

ZT – Voice over IP (VoIP)

Geschichte / Vergleich

Traditionelle Telefonie: leitungsvermittelt, zeitmultiplex → konstante Bitraten, exklusiver Datenkanal während Session, kleine konstante Delays
Paketvermittelte Telefonie: best effort, paketverluste, grosse unkonstante Delays → in lokalen Netzen beherrschbar, im Internet nicht
Motivation aus heutiger Sicht
 Zusammenlegung der Sprachnetze mit den Datennetzen (Ökonomie)
 Voip lässt sich in IT umgebung integrieren → call-center, help desk, home office,...
 Neue Geschäftsmodelle: cablecom, econophone, sipcall,...
 Flexibilität: Auswahl codecs, bitrate, qualität, signalisierung,...

Unified Communications
 Kombination verschiedener Nachrichtenformate und Endgeräte auf einheitlicher Umgebung → Alle Kommunikationskanäle standortunabhängig und jederzeit verfügbar

Funktionsebenen von Telefonsystemen

→ bei voip lose gekoppelt, durch offene Schnittstellen
Media Stream (duplex Audioübertragung im Sprachband)
 Bei Voip über **Paketstrom** realisiert, basiert auf Realtime Transport Protocol (RTP) (=B-Kanal) != streaming wegen Kollisionen, Buffer

Signalisierung von Anrufen = Sessions
 Aufbau, Unterhalt und Abbau von Verbindungen sowie für Informationsaustausch zuständig
 Protokolle: H.323, SIP, SCCP (cisco), Skype

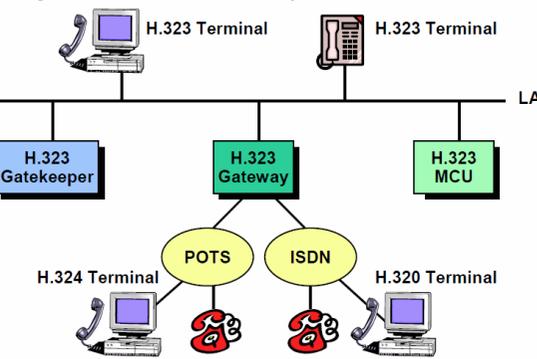
Steuerung der Anwendung → Dienstelogik
 Zusatzdienste (Weiterverbinden, Halten, Anklöpfen...) werden von Endsystemen selbst oder durch spezielle Server gesteuert.

Architektur von H323 und von SIP

	H.320	H.323	H.324
Approval Date	1990	1996 / 1998	1996
Transport Medium	ISDN	IP	POTS
Video	H.261 / H.263	H.261 / H.263	H.261 / H.263
Audio	G.711 / G.722 G.728	G.711 / G.722 G.728 / G.729 G.723.1	G.723.1
Control	H.230 / H.242	H.245	H.245
Multiplexing	H.221	H.225.0	H.223
User Data	T.120	T.120	T.120

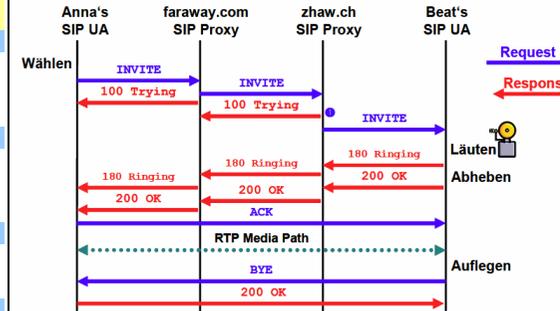
H32x Protokollfamilie (ITU standard)

Protokollfamilie umfasst Codierungs Standards für Sprache, Bild, Streams, steuerung und Signalisierung
 H324: Multimedia über POTS
 H320: Multimedia über ISDN
 H.323 Netzwerkelemente:
Gateway Übergang in andere Netze
Gatekeeper: Zone, Teilnehmer dieser Zone müssen sich bei ihm registrieren, Bandbreitenmanagement, Umsetzung Telnr – IP
Endgerät: bei Freigabe kann es eine Verbindung aufnehmen (Handshaking H.245 → teilt Fähigkeiten mit, Sprache einziger Standard)
Multipoint control Unit: Konferenzschaltung Audio / Video kombinieren



SIP (IETF)

Näher an paradigm des Internet, ursprünglich Aufbau von Videokonferenzen, verteilung von Multimediainhalten im internet → umfasst nur die Signalisierung von Session, session wird in Session Beschreibung Protokoll (SDP) gehandelt



Spezielle Herausforderungen für VoIP

Muss mit existierenden Netzen Protokollen, Verfahren, Gewohnheiten, Geschäftsmodellen und Vorschriften agieren. ADDMORE BIE PLATZ
Sprachcodices
 Kompression durch Ausnutzung von Signalcharakteristika | fehlende Pakete: Interpolation, extrapolation oder replay | Sprechpausenunterdrückung: da kein Duplexkanal → comfort noise anstelle absoluter Stille

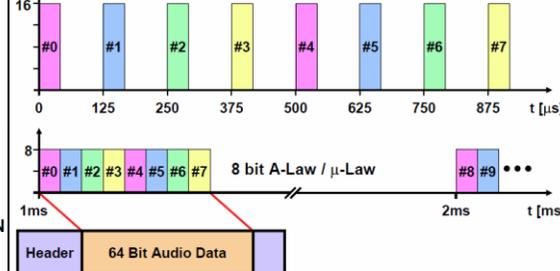
Codecvergleich

Norm	Verfahren	Bitrate [kbit/s]	Frame Size [bit]	Delay [ms]	Qualität [MOS]	Rechenleistung [MIPS]
G.711	Pulse Code Modulation (PCM)	64	-	0.25	4.1	0.3
G.723	Algebraic Code Excited Linear Prediction (ACELP)	5.3	160	-	3.8	-
G.723.1	Multiple Maximum Likelihood Quantization (MPMLQ)	6.3	192	37.5	3.9	18
G.726	Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM)	16-40	-	1	3.85	8
G.728	Low Delay Code Excited Linear Prediction (LD-CELP)	16	-	0.625	3.61	30
G.729	Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction (CS-ACELP)	8	80	15	3.9	20
G.729A	Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction (CS-ACELP)	8	80	15	3.9	11
GSM 06.10	Regular Pulse Excitation Long-Term Predictor (RPE-LTP)	13	260	25	k.A.	k.A.
AMR (3GPP Spec)	Adaptive Multi-Rate Codec (für UMTS und GSM)	4.75-23.85	-	25	k.A.	k.A.
LPC-10e (FIPS 1015)	Linear Prediction Coder (LPC)	2.4	54	22.5	k.A.	k.A.
iLBC (RFC 3951)	block-independent linear-predictive Coding (LPC)	13.33-15.20	400-304	40-25	k.A.	k.A.
Speex (Open Source)	Code Excited Linear Prediction (CELP)	2.15-44.2	-	30 oder 34	k.A.	k.A.

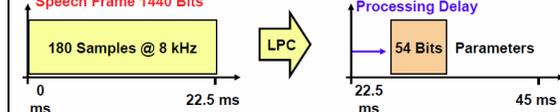
Arten von Sprachcodices

Waveform – Codec (PCM, ADPCM [ISDN])

Codierung des Zeitlichen Signal-Verlauf → hohe Bitrate, geringer Rechenaufwand, kleine Verzögerung, andere Töne



Source – Codec (LPC)



Parameter eines Modells werden ermittelt und übertragen → geringe Bitrate, hoher Rechenaufwand, grosse Verzögerung, nur Sprache

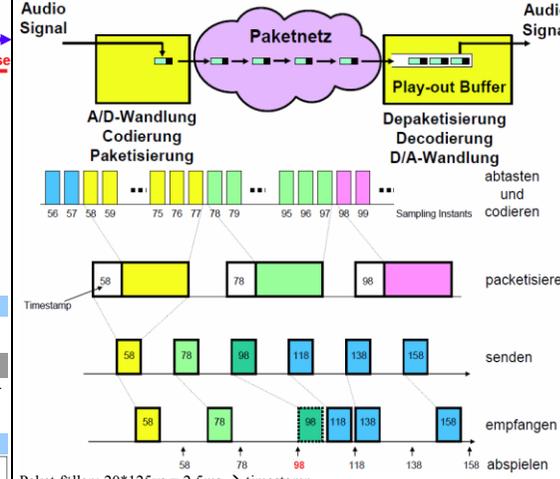
Hybrid – Codec

Kombination, meiste Voip Codecs gehören dazu (IG.711)

Media Streams und das Real-time Transport Protocol (RTP)

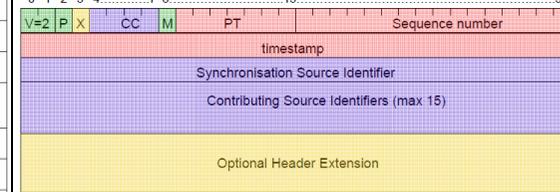
TCP nicht geeignet (retransmission, verzögerungen) → UDP, RTP

Arbeitsweise von RTP



Format von RTP-Paketen

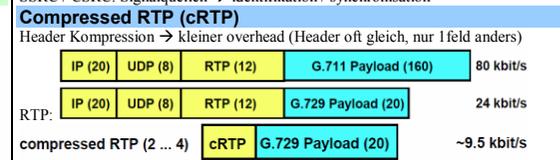
Setzt auf UDP auf, Port 5004, | für jede Mediastrom Richtung eine RTP session | grosser Overhead (LZ/IP/UDP/RTP) wegen kurzen delay, kompression, qualität



P: Padding → Ende des Pakets hat Padding oktets die nicht zur Payload gehören (Anzahl im letzten Oktett) | bei nicht beliebig wählbarer Blockgrösse (schlüsselung)
 X: Header Extension activ
 CC: CSRC Count: Anzahl Contributing source Identifier
 M: durch Profil definiert → Frame – Grenze
 PT: Payload: angabe welche Applikation payload interpretieren muss
 SSRC / CSRC: Signalquellen → identifikation / synchronisation

Compressed RTP (cRTP)

Header Kompression → kleiner overhead (Header oft gleich, nur 1 feld anders)



Das Real-time Transport Control Protocol (RTCP)

Monitoring: Empfänger misst delayvariation (jitter), Empfänger führt statistik über verlorene pakete. Wichtig bei Multicast

Secure RTP/RTCP (SRTP/SRTCP) RFC 3711

Sprachene Verfahren, standard: AES 128bit | Header nicht verschlüsselt (kompr)

Sprachqualität (ITU-T P.800)

MOS: 5: excellent, 4: good (bei payment erwartet) 3: fair, 2: poor, 1: unsatisfactory

Einflussfaktoren

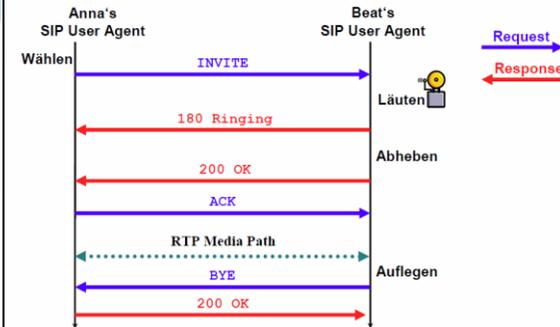
Delay (<150ms) | Verlustlücken < 200ms | Echo (Echokompensator im Endgerät) | Codec (robustheit bei verlust → überbrücken) fidelity(X): gesendet = X * empfangen

Signalisierung mittels SIP

Textorientiert (HTML, SMTP,...) URI anstelle Telnr, setzt auf TCP / UDP auf | Userorientiert | user availability | user capability | session setup | session management

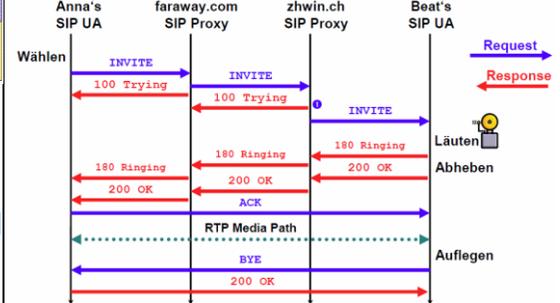
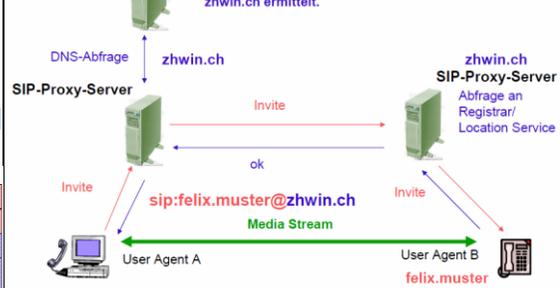
Ablauf von Verbindungsauf- und Abbau

Ohne Proxy
 Direkter Verbindungsaufbau, ausser: URI von gerufener Person unbekannt | gerufene Person nicht an selbem Terminal erreichbar | Terminal IP ändert | gerufene versteht kein SIP (Telefon, GSM-Handy, ...)



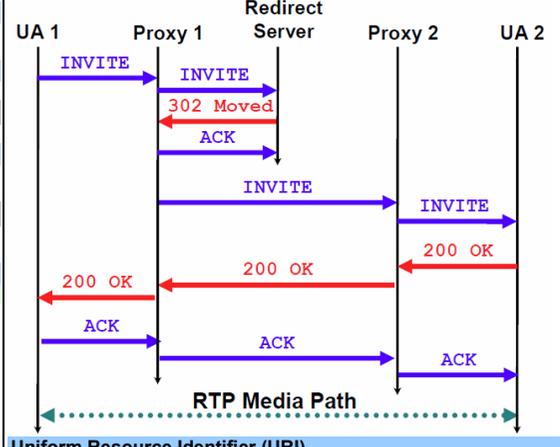
Mit Proxy (statisch oder DHCP)

SIP-Proxy handelt alle Anfragen für seine User Agents
 DNS Server
 Der SIP-Server des gerufenen Benutzers wird über DNS bestimmt. Via DNS wird die IP-Adresse von zhwin.ch ermittelt.



Proxy, Registrar, Redirect Server

Ein Proxy-Server kann einen kommenden Anruf weiterleiten, oder ihn an den Sender zurückgeben (Redirect)



Uniform Resource Identifier (URI)

Identifiziert SIP – Instanzen, form: sip:user@domain

Beispiele von SIP URIs

sip:felix.muster@zhwin.ch
 sip:felix.muster@zhwin.ch;transport=tcp
 sip:muf@dskt6107.zhwin.ch:5678
 sip:muf@160.85.200.27:3456
 sip:+41-76-456-9786@sipgate.sunrise.ch;user=phone
 sip:117@gateway.zhwin.ch;user=phone
 sip:zhwin.ch;method=REGISTER

Defaults

:5060 (destination port)
 transport=udp (transport parameter)
 user=ip (user parameter)
 method=INVITE (SIP method)

SIP-Methoden

Request	Beschreibung
INVITE	Die Gegenstelle wird zu einer Session eingeladen. Mit INVITE wird die Verbindung gestartet.
ACK	Mit ACK (knowledge) wird die Verbindung bestätigt.
BYE	BYE wird ausgeführt, wenn einer der beiden Gesprächspartner die Verbindung beendet.
CANCEL	CANCEL ermöglicht es, einen Verbindungsaufbau abbrechen.
OPTIONS	Mit OPTIONS werden Zusatzinformationen des Anwenders übermittelt.
REGISTER	Mit REGISTER werden die Standort-Informationen des User Agents an den SIP Server übergeben, damit dieser den Benutzer bei einem Anruf finden kann.

Die INVITE-Methode im Detail

INVITE sip:4110@160.85.169.151 SIP/2.0
 Via: SIP/2.0/UDP 160.85.183.45
 To: <sip:4110@160.85.169.151>
 From: "Weibel" <sip:5555@160.85.169.151>
 Call-ID: 3FDDE1E8-83A0-40DD-BE8B-4DE084569A06@160.85.183.45
 CSeq: 1 INVITE
 Max-Forwards: 70
 Contact: <sip:5555@160.85.183.45:5060>
 User-Agent: SJLabs-SJphone/1.40.258
 Content-Type: application/sdp
 Content-Length: 339

v=0
o=.....

Session Description

Via: bei jedem Hop ein neues field, branch identifiziert Transaktion, beginnt immer mit „z9hG4bK“ (bei RFC 3261)

Call-ID: haben alle Meldungen des Dialogs, Verwendung von IP verhindert, dass ein anderer user zufällig dieselbe ID wählt | To, From, Call-ID identifizieren peer-to-peer SIP beziehung vollständig

CSeq: Sequenznummer: Meldungen ordnen, verluste feststellen, wird bei jedem Request um 1 erhöht besteht aus nummer + Methode

SIP-Antwortcodes

Wie bei http / SMTP

Status Code	Response Category	Beschreibung
1xx	Informational	Der Request wurde empfangen und wird bearbeitet. 100 Trying 180 Ringing 181 Call Is Being Forwarded
2xx	Success	Die verlangte Aktion wurde verstanden und akzeptiert. 200 OK
3xx	Redirection	Weitere Aktionen sind notwendig, um den Request zu erledigen. 301 Moved Permanently 302 Moved Temporarily 305 Use Proxy
4xx	Client Error	Der Request enthält eine inkorrekte Syntax oder kann vom Server nicht erfüllt werden. 400 Bad Request 401 Unauthorized 402 Payment Required 403 Forbidden 404 Not Found 405 Method Not Allowed 406 Not Acceptable 407 Proxy Authentication Required 408 Request Timeout 415 Unsupported Media Type 480 Temporarily Unavailable 482 Loop Detected 483 Too Many Hops 486 Busy Here
5xx	Server Error	Der Server hat den Request empfangen, ist aber nicht in der Lage, diesen zu verarbeiten. Es könnte jedoch sein, dass ein anderer Server in der Lage wäre, das zu tun. 503 Service Unavailable 504 Gateway Time-out 505 Version Not Supported
6xx	Global Failures	Der Server hat den Request empfangen, ist aber nicht in der Lage, diesen zu verarbeiten. Ein anderer Server wird den Request auch nicht verarbeiten können. Darum soll er nicht an einen anderen Server weitergeleitet werden. 600 Busy Everywhere 603 Decline 604 Does Not Exist Anywhere 606 Not Acceptable

Sicherung von SIP

Kann nicht end-to-end verschlüsselt werden (Knoten müssen Meldungen ändern können), daher TLS zwischen SIP servern

Session Description Protocol (SDP) (RFC 2327)

Beschreibung einer Session anhand Inhalt (Body) von INVITE Requests / Responses

Session Description Protocol Version (v): 0

Owner/Creator, Session Id (o):
Weibel 3314685128 3314685128 IN IP4 160.85.183.45
 Owner Username: Weibel
 Session ID: 3314685128
 Session Version: 3314685128
 Owner Network Type: IN
 Owner Address Type: IP4
 Owner Address: 160.85.183.45

Session Name (s): SJphone

Connection Information (c): **IN IP4 160.85.183.45**
 Connection Network Type: IN
 Connection Address Type: IP4
 Connection Address: 160.85.183.45

Time Description, active time (t): 0 0
 Session Start Time: 0
 Session Stop Time: 0

Session Attribute (a): **direction:active**
 Session Attribute Fieldname: direction
 Session Attribute Value: active

Media Description, name and address (m):
audio 16384 RTP/AVP 8 3 97 98 0 101
 Media Type: audio
 Media Port: 16384
 Media Proto: RTP/AVP
 Media Format: ITU-T G.711 PCMA
 Media Format: GSM 06.10
 Media Format: 97
 Media Format: 98
 Media Format: ITU-T G.711 PCMU
 Media Format: 101

Media Attribute (a): **rtpmap:8 PCMA/8000**
 Media Attribute (a): **rtpmap:3 GSM/8000**
 Media Attribute (a): **rtpmap:97 iLBC/8000**
 Media Attribute (a): **rtpmap:98 iLBC/8000**
 Media Attribute (a): **fmp:98 mode=20**
 Media Attribute (a): **rtpmap:0 PCMU/8000**
 Media Attribute (a): **rtpmap:101 telephone-event/8000**
 Media Attribute (a): **fmp:101 0-11,16**

m=: medium | RTP/AVP sind druch RFC 3551 beschrieben | Media Formate RTP Payload Types (PT) für Mediatype (A) Audio:

PT	encoding name	media type	clock rate (Hz)	channels
0	PCMU	A	8,000	1
1-2	reserved	A		
3	GSM	A	8,000	1
4	G723	A	8,000	1
5	DVI4	A	8,000	1
6	DVI4	A	16,000	1
7	LPC	A	8,000	1
8	PCMA	A	8,000	1
9	G722	A	8,000	1
10	IL16	A	44,100	2
11	IL16	A	44,100	1
12	QCELP	A	8,000	1
13	CN	A	8,000	1
14	MPA	A	90,000	1
15	G728	A	8,000	1
16	DVI4	A	11,025	1
17	DVI4	A	22,050	1
18	G729	A	8,000	1
19	reserved	A		
20-23	unassigned	A		
dyn	G726-40	A	8,000	1
dyn	G726-32	A	8,000	1
dyn	G726-24	A	8,000	1
dyn	G726-16	A	8,000	1
dyn	G729D	A	8,000	1
dyn	G729E	A	8,000	1
dyn	GSM-EFR	A	8,000	1
dyn	IS	A	var.	var.
dyn	RED	A	var.	var.
dyn	VDVI	A	var.	1

SDP-Parameter:

Session	Time	Media			
Type	Value	Type	Value	Type	Value
v	Protocol version	t	Time the session is active	m	Media name and transport address
o	Owner and session ID	r	repeat times	i	Media title
s	Session name	c	Connection information	b	Bandwidth information
i	Session information	k	Encryption key	a	media attributes
u	URI of description				
e	E-mail address				
p	Phone number				
c	Connection information				
b	Bandwidth information				
z	Time zone adjustments				
a	session attribute lines				

VoIP-Endgeräte

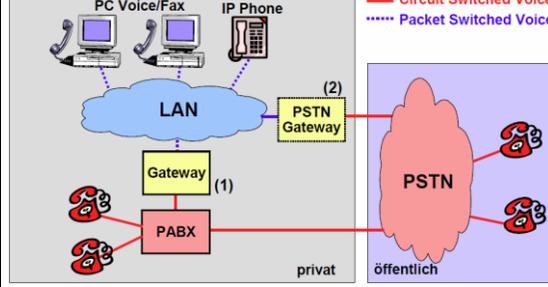
IP Phone
 Normales Telefon mit IP schnittstelle | anschlussorientiert | sinnvoll wo kein pc daneben ist | meist mit Switch | power over ethernet

Soft Phone
 Apps, die Telefonieren ermöglichen, nicht anschlussbezogen, dort wo Benutzer ist

Analog Telephone Adapter
 Adapter, verfügen über ähnlichen Funktionsumfang wie IP-Phone

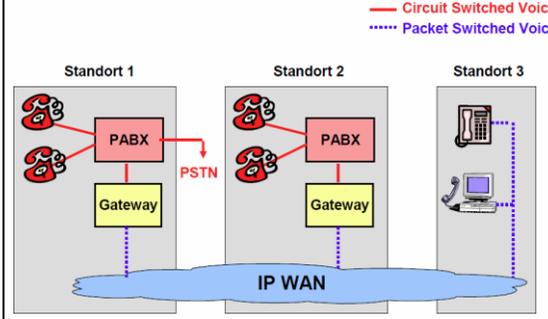
Einsatzgebiete von VoIP

PABX – Ersatz (Teilnehmervermittlungsanlagen)



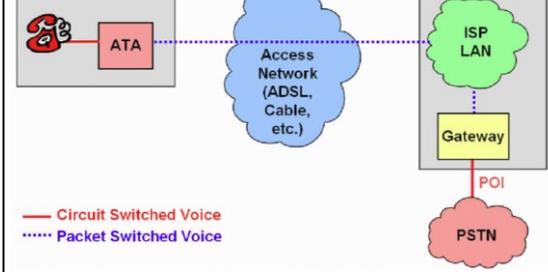
PABX-Trunking

Mehrere PABX über IP vernetzen, grosses einsparungspotenzial im Vergleich zu mietleitungen | alternativ: **Circuit Emulation over Packet (CEP)**: transportiert ein TDM – Signal (z.B PCM30) als ganzes in IP - Paketen



Telephony Internet Service Provider

→ ISP wird zu Fernmeldeanbieter und braucht daher eine konzession und wird meldepflichtig gemäss FMG



POI: Point of Interconnection → Schnittstelle PSTN - ISP