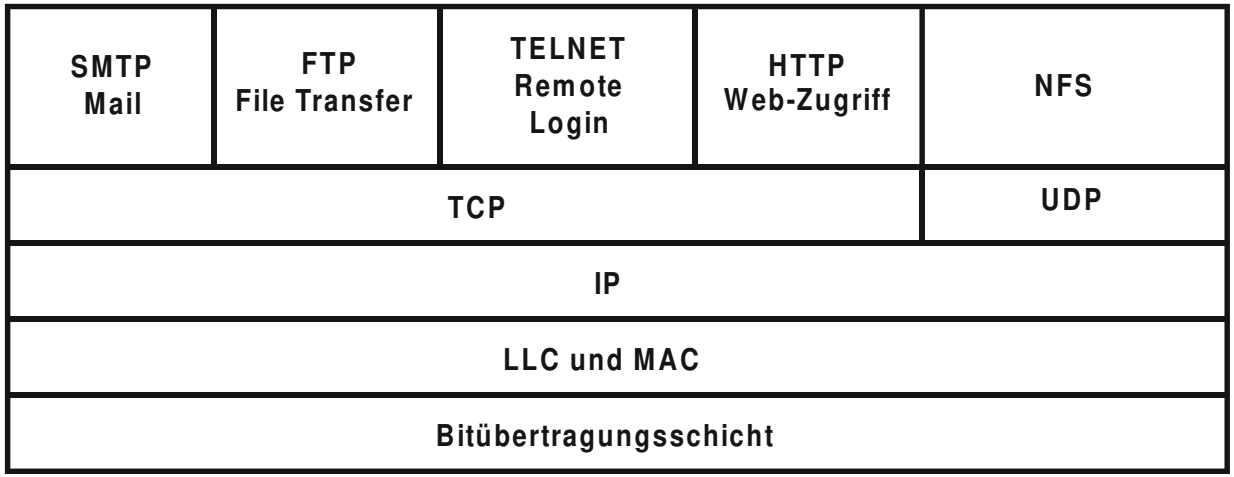
8.4 NFS für den Fernzugriff auf Dateien im Netz

8.5 TELNET für virtuelles Terminal (remote login)

8.6 HTTP für das World Wide Web

8.7 Telefondienste über IP

8.1 Architektur der Anwendungsprotokolle im Internet



SMTP	=	Simple Mail Transfer Protocol
FTP	=	File Transfer Protocol
TELNET	=	Remote Login Protocol
UDP	=	User Datagram Protocol
NFS	=	Network File System
TCP	=	Transmission Protocol
IP	=	Internet Protocol
LLC	=	Logical Link Control
MAC	=	Media Access Control

8.2 SMTP für elektronische Post

SMTP: Simple Mail Transfer Protocol (RFC 822)

- Electronic Mail im Internet
- Benutzt im Gegensatz zu X.400 von ITU-T eine direkte TCP-Verbindung zum Ziel-Host (kein Mail Forwarding in Schicht 7)
- TCP-Port: 25
- Beispiele für Protokollelemente:

HELO	Vorstellung
MAIL	Angabe des Absenders
RCPT	Angabe des Empfängers
DATA	Senden der Nachrichten
QUIT	Ende
VRFY	Verifizieren des Benutzernamens
EXPN	Angabe von Verteilerlisten

Funktionalität von SMTP

- Das SMTP-Protokoll sorgt nur für die Übertragung der Nachrichten, nicht aber für die Zwischenspeicherung oder Präsentation der Nachricht ("local matter")
- Die Mailer-Instanzen kommunizieren mittels lesbarem Text (ASCII); die PDUs enthalten keine binären Datenfelder
- Der Empfänger muss jede Meldung bestätigen
- Mehrere Nachrichten (mails) können nacheinander über eine TCP-Verbindung geschickt werden, wenn die Empfänger auf demselben Host sind
- Weiterleitung von Nachrichten (forwarding) bei einer Adressenänderung des Benutzers möglich

Beispiel-Interaktion mit SMTP

```
R:    220 Beta.GOV Simple Mail Transfer Service
      Ready
S:    HELO Alpha.EDU
R:    250 Beta.GOV

S:    MAIL FROM:<Smith@Slphs.EDU>
R:    250 OK

S:    RCPT TO:<Green@Beta.GOV>
R:    550 No such user here

S:    RCPT TO:<Brown@Beta.GOV>
R:    250 OK

S:    DATA
R:    354 Start mail input; end with
      <CR>LF>.<CR><LF>
S:    ...sends body of mail message...
S:    ...continues for as many lines as message
      contains
S:    <CR><LF>.<CR><LF>
R:    250 OK

S:    QUIT
R:    221 Beta.GOV Service closing transmission
      channel
```

MIME

MIME (Multimedia Internet Mail Extension)

Die frühen Mail-Standards sahen nur die Übertragung von Textströmen vor, gedacht für menschliche Leser. In den ersten Jahren sogar nur 7-Bit-US-ASCII! Zur Übertragung von Binärdateien musste stets ftp verwendet werden.

Die MIME-Codierung dient dazu, beliebige Binärdaten in einen ASCII-Datenstrom zu konvertieren, der dann problemlos alle Mail-Systeme und Mail-Gateways passiert. Dies ist vor allem für Mail-Attachmemts (Anlagen) gebräuchlich. Für verschiedene Arten von Binärdateien werden dazu MIME-Typen fest gelegt, die die Codierungsregeln definieren. Eine MIME-Mail kann viele „body parts“ haben mit jeweils verschiedenen MIME-Typen.

8.3 FTP für Dateitransfer

ftp (file transfer protocol)

tftp (trivial file transfer protocol)

Funktionen von FTP

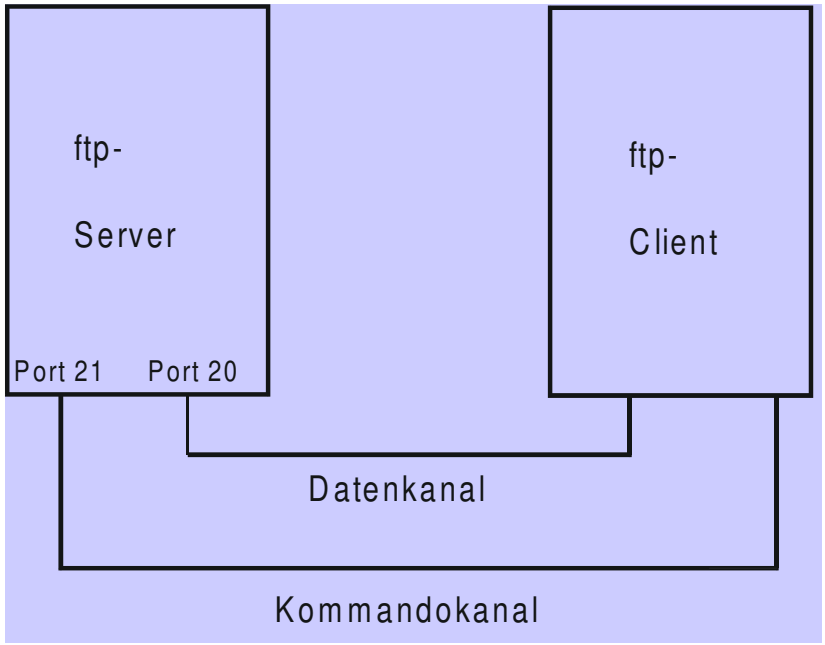
- Senden, Empfangen, Löschen und Umbenennen von Dateien
- Einrichten und Löschen von Verzeichnissen
- Wechsel des aktuellen Verzeichnisses.

Die Dateiübertragung kann in binärem oder ASCII-Modus erfolgen.

Im binären Modus (auch "image file type" genannt) wird der Bitstrom aus dem Speicher des Senders ausgelesen und unverändert übertragen.

Im ASCII-Modus geht ftp davon aus, dass nur alphanumerische Zeichen übertragen werden sollen. Als Transfercodierung wird ASCII gewählt; wenn der Sender oder der Empfänger eine andere lokale Darstellung hat, wird umcodiert. Im Transfer wird ein Zeilenende als <CR><LF> codiert; wenn der Sender oder der Empfänger eine andere lokale Darstellung dafür hat, wird auch hier umcodiert. Der ASCII-Modus implementiert also eine minimale Funktionalität der Darstellungsschicht für Textdateien.

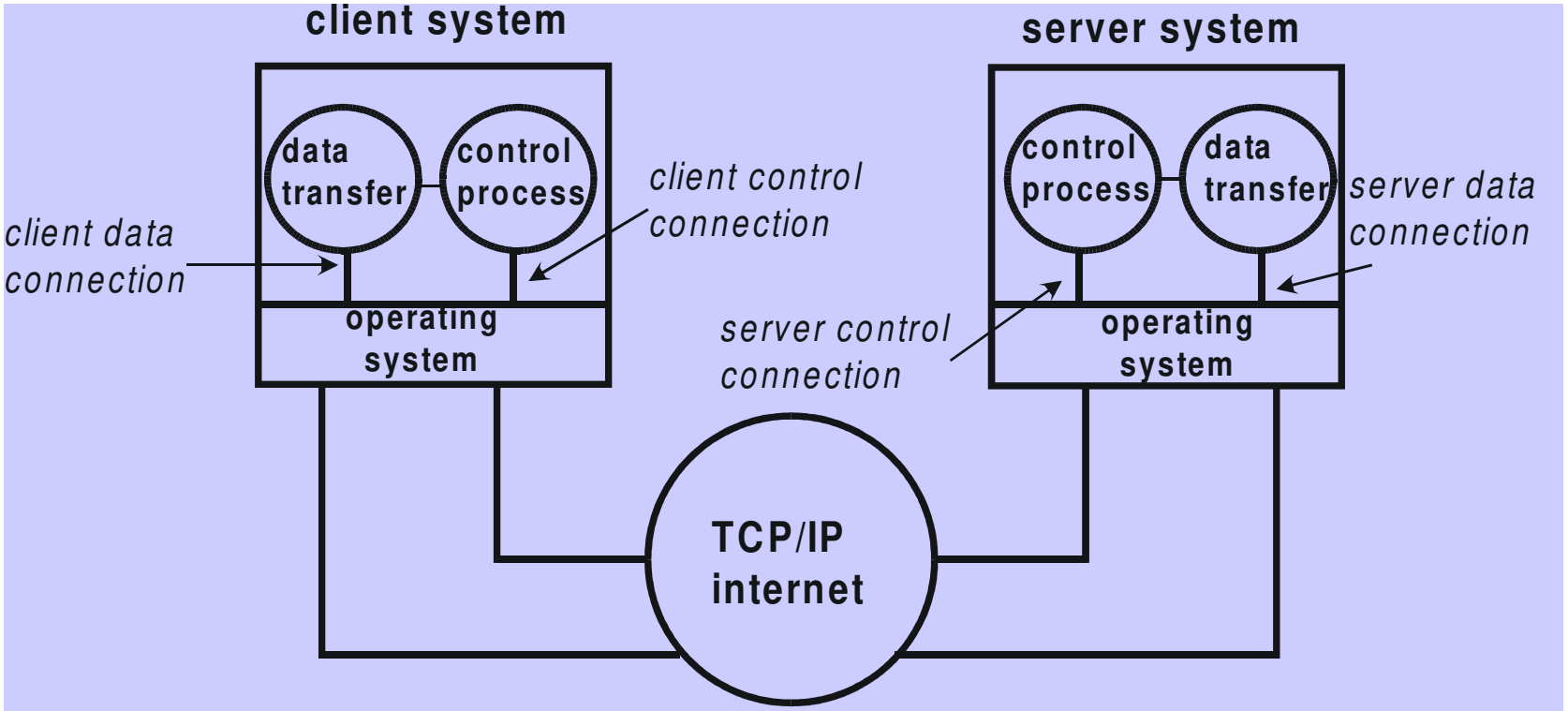
Grundlagen von FTP



- Die Kommandos von FTP werden als vierbuchstabige Zeichenfolge plus Optionen übertragen (z. B. PASS xyz für das Passwort)
- Als Antwort wird eine Folge von drei Ziffern geliefert, die Erste davon gibt über den Typ der Antwort Auskunft (1,2,3 => kein Fehler, 4,5 => Fehler usw.)

Architektur von FTP (1)

Der ftp-Client läuft als Programm im Adressraum des Benutzers. Es gibt keine Integration in das lokale Dateisystem.



Architektur von FTP (2)

- Separate TCP-Verbindungen für Kontrollprotokoll und Daten
- Authentifizierung (Passwort) beim Aufbau der Kontrollverbindung
- Verzeichnis-Operationen möglich (ls, cd, rm, ...)
- put und get zum Übertragen der Dateien
- help-Funktionen

8.4 NFS für den Fernzugriff auf Dateien im Netz

Geschichte

1984: Ankündigung

1985: Erstes Produkt auf einer SUN

1986: Portierung für System-V-release-2

1986: NFS 3.0: (verbessertes YP) und PC-NFS

1987: NFS 3.2: File-Locking

1989: NFS 4.0: Verschlüsselung

1989: Lizensierung durch 260 Hersteller

Merkmale von NFS

- Transparenter Zugriff auf Dateien in entfernten Dateisystemen
- Integriert in das Betriebssystem/Dateisystem
- Client / Server-Modell
- Entwickelt seit 1985 von SUN
- Standard auf allen UNIX-Rechnern
- Auch für Windows und Großrechner-Betriebssysteme verfügbar
- Offenes System (Spezifikation ist öffentlich)
- Portierung ist einfach
- Referenzimplementierung ist öffentlich
- Import / Export von Verzeichnissen
- Kommunikation über UDP, also verbindungslos
- Keine Darstellungsdienste, nur Lesen und Schreiben von Byte-Strömen!

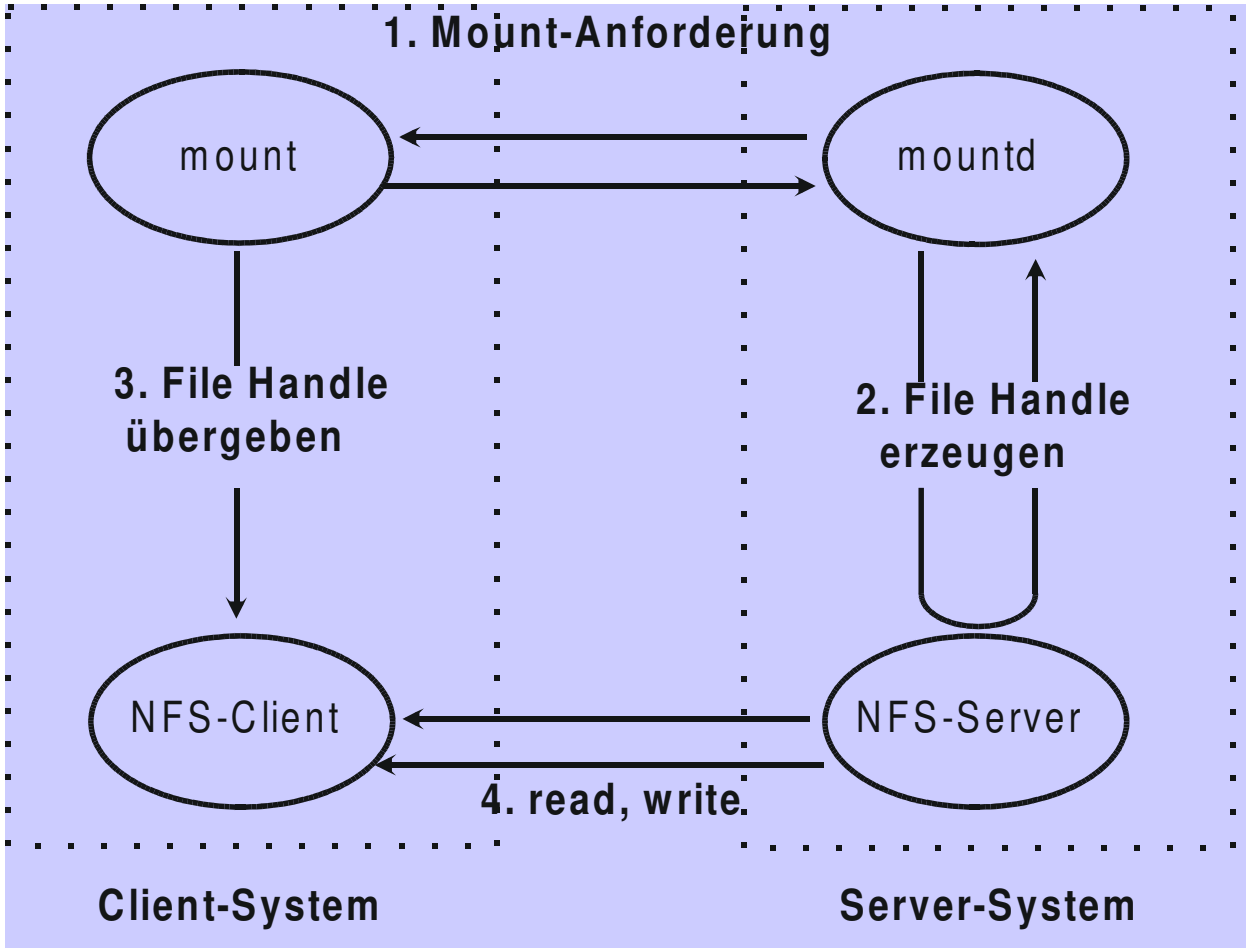
Mounting

Das NFS-Protokoll ist lediglich ein Protokoll für den Dateizugriff (Lesen und Schreiben). Das Bereitstellen von entfernten Verzeichnissen / Dateien geschieht durch das mount-Protokoll.

mount verbindet ein entferntes Dateisystem mit einem lokalen Verzeichnis, d. h. der gesamte entfernte
Dateibaum wird in das bisherige Verzeichnis eingehängt. Danach kann über NFS auf die entfernten Dateien wie auf lokale Dateien zugegriffen werden.

mount und NFS sind getrennte Protokolle, mount bzw. mountd stellen lediglich einige Informationen für NFS bzw. nfsd zur Verfügung (z. B. Rechnernamen und Pfad).

NFS-Protokoll und MOUNT-Protokoll (1)



NFS-Protokoll und MOUNT-Protokoll (2)

mountd und nfsd (demons im Unix-Sinne) werden beim Hochfahren des Servers automatisch gestartet. nfsd aktiviert den NFS-Server-Code im Betriebssystem.

Beim MOUNT-Vorgang wird auf der Server-Seite ein "File Handle" (eindeutiger Dateisystem-Kontrollblock) erzeugt und an den Client zurückgegeben. Der NFS-Client verwendet diesen bei allen späteren Zugriffen auf den entfernten Verzeichnis(-teil)-Baum.

Lock-Manager

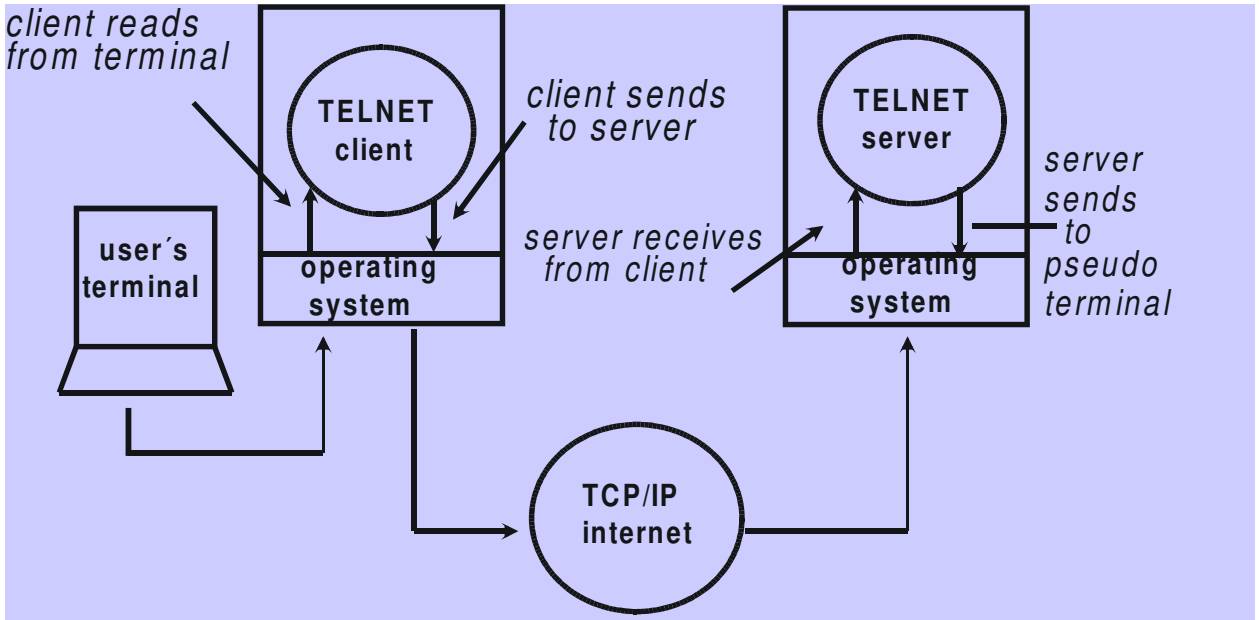
Problem

Gleichzeitiger Schreibzugriff durch mehrere entfernte NFS-Clients

- Der Lock-Manager ermöglicht das Sperren von Dateien
- Dienst parallel zu NFS (lockd)
- Keine Deadlock-Erkennung!

8.5 TELNET für virtuelles Terminal (remote login)

- Virtuelles Terminal auf einem entfernten Rechner
- Alphanumerisch, full screen mit Scrolling, Blinken etc. Aber nicht grafikfähig wie X. 11
- Setzt auf TCP auf



TCP-Verbindung zwischen Client und Server

8.6 HTTP für das World Wide Web

HTTP - Hypertext Transfer Protocol

- Einfaches request/response- Protokoll zwischen Web Client und Web Server, alle PDUs im ASCII-Format
- Minimale Transaktionsbelastung des Servers: **zustandsloses Protokoll**
- In HTTP 1.0 wird für jedes einzelne Dokument eine Verbindung aufgebaut und wieder geschlossen, der Serverprozess belegt dann keine Ressourcen mehr.
- Caching von DNS-Informationen (Client Caching)
- Übertragung über ein zuverlässiges Transportprotokoll, typischerweise TCP, andere Protokolle möglich

HTTP - Geschichte

Geschichte

- 1989: HTTP 0.9 ausschließlich für Hypertext konzipiert
- 1990: HTTP 1.0 Übertragung beliebiger Datenformate
- 7/1993: HTTP Internet Draft, erste Fassung
- 1996: HTTP 1.0 siebte Fassung
- 04/1999: HTTP 1.1 Internet Draft, läuft stabil

HTTP - Transaktion

1. Verbindungsaufbau

- WWW-Client baut eine TCP/IP-Verbindung zum WWW-Server auf
- TCP-Port: 80

2. Anforderungen (Request)

- Client sendet Requests über die aufgebaute Verbindung (zum Beispiel GET, PUT, POST)

3. Antwort (Response)

- Reaktionen des Servers auf Request, z. B. angefordertes Dokument
- Code über Status des Requests

4. Verbindungsabbau

- nach Abschluss der Übertragung Beenden der Verbindung durch den Server

Beispiel: ASCII-Kommunikation von HTTP

	bash$ telnet numalfix 80	
	Trying...	
	Connected to numalfix.wifo.uni-mannheim.de	*Leerzeile*
	Escape character is '^]'.	
Client:	**GET /index.html HTTP/1.0**	
Request	**Accept: image/gif**	*Methode*
Server:	HTTP/1.0 200 Document follows	
Response	Date: Sun, 09 Jun 1996 13:13:09 GMT	*Dokument-kopf*
	Server: NCSA/1.5	
	Content-type: text/html	
	Last-modified: Thu, 30 May 1996 10:42:31 GMT	
	Content-length: 1751	
	<html><head><title>BWL-Hauptseite</title><head>	
	<body>	
	...	
	<IMG SRC=/images/unilogo.gif...	
	<IMG SRC=/images/FakBWL2.gif...	
	<IMG SRC=/images/ball.red.gif...	
	...	

Auszug aus dem Access-Log des WWW-Servers

obelix.wifo.uni-mannheim.de - - [Datum] "GET/index.html HTTP/1.0" 200

obelix.wifo.uni-mannheim.de - - [Datum] "GET/images/neu2.gif HTTP/1.0" 200

obelix.wifo.uni-mannheim.de - - [Datum] "GET/images/FakBWL2.gif HTTP/1.0" 200

obelix.wifo.uni-mannheim.de - - [Datum] "GET/images/unilogo.gif HTTP/1.0" 200

obelix.wifo.uni-mannheim.de - - [Datum] "GET/images/ball.red.gif HTTP/1.0" 200

obelix.wifo.uni-mannheim.de - - [Datum] "GET/images/ball.green.gif HTTP/1.0" 200

obelix.wifo.uni-mannheim.de - - [Datum] "GET/images/minfo.gif HTTP/1.0" 200

obelix.wifo.uni-mannheim.de - - [Datum] "GET/images/minfo.gif HTTP/1.0" 200

obelix.wifo.uni-mannheim.de - - [Datum] "GET/images/mup.gif HTTP/1.0"304

Verbesserungen

- TCP-Verbindung halten, wenn mehrere Dateien vom selben Server zu holen sind (möglich ab HTTP 1.1)
- Aufbau mehrerer paralleler TCP-Verbindungen zum selben Server zur Beschleunigung der Datenübertragung

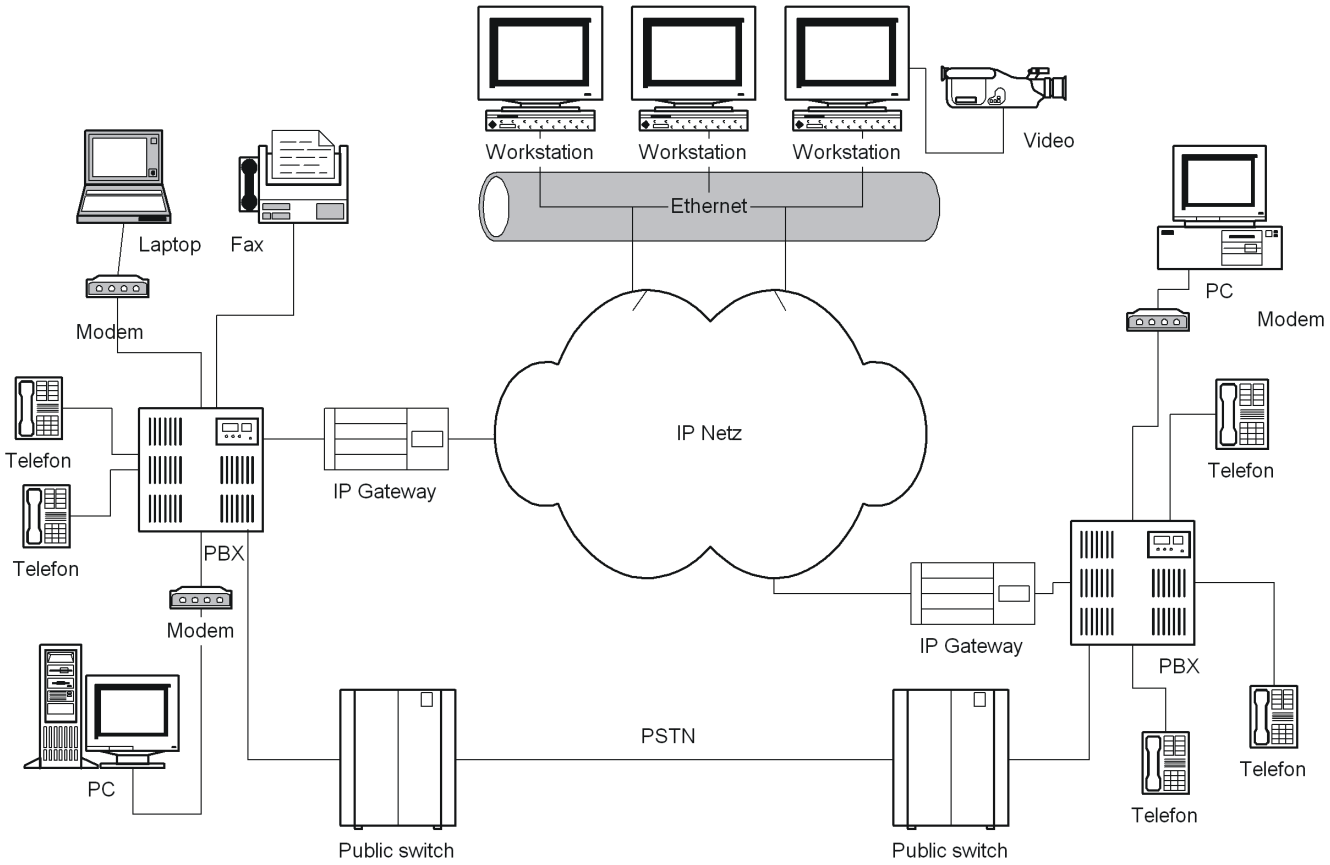
8.7 Telefondienste über IP*

Grundlagen und Protokolle

- Effiziente Realisierung, da Paketvermittlung mit IP weniger Overhead und mehr Flexibilität bringt
- Mehr Funktionalität als herkömmliche Telefonie im leitungsvermittelten Telefonnetz (PSTN)
- Ziel: Multimediakommunikation und intelligente Dienste in IP-basierten Netzen.

*Ich danke Robert Denda und Dr. Andreas Grebe für die Überlassung von Folien für Kapitel 8.7

Architektur



Gründe für IP-Telefonie (1)

- Herkömmliches Telefonnetz: verbindungsorientiert, leitungsvermittelt, aufwendige Vermittlungsanlagen (PBXs)
- IP-Telefonie:
  - paketvermittelt, statistischer Multiplexeffekt, „einfache“ Router
  - geringere Bandbreite durch Audiokompression (z. B. G.723.1 nur 5,3-6,3 kBit/s gegenüber beispielsweise 64 kbit/s PCM bei ISDN)
- Flexibilität bei der Signalisierung
- Integration von Multimedia
- Erweiterbarkeit um intelligente Netzwerkdienste (Anrufweiterleitung, Anklopfen, Mehrpunkt-Verbindungen)
- Skalierbarkeit der Kommunikationsdienstgüte
- Endgerätevielfalt: PCs, IP-Telefone, Fax, etc.
- Nutzung bestehender Datennetze

Gründe für IP-Telefonie (2)

Motivation für den Anwender:

- Kostenvorteile
- PC-Integration ist oft praktisch

Anforderungen an IP-Telefonie (1)

Hauptproblem: Dienstgüte

- **Verzögerung** (Delay):
  Experimentell gemessene Verzögerungen:
  - Codierungs-/Decodierungsverzögerung:
    ca. 30 ms (G.729A) - 82 ms (G.723.1)
  - Netzwerkverzögerung (Übertragung, Routing, etc.):
    Gateway-Gateway: 30 - 100 ms
    PC-PC: 50 - 140 ms
  - Zugriffsverzögerung (Betriebssystem, Sound-und Videokarten, DSPs, ...):
    Gateway-Gateway: 40 - 80 ms
    PC-PC: 100 - 340 ms
    Aber: menschliches Ohr diesbezüglich sehr sensibel, wünschenswertes Delay: < 100 ms
- **Paketverlust**: FEC erforderlich, erhöht Verzögerung und Datenrate
- **Multicast**: Heterogenität der Teilnehmer, Dynamic Join-and-Leave erfordern aktive, adaptive QoS-Mechanismen im Netz

Anforderungen an IP-Telefonie (2)

Weitere Probleme

- Crosstalk, Echo, Rauschen (wie bei POTS)
- Leitwegänderungen
- QoS-basierte Gebühren etc.

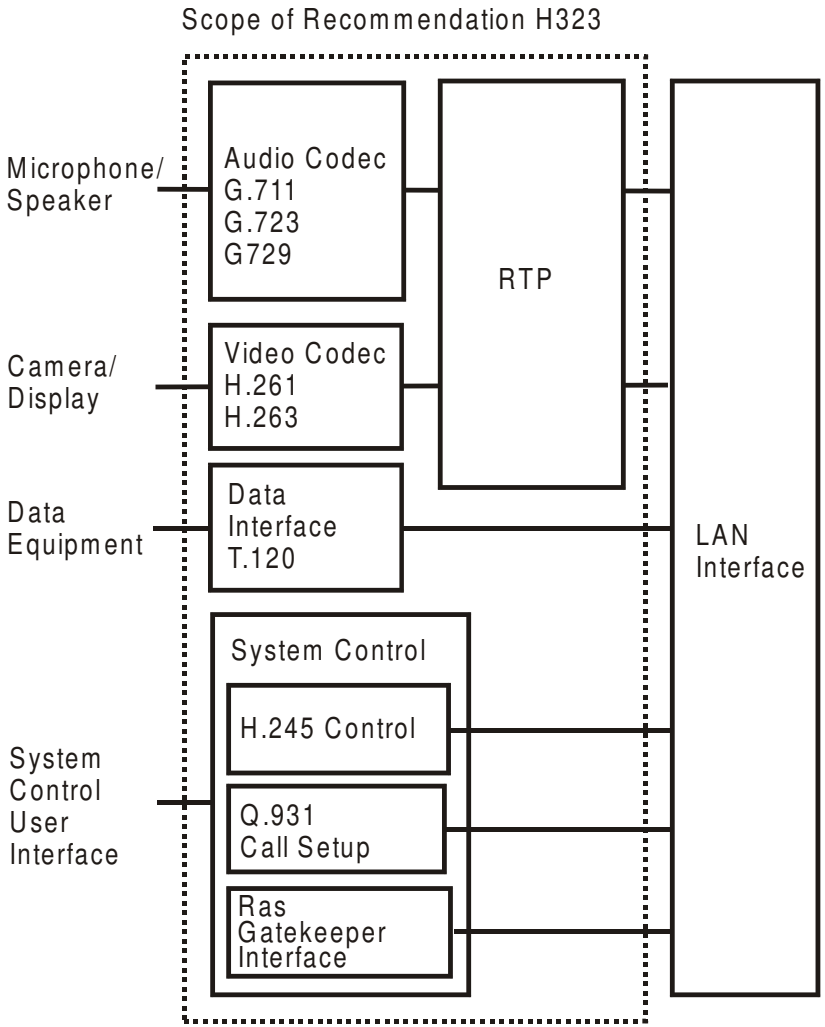
- Intelligente Dienste
  - „Standard“ IN/AIN-Dienste: Anklopfen, Anrufbeantworter im Netz etc.
  - Neue intelligente Dienste:
    Directory-Dienste
    WWW-Schnittstellen etc.

- Signalisierung
  - Leichtgewichtige Signalisierung (Internet vs. IN/AIN)
  - neue Medien, erweiterte Dienste, Charging
    erfordern neue Signalisierungsmechanismen

Anforderungen an IP-Telefonie (3)

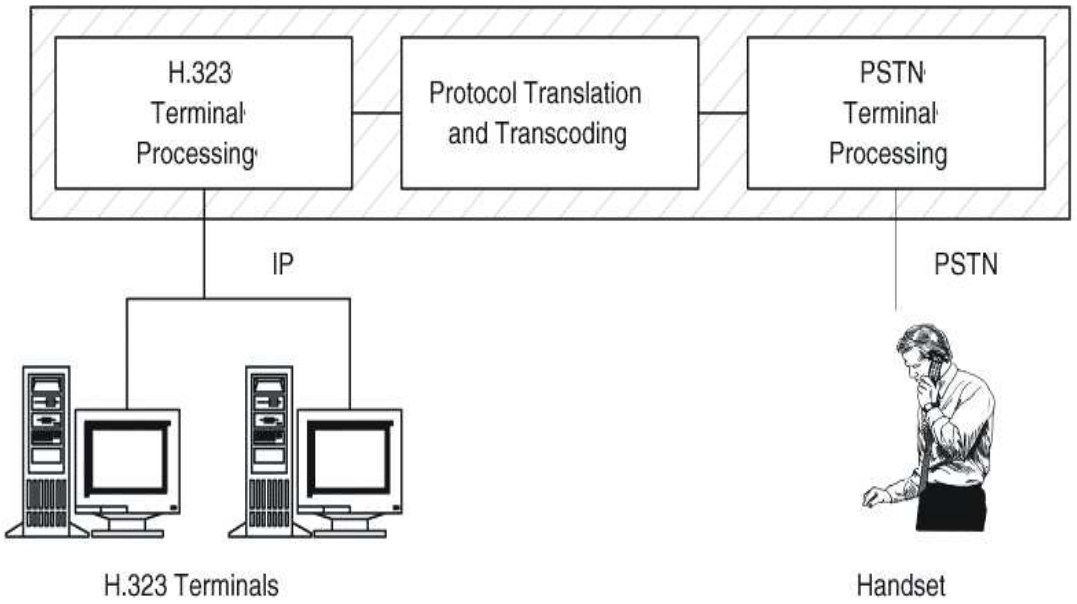
- Mobilität, Interworking
  - Interworking of LAN, ATM, breitbandige Zugangsnetze, Wireless LAN/WAN
- Sicherheit
- Abrechnungssystem (charging, accounting)

IP-Telefonie-Standard: ITU Recommendation H.323



H.323 (1)

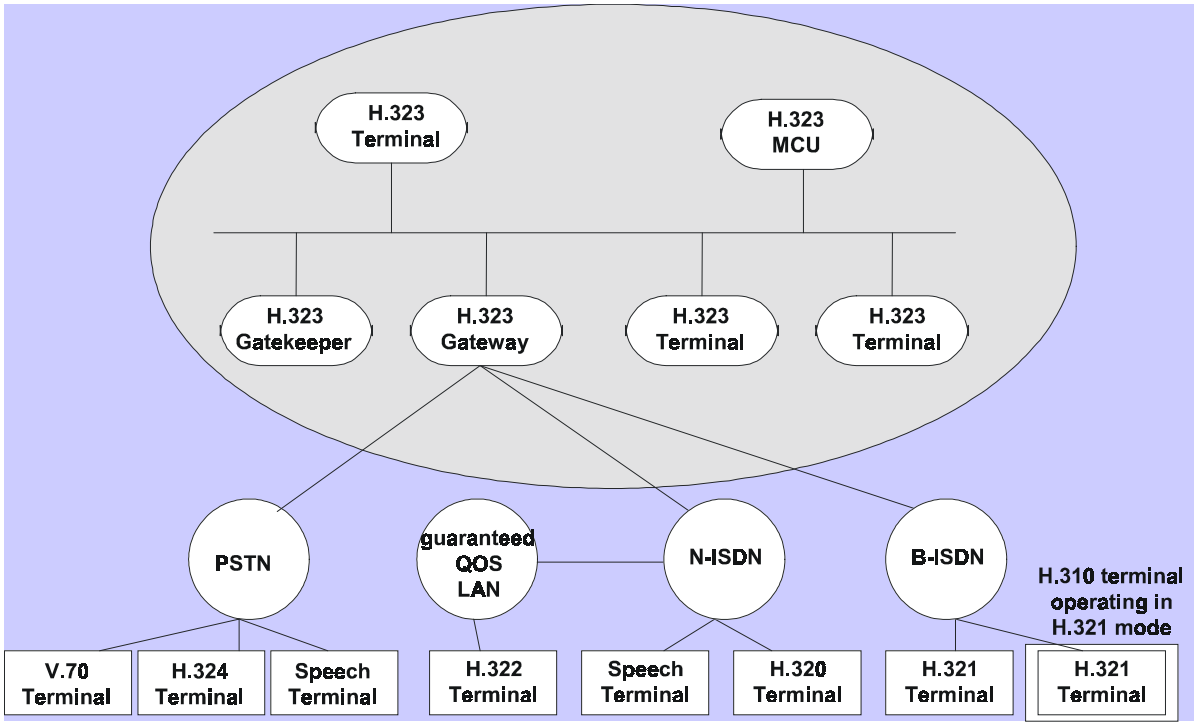
Version 1 von H.323 wurde von der ITU-T 1996 verabschiedet, Version 2 im Januar 1998. Version 3 ist geplant. H.323 wird von den meisten Produkten für Voice-over-IP (VOIP) unterstützt und schließt sowohl herkömmliche Telefongeräte als auch PCs ein.



H.323 (2)

H.323 umfasst Call Control, Multimedia- und Bandbreitenmanagement und definiert die Schnittstellen zwischen LANs und anderen Netzen.

Protokolle für IP-Telefonie (1)



MCU= Multipoint Control Unit

N-ISDN= Narrowband ISDN

B-ISDN= Broadband ISDN

Protokolle für IP-Telefonie (2)

Signalisierungsprotokolle

- Control Protocol for Multimedia Communication (H.245): Ende-zu-Ende-Signalisierung, sehr komplex
- Session Initiation Protocol (SIP): einfaches textbasiertes Signalisierungsprotokoll für Internetkonferenzen und -telefonie, unterstützt u.a. transparente Abbildung von Namen auf Adressen und Rufumleitung
- Digital Subscriber Signalling System No.1 (DSS1 Q.931), Q.93B, Q.932: ISDN-Signalisierung
- RSVP – Resource ReSerVation Protocol: Empfänger-orientiertes Protokoll zur QoS- und Bandbreitenreservierung. Hat sich im Internet nicht durchgesetzt.

Protokolle für IP-Telefonie (3)

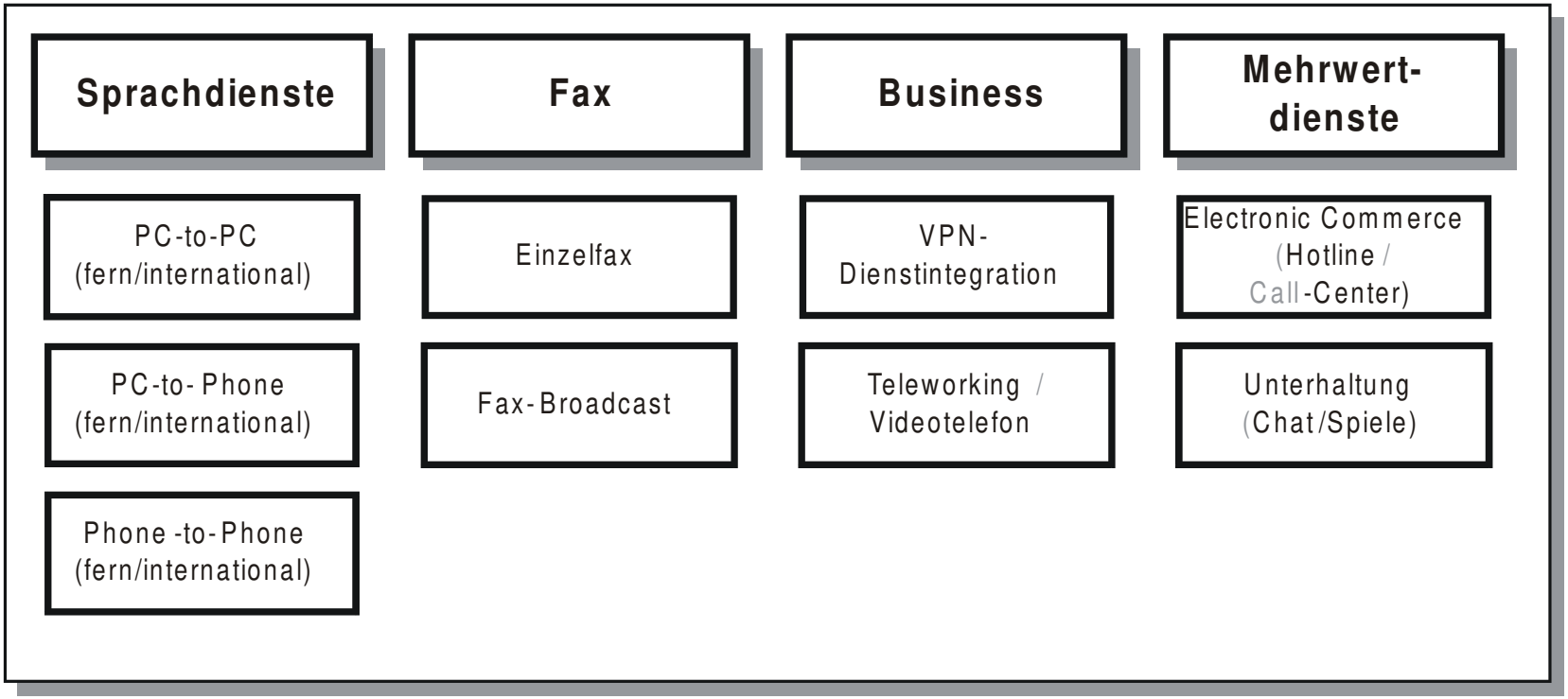
Medienstrom-Kontrollprotokolle

- Real Time Protocol (RTP) / Real Time Control Protocol (RTCP): ein Internet-Protokoll. Unterstützt Multimediakommunikation in Echtzeit. Profile werden definiert für verschiedene Payload-Typen (z. B. MPEG-1, H.263)
- Real Time Streaming Protocol (RTSP): erlaubt bidirektionale Übertragung basierend auf RTP, beinhaltet Sicherheitsmechanismen

„Intelligent Network“ (IN, aus der Telefonie)

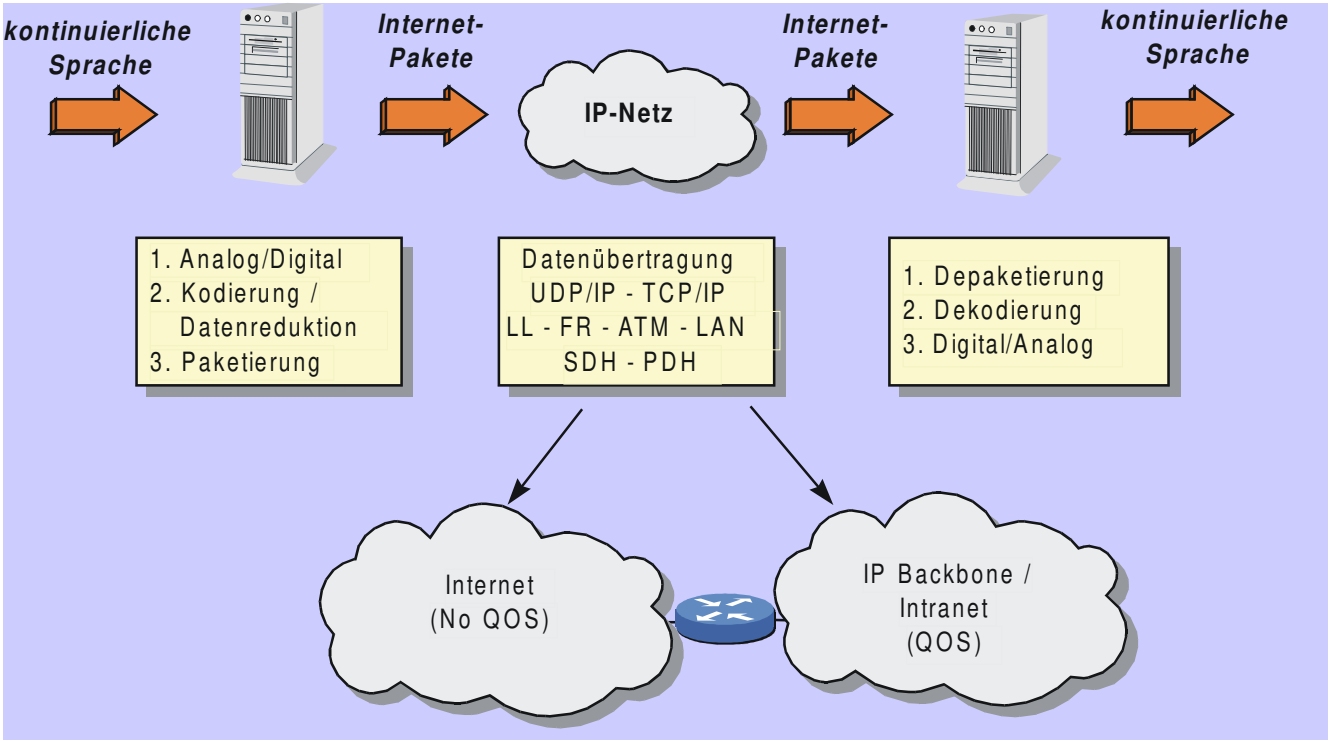
- PSTN: Intelligent Network (IN), Advanced Intelligent Network (AIN)
- IP-Telefonie: Telecommunication Information Networking Architecture (TINA)
- Bereich aktueller Forschung: Nutzung moderner verteilter Systeme (CORBA, Java RMI, DCOM), aktiver Netze und mobiler Agenten zur Implementierung von Netzwerkintelligenz

Voice-over-IP (VOIP)



- VOIP-Dienste sind Mehrwertdienste für Internet-Dienstanbieter
- Mittelfristig: Dienstekopplung IP-PSTN als Regeldienst?

Prinzip von Voice-over-IP (VOIP)



- VOIP heute: nutzbar, einige kommerzielle Dienste, setzt auf Standard-IP auf ("best effort")
- VOIP morgen: gute Qualität (QoS), internationale Dienste/Allianzen?

Sprachcodierung (1)

IP-Telefonie: Sprachcodierer mit relativ guter Qualität bei sehr niedriger Bitrate (z. B. GSM 06.10 mit 13,2 kbit/s oder G.723.1 mit 5.3 kbit/s - 6.3 kbit/s).

Verwendete Verfahren basieren meist auf **Linear Predictive Coding (LPC)**: Für jeden Rahmen von Sprachsamples s[i] werden p Gewichte lpc[0], .. , lpc[p-1] berechnet, so dass gilt:

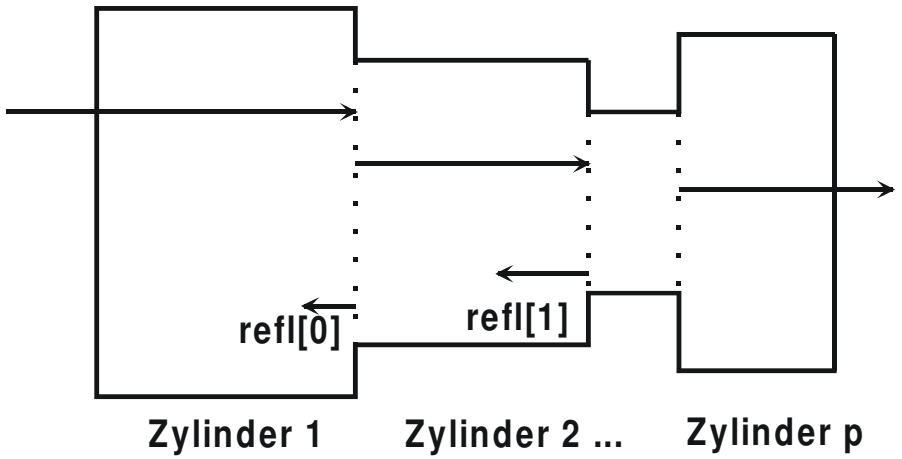
s[i] wird möglichst gut durch

lpc[0] * s[i-1] + lpc[1] * s[i-2] + ... + lpc[p-1] * s[i-p]

angenähert. Übliche Werte für p sind 8 oder 14.

Sprachcodierung (2)

Bei LPC modelliert man das menschliche Sprachorgan als System von miteinander verbundenen, verschieden großen Zylindern:



Codierungsmodell

Akustische Wellen durchlaufen ein System von Zylindern, werden an Übergängen von Zylindern mit unterschiedlichem Durchmesser teilweise reflektiert und interferieren somit mit nachfolgenden Wellen. Die Reflektionsrate wird durch die Reflektionskoeffizienten

refl[0], ..., refl[p-1]

repräsentiert. Diese entsprechen nahezu den lpc-Koeffizienten.

Codierung:

Für jeden Rahmen:

- Berechnung der lpc/refl-Koeffizienten.
- Ein synthetisch generiertes Signal dient als Eingabe des Modells und ergibt synthetische Sprache.
- Unterschiede ε_i zwischen synthetischer Sprache und Samples werden kodiert (ε_i klein bei stimmhaften Phonemen); lpc/refl-Koeffizienten werden kodiert.

Beispiel: G.723

G.723.1

Adaptiver CELP-Codierer (CELP = Code Excited Linear Predictor)

CELP: Die ε_i werden als Indizes in ein Codebook kodiert.

ACELP: wie CELP, aber Codebook adaptiv

GSM 06.10: Regular Pulse Excitation – Long Term Prediction (RPE-LTP)

Vergleich verschiedener VOIP-Codecs

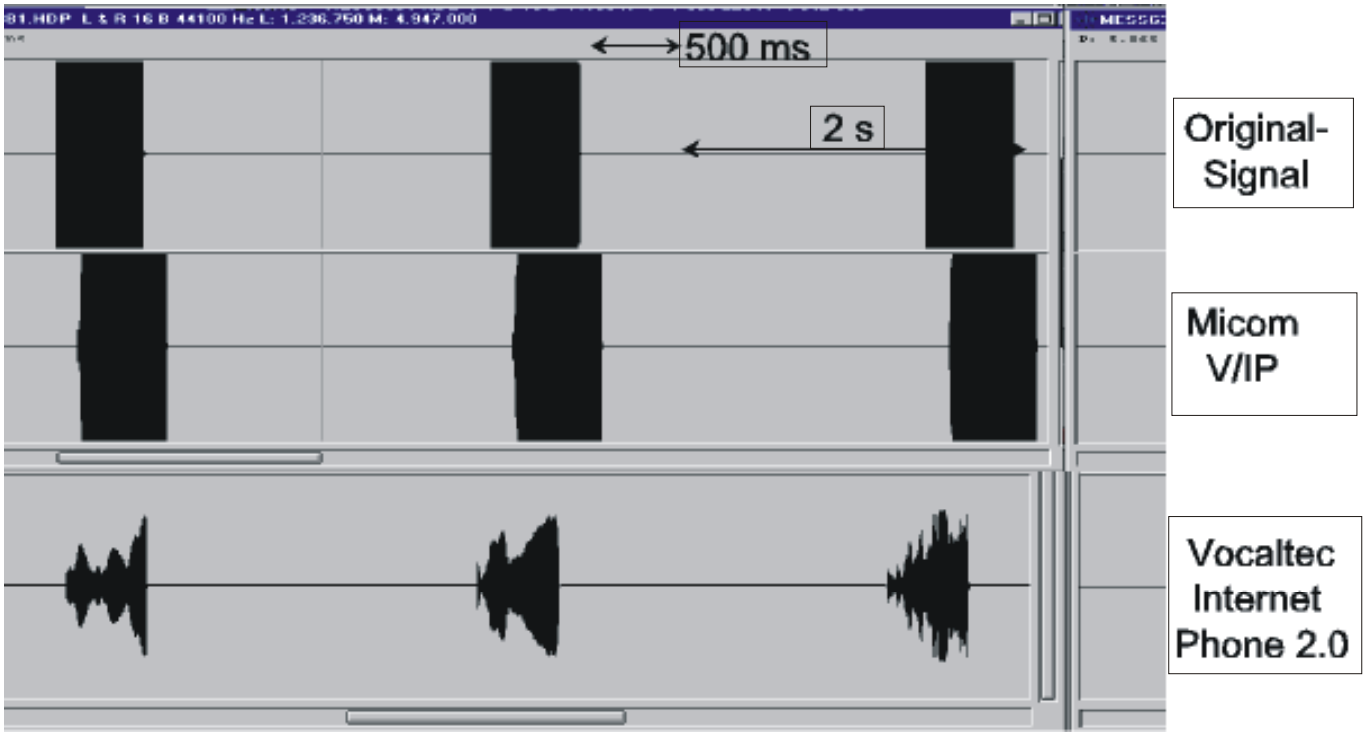
Codec	Technik	Bitrate	Qualität (MOS)	Standard	Einsatz	Codier-Delay	Leistungs-verbrauch (100 MHz Pentium)
G.711	PCM	64 kbit/s	4,0	H.323	ISDN	< 1 ms	< 1%
G.723.1	ACELP MP-MLQ	5,3 kbit/s 6,3 kbit/s	3,88 3,88	H.324/H.323	PSTN Videotelefon Voice over IP	97,5 ms 97,5 ms	35-49% 35-49%
G.728	LD-CELP	16 kbit/s	3,93	H.323	Voice over IP	3 ms	ca. 65%
G.729	CS-ACEL	8 kbit/s	3,90	H.323	Voice over IP Frame Relay ATM	35 ms	ca. 50%
GSM 6.10	RELP	13 kbit/s	3,80 at 0% errors	not included in H.323	Mobil	ca. 40 ms	real-time coding at 486PC 66MHz
Lucent SX7300P	CS-ACEL	7,3 kbit/s	3,88	not included in H.323	Voice over IP	35 ms	ca. 13,5%

Mean Opinion Score (MOS): Befragung von Testpersonen

>3.8 akzeptabel

>4.0 sehr gute Qualität

Verzerrungen der VOIP-Codecs



- Codecs zeigen stark variierende Verzerrungscharakteristika
- Psycho-akustische Codecs zeigen deutlich stärkere Verzerrungen
- Mean Opinion Score (MOS) in beiden Fällen akzeptabel