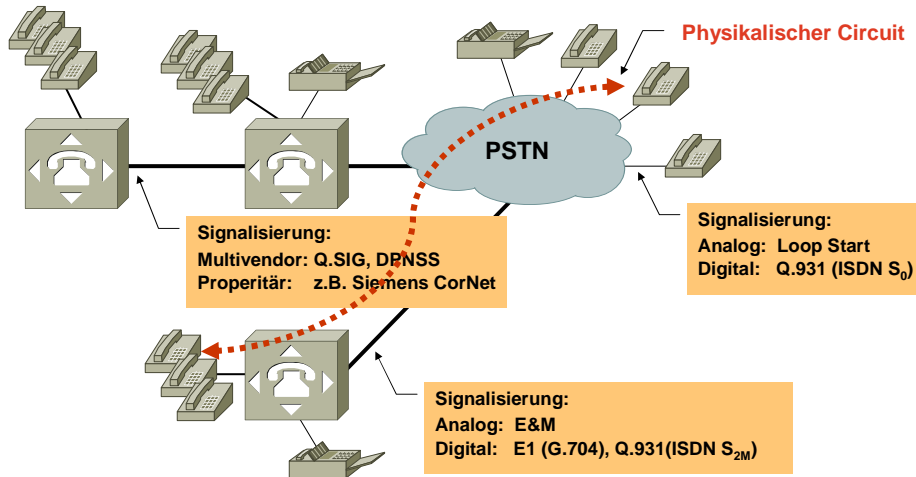


Signalisierung im PSTN meistens SS7.

Traditionelles Telefonnetzwerk

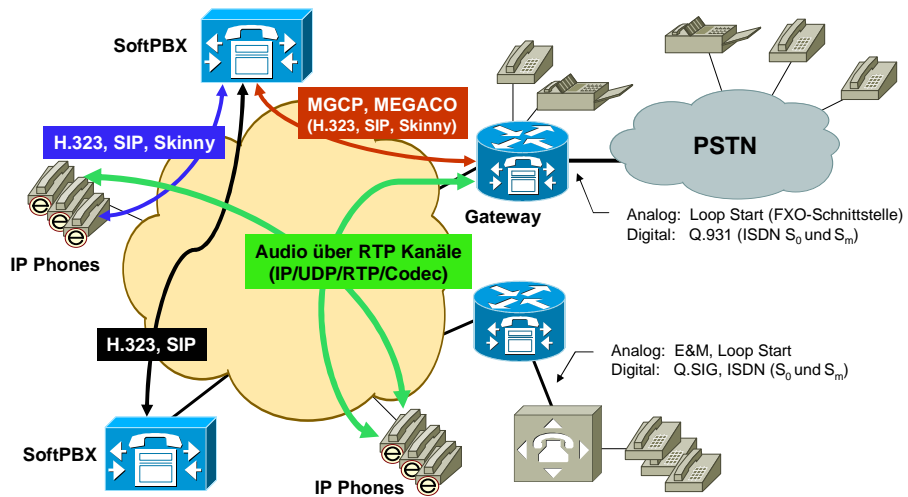


Einführung in Voice over IP 1

Andreas Aurand

COMPAQ

"Voice over IP"-Netzwerk



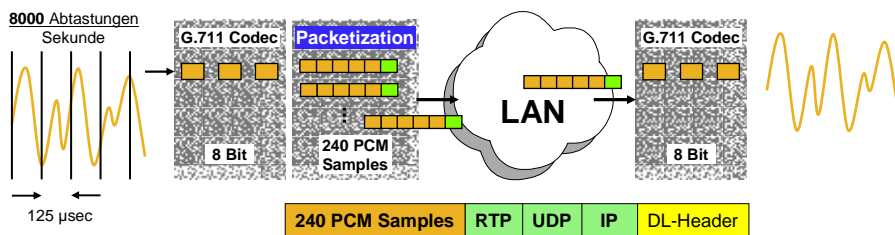
Einführung in Voice over IP 2

Andreas Aurand

Audioübertragung in einem IP-Netzwerk

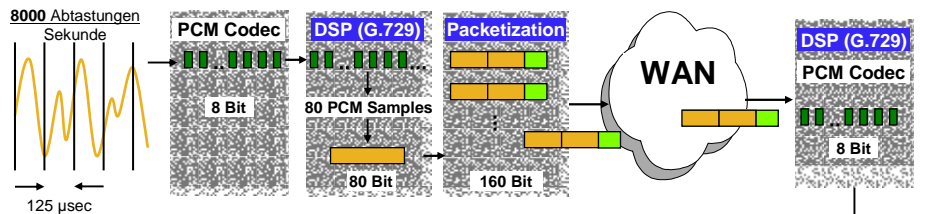
Die digital kodierten Audiosignale werden über **RTP-Kanäle** zwischen den Geräten übertragen.
(Real Time Protocol, RFC 1889)

Sprachübertragung in IP-Netzen (LAN)



- Bei LAN-Verbindungen keine Komprimierung der PCM Samples
 - Es wird ein **Audiostrom von 64 Kbps** erzeugt
 - Cisco Wideband Audio (16 kHz Samples mit 16 Bit = 252 Kbps)
 - Cisco IP Telefone: **240 PCM Frames** pro RTP Paket
 - Alle 30 mSek ein Paket (33 Pakete/Sekunde)
 - IOS Router: **160 PCM Frames** pro RTP Paket
 - Alle 20 mSek ein Paket (50 Pakete/Sekunde)

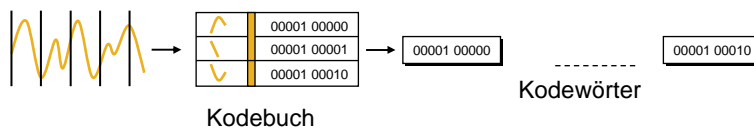
Sprachübertragung in IP-Netzen (WAN)



- **DSP (Digital Signalling Processor)** komprimiert PCM Samples
 - Sehr hohe CPU-Belastung, spezielle DSP-Hardware notwendig
 - G.729 (CS-ACELP) **8 Kbps Audiostrom**
 - G.723.1 (ACELP) **5.3 Kbps Audiostrom**
- **Packetization:** Einbinden der DSP Frames in ein RTP-Paket
 - **Overhead von 40 Byte** (20 Byte IP Header, 8 Byte UDP, 12 Byte RTP)
 - Bei **Compressed RTP** (RFC 2508) nur noch 2 bzw. 4 Byte Overhead

G.729 (CS-ACELP) DSP Codec

- **10 PCM 8 Bit Samples** werden über ein **10 Bit Kodewort** dargestellt
 - Die Übertragungsrate reduziert sich um **1/8** auf **8 Kbps**



- Jeweils **8 Kodewörter** werden zu einem DSP Frame zusammengefaßt
 - Alle **10 mSek** wird ein CS-ACELP Frames mit **10 Byte** generiert
 - $8 \times 10 \text{ PCM Samples} \times 125 \mu\text{sec} = 10 \text{ mSek}$
 - Cisco IP Telephone: **Drei DSP-Frames** pro RTP Paket
 - Alle 30 mSek ein Paket (33 Pakete/Sekunde)
 - IOS Router: **Zwei DSP-Frames** pro RTP Paket
 - Alle 20 mSek ein Paket (50 Pakete/Sekunde)
- Die Codebücher sind oft für amerikanisches Englisch standardisiert
 - Qualitätseinbußen bei anderen Sprachen möglich

Silence Suppression mit G

Als Clipping bezeichnet man das Verhalten, dass bei eingeschalteter VAD oft der erste Teil eines Gesprächs abgeschnitten wird. Der Grund liegt darin, dass der DSP einige Zeit benötigt, um zu erkennen, dass es sich nicht mehr um Hintergrundgeräusche handelt. Um dieses Problem zu umgehen, speichern die DSPs auf der Senderseite in der Regel immer 5 Millisekunden zwischen, um das Ende einer Pause erkennen zu können (sog. *Look-Ahead Buffer*).

- **Silence Suppression** versucht, Pausen in der Sprachübertragungen zu erkennen.
 - **VAD** Voice Activity Detection
 - **Sprachsignale** werden mit der **vollen Bandbreite** kodiert,
 - Bei **Pausen** wird nur ein **Silence Insertion Descriptor (SID)** gesendet
 - **CNG** Comfort Noise Generation
 - Bei einem SID generiert der Empfänger über CNG ein **statisches Hintergrundgeräusch**.
 - **G.729B** Codec enthält eingebettete VAD und CNG
 - 5 mSek Look-Ahead Buffer um **Clipping** zu vermeiden
 - Codec Delay von erhöht sich auch 25 bzw. 35 Millisekunden
- Ergibt eine **variable Bitrate** mit unterschiedlichen Übertragungsraten.
 - Vorteil: Bis zu 50% weniger Bandbreite benötigt
 - Nachteil: Etwas schlechtere Verbindungsqualität

Welche Probleme können bei VoIP auftreten ?

- Verzögerungen (**Delay**)
 - **Propagation** und **Processing Delay**
 - Abhängig vom verwendeten Codec
 - **Serialization Delay**
 - Zeit, bis ein Paket komplett auf die Leitung gegeben worden ist
 - Abhängig von der physikalischen Bandbreite
- Variation in den Verzögerungen (**Delay Variation - Jitter**)
 - **Queueing Delay**
 - Zeit, bis ein Paket in der Output Queue an erster Stelle steht
 - Lösung: "Gute" Queueing Mechanismen und **QoS** (z.B. Cisco LLQ)
 - **Large Packet Freezeout**
 - Verzögerung durch Übertragung eines großen Datenpakets
 - Lösung: LFI (*Link Fragmentation and Interleaving*)
- Max. **150 mSek.** Gesamtverzögerung in einer Richtung (nach G.114)

Welche Probleme können bei VoIP auftreten ?

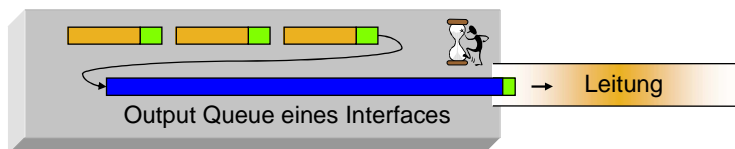
- **Paketverlust** (*Loss*)
 - Durch Geringe Bandbreite bei WAN-Verbindungen
 - Durch Überlastsituation im Netz (**Congestion**)
 - **Keine Retransmission** von VoIP-Paketen möglich
 - Paketverluste sollten soweit wie möglich vermieden werden
 - Lösung: **QoS** um VoIP-Pakete priorisiert zu übertragen
- **Codec Autofill Algorithm** (Funktionalität des DSP)
 - Anpassung von fehlenden Paketen über **Interpolation**
 - Funktioniert sehr gut bei einem fehlenden Paket
- **Echo**
 - Durch **2Draht/4Draht-Umwandlung** hervorgerufen
 - Treten oft bei Verzögerungen von mehr als 25-50 mSek auf
 - Lösung: **Echo Cancellation**

Large Packet Freezeout

- Serialization Delay

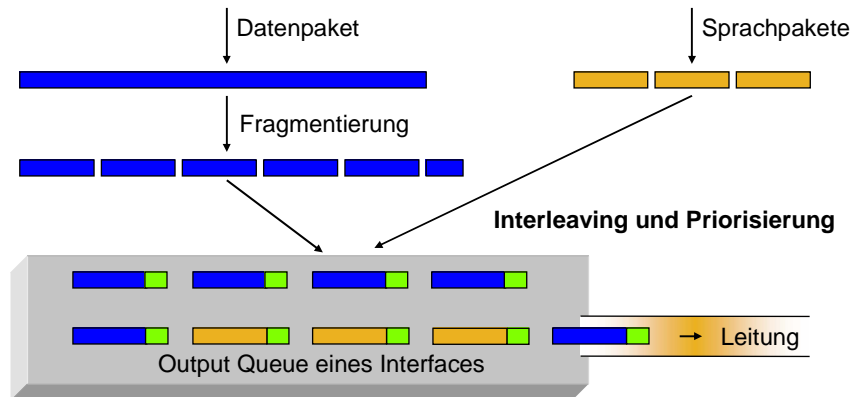
	64 Byte	512 Byte	1024 Byte
64 Kbps	8 msec	64 msec	128 msec
128 Kbps	4 msec	32 msec	64 msec
2 Mbps	25 µsec	2 msec	4 msec
10 Mbps	5 µsec	410 µsec	820 µsec

- Erhebliche Verzögerung durch Übertragung eines großen Datenpakets
 - Über Queueing Mechanismen können Sprachpakete vorgezogen werden

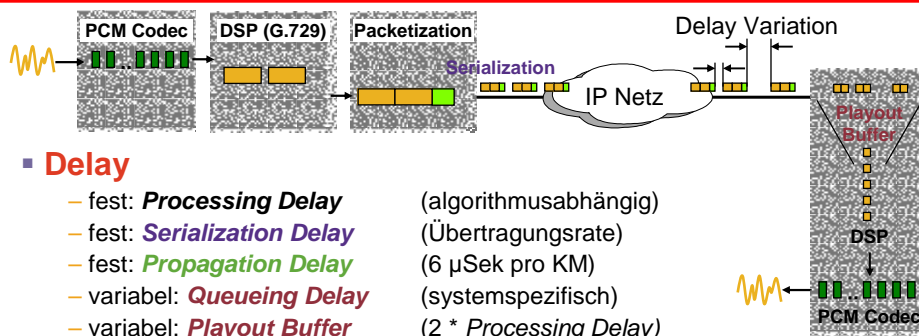


Link Fragmentation and Interleaving (LFI)

- Lösung: Fragmentierung größerer Datenpakete
 - z.B. FRF.12, Multilink PPP, oder Media-independent Multilink PPP



Delay und Delay Variation

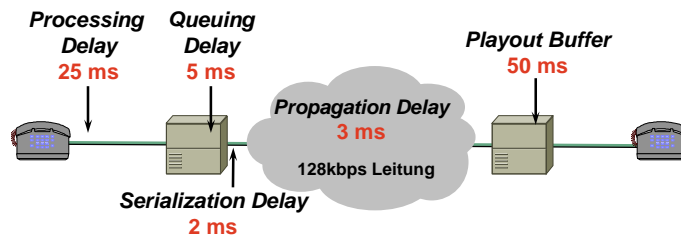


- **Delay**
 - fest: **Processing Delay** (algorithmusabhängig)
 - fest: **Serialization Delay** (Übertragungsrate)
 - fest: **Propagation Delay** (6 µSek pro KM)
 - variabel: **Queueing Delay** (systemspezifisch)
 - variabel: **Playout Buffer** (2 * Processing Delay)
- **Playout Buffer (Dejitter)**
 - Speichert die empfangenen Pakete zwischen
 - gleicht unterschiedlichen Verzögerungszeiten aus

Queueing Delay

- Durchschnittlich wartet ein $\frac{1}{2}$ Datenpaket vor dem Sprachpaket
 - Als *Queueing Delay* wird $\frac{1}{2}$ Serialization Delay angenommen
- Wert gilt nur, wenn für VoIP-Pakete eine **Priority Queue** existiert
 - **VoIP-Daten werden immer an die erste Stelle der Output Queue gestellt**
 - Entsprechende Queueing Mechanismen notwendig (z.B. **Cisco LLQ**)
- Definition einer oberen Grenze für VoIP notwendig
 - VoIP-Daten könnten ansonsten die komplette Bandbreite belegen
 - **Alle Pakete über dieser Bandbreite werden verworfen**
- **Call Admission Control (CAC)** notwendig
 - CAC läßt nur soviele Gespräche zu, wie Bandbreite für VoIP verfügbar ist
 - Verschiedene Verfahren möglich
 - RSVP, H.323 Gatekeeper Control ...

Berechnung eines *Delay Budgets*

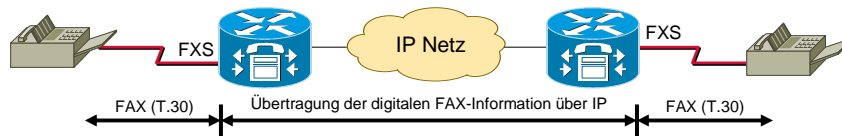


	fest (mSek)	variabel (mSek)
Processing Delay (G.729B mit VAD und CNG)	25	
Output Queueing Delay (durchschnittlich 80 Byte Daten)		5
Serialization Delay (für VoIP: 30 Byte; 2 x G.729 + CRTP + PPP)	2	
Propagation Delay (500 KM Strecke)	3	
Playout Buffer (2 x Processing Delay)		50
	30	55
Gesamt		85

VoIP bei FAX- und Modemverbindungen

▪ FAX

- Sehr empfindlich, was die Qualität des analogen Signals angeht
 - Problem bei VoIP mit wechselnden Verzögerungen und Paketverlusten
- Lösung: FAX Relay
 - Die FAX-Verbindung terminiert lokal auf den Gateways
 - Z.B. ITU-T T.38 FAX Relay oder Cisco FAX Relay



▪ Modem

- Keine komprimierte Übertragung von Modemdaten über ein VoIP-Netzwerk möglich
 - Modemverbindungen sollten immer auf dem Gateway terminieren

Signalisierung in Sprachnetzwerken

Address
 Call Control
 Device Control

Adress-Signalisierung

- **Weitergabe der Rufnummer des gewünschten Teilnehmers**
 - **Pulswahl**
 - Telefon generiert für die einzelnen Rufnummer einen entsprechenden Impuls (veraltet).
 - **Tonwahl - DTMF (Dual Tone Multifrequency)**
 - Übertragung der Rufnummern innerhalb des Sprachkanals über festgelegte Frequenzen (*In-Band*).
- **DTMF Relay**
 - Bei Komprimierung über G.729 oder G.723.1 werden DTMF-Töne vom Empfänger teilweise nicht mehr erkannt.
 - **Out-of-Band Übertragung der DTMF-Informationen**
 - Proprietäre Lösungen (z.B. verwendet Cisco einen speziellen RTP Payload)
 - RFC 2833 - Eigenständiger RTP Payload für DTMF
 - H.245 als Teil von H.323 mit "*Alphanumeric*" oder "*Signal*" User Input Indication

Call Control in tradition. Telefonnetzwerken

- **Call Supervision**
 - Änderung des Status einer Leitung
 - Aufgelegt *On-Hook*
 - Abgehoben *Off-Hook*
- **Alert Signaling**
 - Beim angerufenen Teilnehmer wird Klingelton erzeugt
- **Call Progress Tones**
 - Informationen über den Status der Verbindung (für Anrufer)
 - Freizeichen *Dial tone*
 - Besetztzeichen (Teilnehmer) *Busy tone*
 - Klingelzeichen *Audible ringback*
 - Besetztzeichen (Netzwerk) *Reorder tone*
- **Protokolle**
 - Analog: Loop Start, Ground Start, E&M
 - Digital: E1 CAS, Q.SIG, ISDN

Signalisierung unter VoIP

"Normale" Telefonsignalisierung auch bei VoIP notwendig

Call Control

H.323 (Peer-to-Peer Protokoll)

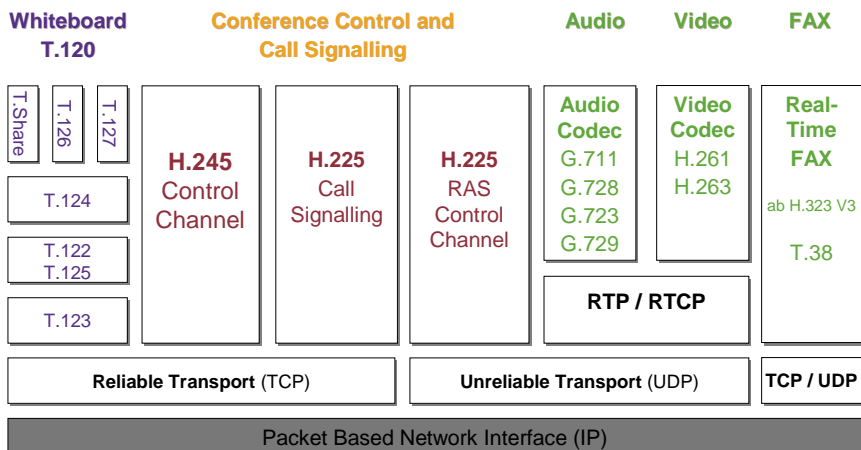
Skinny (Master/Slave Protokoll)

SIP (Peer-to-Peer Protokoll)

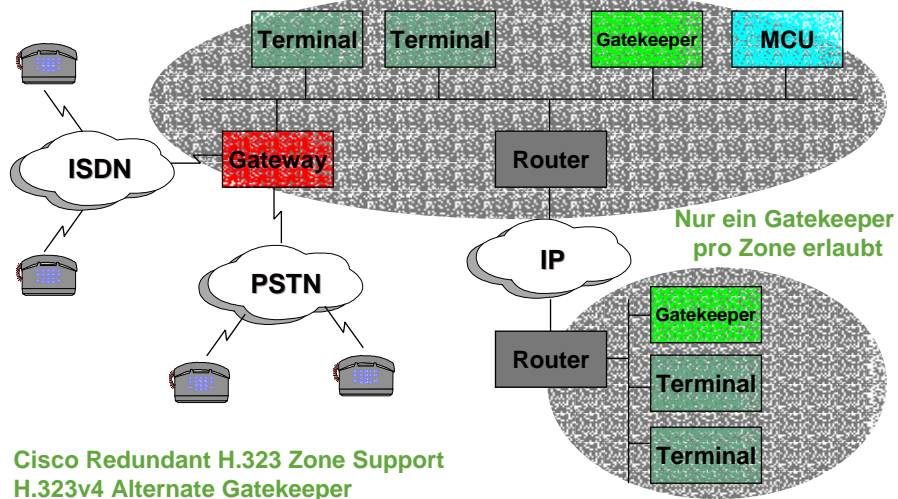
Device Control

MGCP / MEGACO (Master/Slave Protokoll)

H.323 Standards



H.323 Komponenten



H.323 Komponenten

▪ Terminals

- Endpunkte eines H.323 Netzwerks
 - Austausch der **Audio, Video** und **Dateninformationen**
 - **Verbindungsaufbau** über H.225 Call Signalling (ähnlich ISDN Q.931)
 - **Verbindungskontrolle** über H.245 Control Channel
 - Für jede Richtung ein **unidirektionaler Kanal** (über RTP und RTCP)
 - Bidirektionale Audiokanäle sind möglich
- Entweder Audio, Audio und Daten, Audio und Video oder alle drei zusammen
 - PC mit Netmeeting Software (*Audio, Video und Daten*)
 - IP Telefone (*nur Audio*)

▪ Gatekeeper (optional)

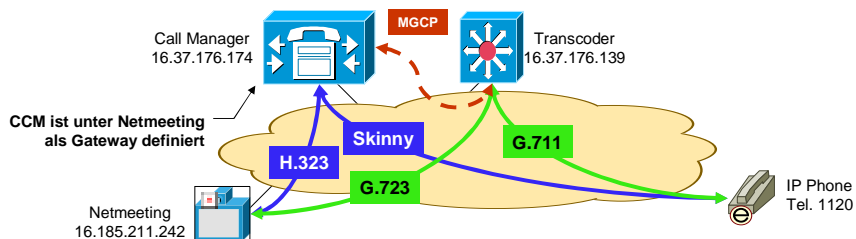
- **Call Control Services** für Terminals, Gateways und MCUs
 - **Admissions Control** Zugriffskontrolle (über H.225 RAS Protokoll)
 - **Bandwidth Control** Bandbreitenkontrolle (über H.225 RAS Protokoll)
- **Sollte bei WAN-Verbindungen auf jeden Fall eingesetzt werden, um die verfügbare Bandbreite kontrollieren zu können.**

H.323 Komponenten

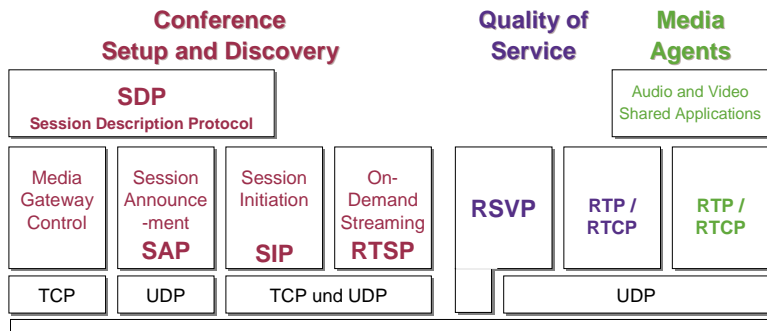
- **Gateway (optional)**
 - Verbindung zwischen VoIP-Terminals und Terminals in anderen Netzwerken
 - H.320 ISDN
 - H.321 ATM
 - H.324 GSTN
 - analoge Telefone
 - Kontrolle der Gateways erfolgt mittlerweile oft über spezielle Protokolle (MGCP oder MEGACO/H.248)
- **Nachteile des H.323 "Peer-to-Peer"-Modells**
 - Muss auf allen Komponenten komplett implementiert sein.
 - Cisco hat abgespecktes Protokoll entwickelt (**Skinny**)
 - SoftPBX hat keine Infos über E.164-Routing-Tabelle des H.323 Gateways
 - Bei Skinny, MGCP oder MECAGO behält die PBX die Kontrolle
 - H.323v1 unterstützt keine Supplementary Services (Halten, Parken ...)
 - Terminierung des RTP-Audiostrom auf einem speziellen MTP-Gerät

H.323 Beispiel - Netmeeting ruft Tel. 1120

Source	Destination	Protocol	Info
16.185.211.242	16.37.176.174	H225.0	CS: Setup-UUIE
16.37.176.174	16.185.211.242	H225.0	CS: CallProceeding-UUIE
16.37.176.174	16.185.211.242	H225.0	CS: Alerting-UUIE
16.37.176.174	16.185.211.242	H225.0	CS: Connect-UUIE
16.37.176.174	16.185.211.242	H245	TerminalCapabilitySet
16.185.211.242	16.37.176.174	H245	TerminalCapabilitySet MasterSlaveDetermination
16.37.176.174	16.185.211.242	H245	TerminalCapabilitySetAck
16.185.211.242	16.37.176.174	H245	TerminalCapabilitySetAck
16.37.176.174	16.185.211.242	H245	MasterSlaveDeterminationAck
16.185.211.242	16.37.176.174	H245	MasterSlaveDeterminationAck OpenLogicalChannel
16.37.176.174	16.185.211.242	H245	OpenLogicalChannel
16.37.176.174	16.185.211.242	H245	OpenLogicalChannelAck
16.185.211.242	16.37.176.174	H245	OpenLogicalChannelAck
16.37.176.139	16.185.211.242	RTP	Payload type=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=1675, Seq=1675, Time=160, Mark
16.185.211.242	16.37.176.139	RTP	Payload type=ITU-T G.723, SSRC=1533782464, Seq=2117, Time=40816



IETF Multimedia Conferencing



- **RTSP** RFC 2326 - *Media on Demand* Anwendungen (z.B. RealAudio)
- **SDP** RFC 2327 - Syntax zur Beschreibung einer Session (für SIP und SAP)
- **SIP** **RFC 2543 - Auf- und Abbau von Multimedia Sessions**
- **SAP** RFC 2974 - Konferenzen werden über Multicasting angeboten
- **MGCP** RFC 2705 - Aufteilung der Gateway Funktionalität in Call Agent und Media Gateway
- **MEGACO** RFC 3015 - Aufteilung der Gateway Funktionalität in Call Agent und Media Gateway

SIP

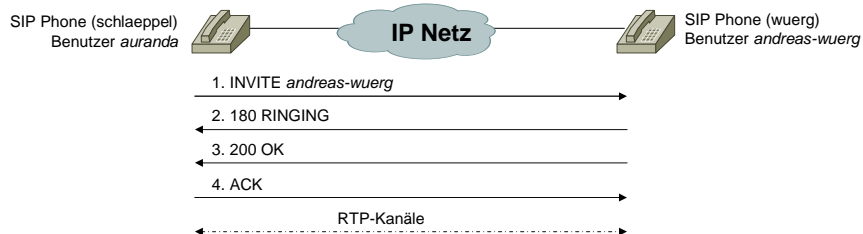
- Einfaches "*Peer-to-Peer*"-Protokoll zum Auf- und Abbau von Multimedia-Konferenzen und Telefongesprächen
 - Signalisierungsprotokoll auf Applikationsebene
 - Verwendet ein HTTP-ähnliches ASCII-Format
 - Session Description Protocol (SDP) beschreibt den Media Stream
 - Unterstützt **Mobility** durch **Proxy**, **Registrar** und **Redirect Server**
- *Peers* in einer SIP-Session heißen **User Agents**
 - **User Agent Client (UAC)**
 - Applikation, die den *SIP Request* initiiert
 - **User Agent Server (UAS)**
 - Server-Applikation, die auf den Request einen *Response* zurückschickt

Komponenten eines SIP-Netzwerkes

- **SIP Clients**
 - IP Telefone
 - Cisco IP Phone 7960
 - Voice Gateways Gateways
 - Cisco 2600, 2600, AS5300 mit IOS V12.1(3)T
- **SIP Server (optional)**
 - **Proxy Server**
 - Leiten SIP-Nachrichten an den nächsten SIP Server im Netzwerk weiter
 - Führen optionale Authentifizierung, Authorisierung, Zugriffskontrolle usw. aus
 - **Redirect Server**
 - Stellt Clients Informationen über den *Next Hop* zur Verfügung
 - **Registrar Server**
 - Registrierung der Location eines Clients.
 - Cisco Proxy Server Software
 - kann auch als Redirect oder Registrar Server arbeiten

SIP Trace

Source	Destination	Protocol	Info
schlaeppel	wuerg	SIP/SDP	Request: INVITE sip:andreas-wuerg@wuerg.frs.cpqcorp.net, with SD
wuerg	schlaeppel	SIP/SDP	Status: 180 Ringing , with session description
wuerg	schlaeppel	SIP/SDP	Status: 200 OK , with session description
schlaeppel	wuerg	SIP/SDP	Request: ACK sip:andreas-wuerg@wuerg.frs.cpqcorp.net, with SD
...			
wuerg	schlaeppel	UDP	Source port: 1734 Destination port: 2074
schlaeppel	wuerg	UDP	Source port: 1178 Destination port: 2074
...			
schlaeppel	wuerg	SIP/SDP	Request: BYE sip:andreas-wuerg@wuerg.frs.cpqcorp.net, with SD
wuerg	schlaeppel	SIP/SDP	Status: 200 OK , with session description



SIP Trace - INVITE

```

Session Initiation Protocol
Request-Line: INVITE sip:andreas-wuerg@wuerg.frs.cpgcorp.net SIP/2.0
Message Header
To: sip:andreas-wuerg@wuerg.frs.cpgcorp.net
From: sip:auranda@16.185.211.242;tag=1378090144
Via: SIP/2.0/UDP 16.185.211.242:5062
Call-ID: 1014990372@wuerg.frs.cpgcorp.net
CSeq: 1 INVITE
Contact: sip:auranda@16.185.211.242:5062
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 263
Session Description Protocol
Session Description Protocol Version (v): 0
Owner/Creator, Session Id (o): auranda 1378090144 1378090144 IN IP4 16.185.211.242
Owner Username: auranda
Session ID: 1378090144
Session Version: 1378090144
Owner Network Type: IN
Owner Address Type: IP4
Owner Address: 16.185.211.242
Session Name (s): Calling User From Hughes Client
Connection Information (c): IN IP4 schlaeppel
Connection Network Type: IN
Connection Address Type: IP4
Connection Address: schlaeppel
Time Description, active time (t): 0 0
Session Start Time: 0
Media Description, name and address (m): audio 2074 RTP/AVP 0
Media Type: audio
Media Port: 2074
Media Proto: RTP/AVP
Media Format: 0
Media Format:
Media Attribute (a): rtpmap:0 PCMU/8000
Media Attribute Fieldname: rtpmap
Media Attribute Value: 0 PCMU/8000
    
```

RTP Audio Stream

Codec (μ-LAW PCM)

SIP Trace - 180 Ringing

```

Session Initiation Protocol
Status-Line: SIP/2.0 180 Ringing
Message Header
Via: SIP/2.0/UDP 16.185.211.242:5062
From: sip:auranda@16.185.211.242;tag=1378090144
Call-ID: 1014990372@wuerg.frs.cpgcorp.net
To: sip:andreas-wuerg@wuerg.frs.cpgcorp.net;tag=1378163144
CSeq: 1 INVITE
Content-Length: 0
    
```

SIP Trace - 200 OK

```

Session Initiation Protocol
Status-Line: SIP/2.0 200 OK
Message Header
Via: SIP/2.0/UDP 16.185.211.242:5062
From: sip:auranda@16.185.211.242;tag=1378090144
Call-ID: 1014990372@wuerg.frs.cpqcorp.net
To: sip:andreas-wuerg@wuerg.frs.cpqcorp.net;tag=1378167144
CSeq: 1 INVITE
Contact: sip:Auranda@16.204.7.68:5062
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 239
Session Description Protocol
Session Description Protocol Version (v): 0
Owner/Creator, Session Id (o): Auranda 1378167144 1378167144 IN IP4 16.204.7.68
Owner Username: Auranda
Session ID: 1378167144
Session Version: 1378167144
Owner Network Type: IN
Owner Address Type: IP4
Owner Address: 16.204.7.68
Session Name (s): Answering the call
Connection Information (c): IN IP4 wuerg
Connection Network Type: IN
Connection Address Type: IP4
Connection Address: wuerg
Time Description, active time (t): 0 0
Session Start Time: 0
Session Start Time: 0
Media Description, name and address (m): audio 2074 RTP/AVP 0
Media Type: audio
Media Port: 2074
Media Proto: RTP/AVP
Media Format: 0
Media Attribute (a): rtpmap:0 PCMU/8000
Media Attribute Fieldname: rtpmap
Media Attribute Value: 0 PCMU/8000
    
```

Einführung in Voice over IP 31

Andreas Aurand

SIP Trace - ACK

```

Session Initiation Protocol
Request-Line: ACK sip:andreas-wuerg@wuerg.frs.cpqcorp.net SIP/2.0
Message Header
Via: SIP/2.0/UDP 16.185.211.242:5062
From: sip:auranda@16.185.211.242;tag=1378090144
To: sip:andreas-wuerg@wuerg.frs.cpqcorp.net;tag=1378167144
Call-ID: 1014990372@wuerg.frs.cpqcorp.net
CSeq: 1 ACK
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 246
Session Description Protocol
Session Description Protocol Version (v): 0
Owner/Creator, Session Id (o): auranda 1378094144 1378094144 IN IP4 16.185.211.242
Owner Username: auranda
Session ID: 1378094144
Session Version: 1378094144
Owner Network Type: IN
Owner Address Type: IP4
Owner Address: 16.185.211.242
Session Name (s): Anyone listening?
Connection Information (c): IN IP4 schlaeppel
Connection Network Type: IN
Connection Address Type: IP4
Connection Address: schlaeppel
Time Description, active time (t): 0 0
Session Start Time: 0
Session Start Time: 0
Media Description, name and address (m): audio 2074 RTP/AVP 0
Media Type: audio
Media Port: 2074
Media Proto: RTP/AVP
Media Format: 0
Media Attribute (a): rtpmap:0 PCMU/8000
Media Attribute Fieldname: rtpmap
Media Attribute Value: 0 PCMU/8000
    
```

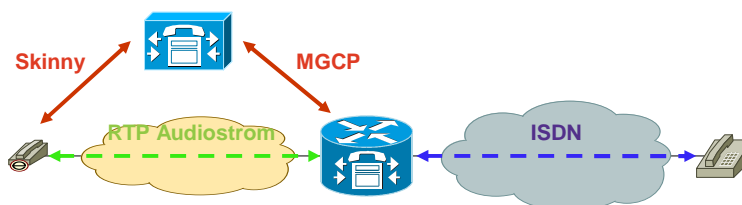
Einführung in Voice over IP 32

Andreas Aurand

MEGACO assumes the intelligence of the network is centralized in the central offices. It absorbs the complexity of the PSTN at the edge of the service provider's network by controlling many Media gateways in an IP central office.

Media Gateway Control Protocol

- Aufteilung der Funktionen eines Gateways in zwei Komponenten
 - **Media Gateway**
 - Umwandlung der Audiosignale zwischen den verschiedenen Netzen
 - **Media Gateway Controller**
 - Signalisierung und "Call Processing"
 - Zentrale Stelle besitzt die Kontrolle über die Gateways
 - Z.B. im Cisco Call Manager implementiert
 - Standards: **MGCP (RFC 2705), MEGACO (RFC 3015, ITU-T H.248)**



Einführung in Voice over IP 33

Andreas Aurand

COMPAQ

Links

- **Cisco AVVID (Architecture for Voice, Video and Integrated Data)**
 - <http://www.cisco.com/go/avvid>
- **Cisco SIP Homepage**
 - <http://www.cisco.com/warp/public/cc/techno/tyvdve/sip/>
- **VoIP Bandwidth Calculator**
 - <http://www.packetizer.com/iptel/bandcalc.html>
- **Open Source Voice Software (SIP Phone)**
 - <http://www.vovida.org/>
- **Ethereal Sniffer mit H.323 und Skinny**
 - <http://www.voice2sniff.org/>
- **Übersicht über IP Phones**
 - <http://iptel.org/info/products/allproducts.php>

Einführung in Voice over IP 34

Andreas Aurand

Fragen ?

