

Voice over IP

Grundlagen und Einsatzmöglichkeiten

Karsten Wemheuer

Was erwartet uns heute?

- Vorstellung
- Telefonie, analog und digital
- Voice over IP
- SIP
- Einsatzszenarien
- Fallstricke
- (Open Source) Software
- Q&A

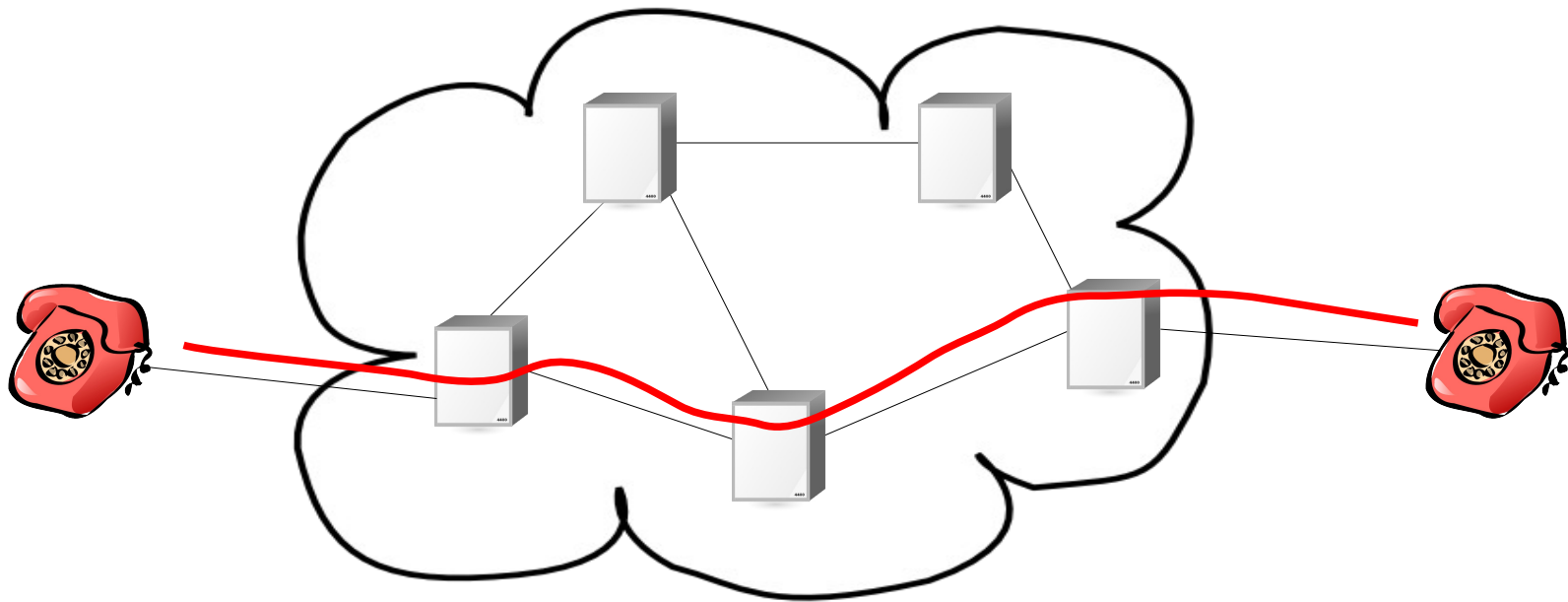
Karsten Wemheuer



- Studium Elektrotechnik/TI
 - TU Hannover, RWTH Aachen
- Mehr als 15 Jahre Telekommunikation
 - Software-Entwicklung, Produktmanagement, System-Ingenieur
- Geschäftsführer IPTAM GmbH
 - k.wemheuer at iptam.com

Telefonie (analog)

- Wahl durch Impulse (Wählscheibe)
- Klingeln durch Anlegen der Rufspannung
- Schalten des Weges, Ende-zu-Ende

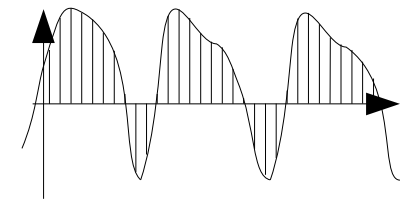


Analoge Übertragung

- Leitungsweg wird exklusiv genutzt
- Störungen
 - Einkopplung
 - Hall
 - Übersprechen
 - Fehlschaltung (mechanische Vermittlung)
- Heute noch stark verbreitet (Endgeräte)
- Pulswahl durch Mehrfrequenzwahlverfahren (DTMF) abgelöst

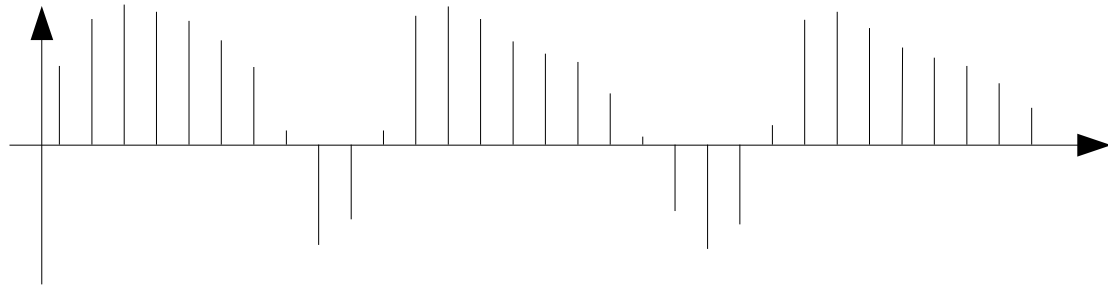
ISDN

- Integrated Services Digital Network
- Ziel: Viele Dienste über ein einheitliches Netz
 - Telefonie, Fernschreiben, Datex-L, Datex-P, Teletex, ...
- Leitungsvermittelt
- Signalisierung und Daten getrennt (D- und B-Kanal)
- Standardisierung durch ETSI und ITU-T
 - E-DSS1, I.430/431, Q.921, Q.931
- Sprache: Strom von Abtastwerten
 - 8 kHz, 8 Bit, PCM, log. Kennlinie (A-law)
 - eingeschränkter Frequenzbereich (300-3400 Hz)



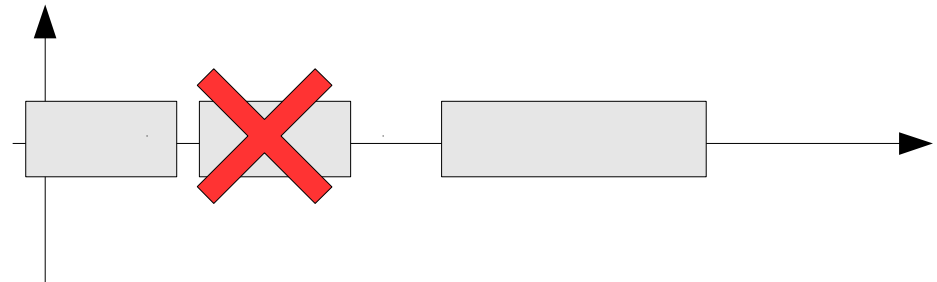
Sprache in Datennetzen

- Sprache: Kontinuierliches Signal
- Digitalisierte Sprache: Kontinuierlicher Strom von Abtastwerten (isochron)

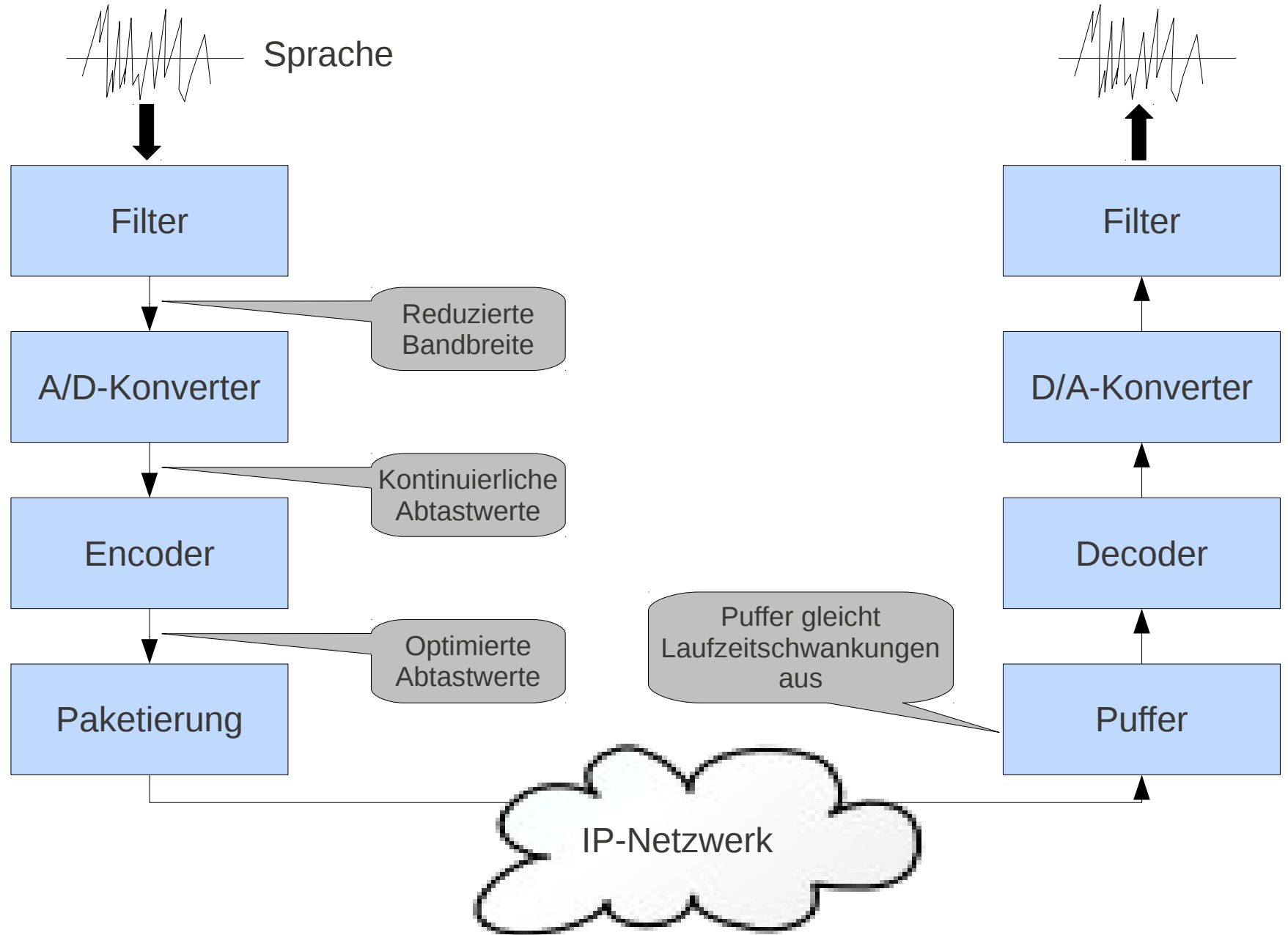


- Datennetze: Paket-orientiert
- IP-Netzwerke:

- Best-Effort
- Keine garantierte Ankunft
- Keine Echtzeitfähigkeit
- Keine Garantie über die Reihenfolge

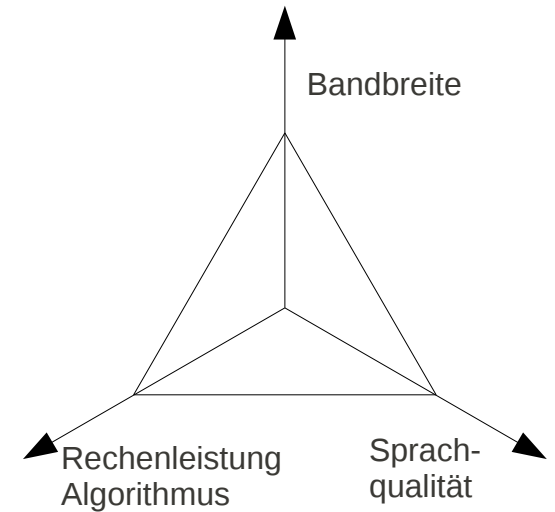


Sprache in Datennetzen (2)



Sprachqualität

- Laufzeit (Latenz)
- Laufzeitschwankungen (Jitter)
 - Puffer gleicht Jitter aus
 - Größere Puffer vergrößern Latenz
 - Zu kleine Puffer führen zu „Aussetzern“
- Auswahl des Codec
 - Kompression spart Bandbreite
 - Kompression ist verlustbehaftet
 - Kompression erhöht Latenz
- Paketgröße
 - Bessere Nutzung des Netzes vs. Latenz
- Echo
 - Rückkopplung in Verbindung mit Laufzeit
 - Echo-Kompensation in den Endgeräten (DSP)



Codecs

	Bitstream-Codecs	Frame orientierte Codecs
Verarbeitung	Samples fließen direkt ein	Bestimmte Anzahl Samples => Datenframe
Latenz	Durch Sample-Rate bestimmt	Durch Algorithmus bestimmt
Paketgröße	variabel	abhängig vom Algorithmus
Beispiele	CD, G.711, G.726	MP3, G.729, G.723.1, Speex, iLBC, GSM, AMR

Konstante Bitrate	Variable Bitrate
G.711, G.726, G.729, iLBC	G.711.1, G.722.2, G.729.1, Speex, GSM, AMR

Frei	Patentiert, Kostenlos	Patentiert, kostenpflichtig
G.711, G.722, G.726, iLBC, Speex	G.722.1	G.722.2, G.729, AMR

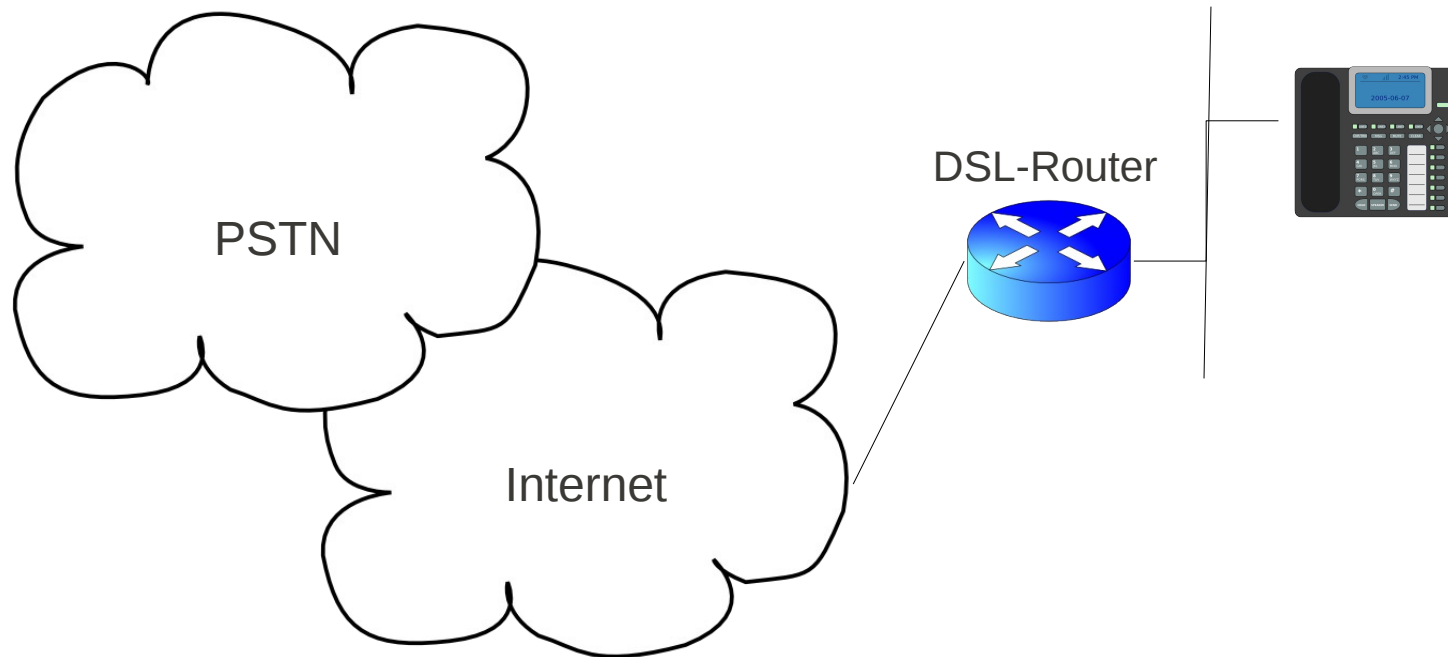
http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_audio_codecs

IP-Telefonie: Standards

- Offene Standards
 - H.323 (ITU-T ab 1996)
 - MGCP
 - SIP (IETF ab 1999)
 - IAX (Gemeinsamer Datenstrom)
 - Jingle (Google)
 - SDP (IETF)
 - RTP (IETF)
- Proprietäre Verfahren
 - Skype
 - Skinny (Cisco Systems)

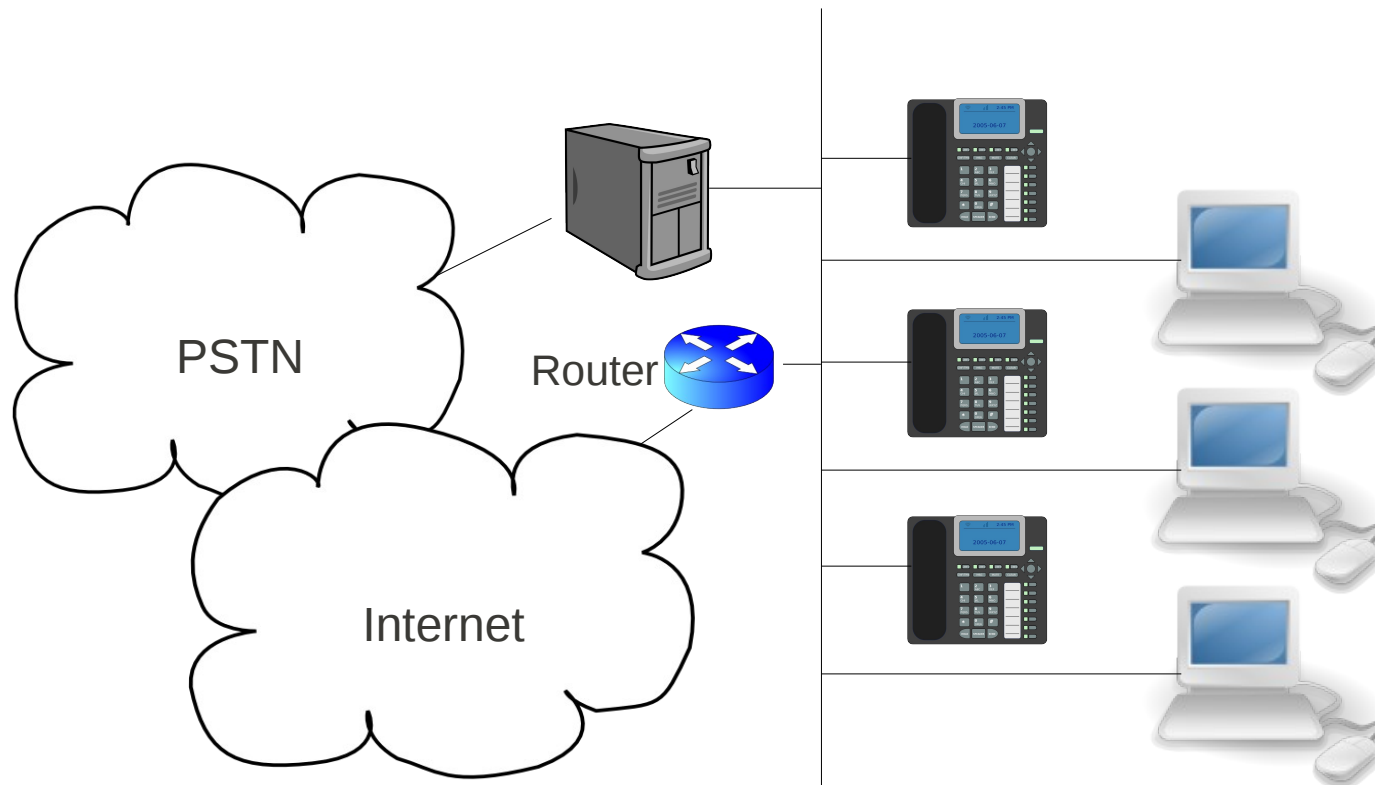
Einsatzgebiete (1)

- Ergänzung/Ablösung des Telefons
 - IP-Telefon, Softphone
 - DSL-Anschluss
 - Account bei einem Provider



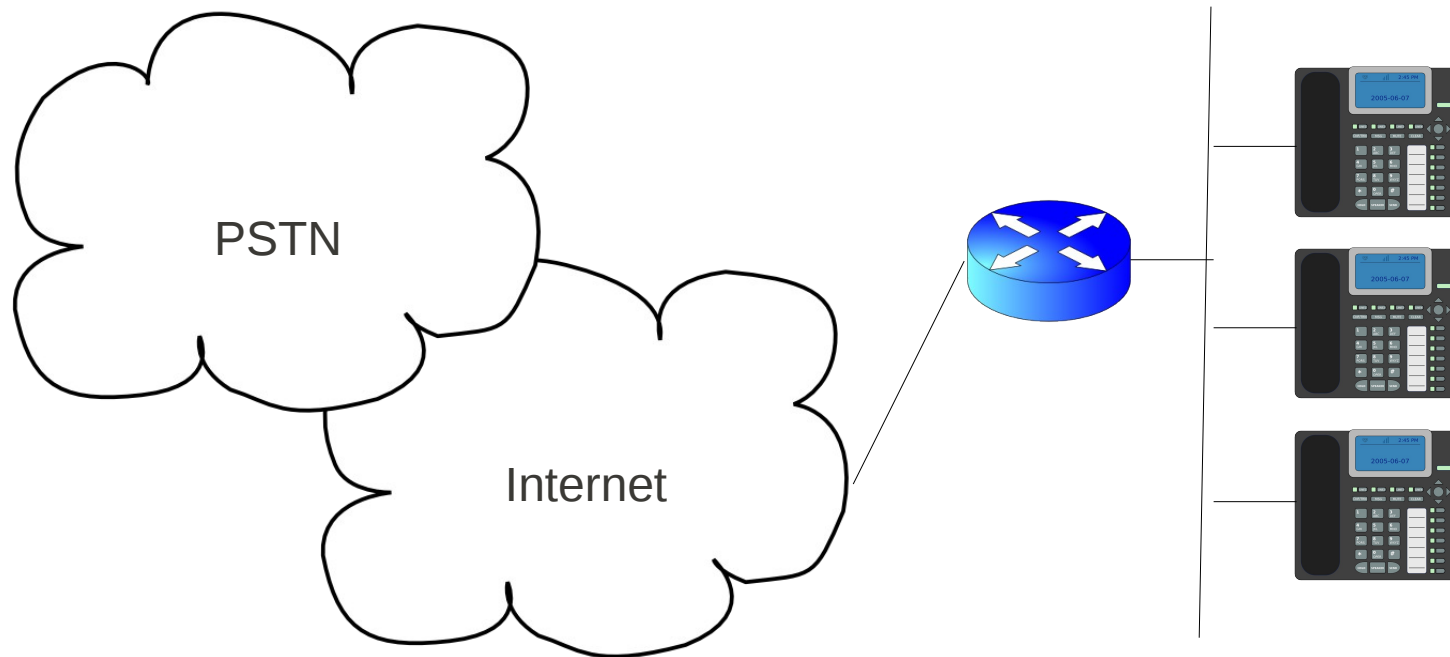
Einsatzgebiete (2)

- IP-Telefonanlage
 - IP-Telefon oder Softphone je Arbeitsplatz
 - IP-PBX ersetzt klassische System TK-Anlage
 - ISDN und/oder Account(s) bei einem Provider



Einsatzgebiete (3)

- IP-Centrex
 - IP-Telefon oder Softphone je Arbeitsplatz
 - Vermittlungsleistung (auch lokal) durch Dienstanbieter



SIP (Session Initiation Protocol)

- Steuerung von Multimedia Sitzungen
 - Beliebige Medien
 - Benötigt weitere Dienste/Protokolle (DNS, SDP, ...)
- Adressen der Anwender in Form **user@domain**
 - URI z.B. sip:alice@wonderland.com
 - Einsatz von DNS SRV Records
- Text-basiertes Protokoll
 - Ähnlichkeiten zu HTTP und SMTP
- Transport
 - SIP via UDP (optional TCP)
 - TLS möglich
- SDP (Session Description Protocol)
 - Beschreibt die Medienströme

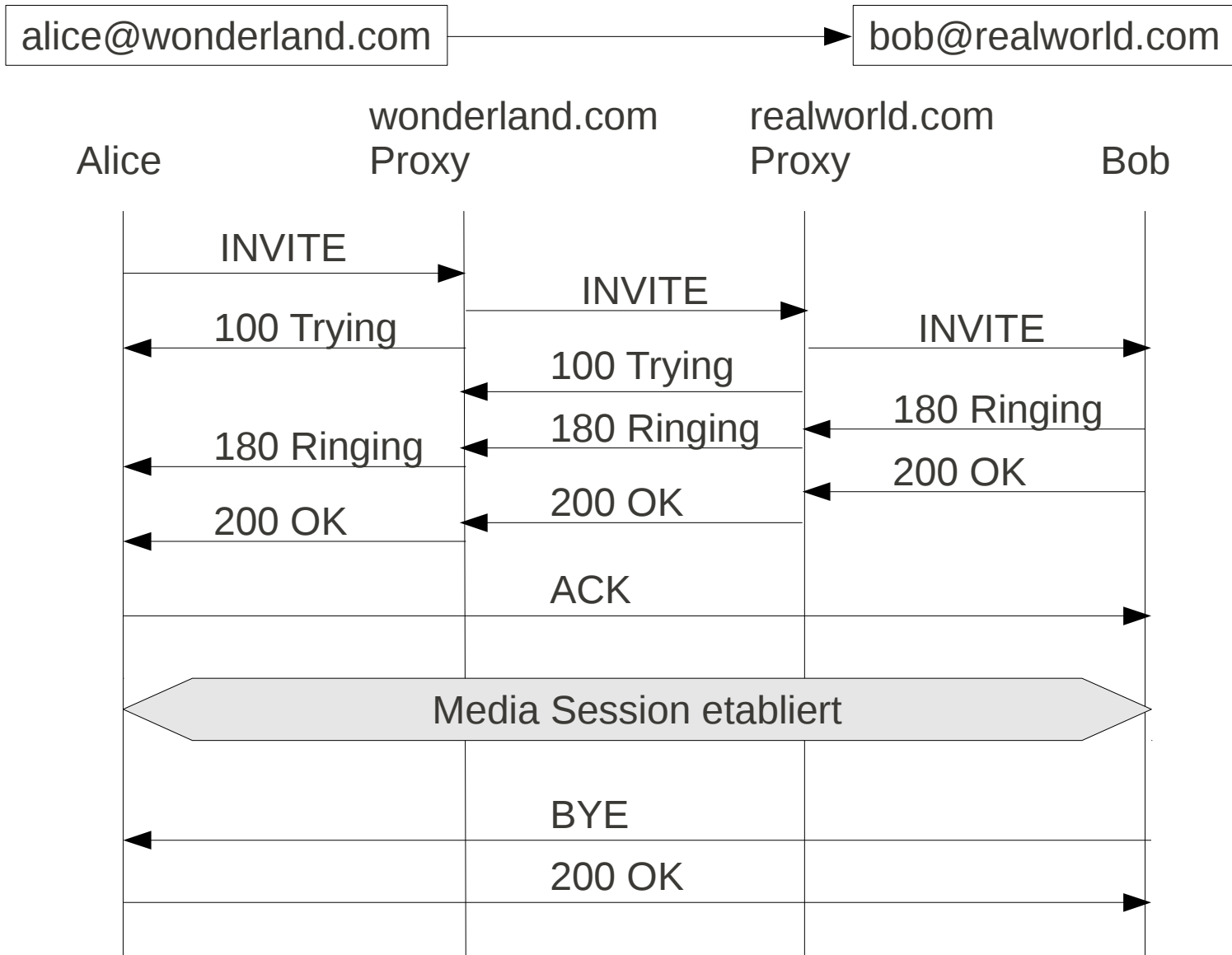
SIP Architekturelemente

- Registrar
 - Anmeldung der Nutzer
 - Lokalisierung: Registrar „kennt“ Nutzer
- Proxy
 - Vermittlung von Gesprächen (Sitzungen)
 - Aufbau von Verbindungen mit Hilfe fremder Proxys (vgl. MTA)
- Endgerät: SIPUA (SIP User Agent)
 - Anmeldung am Registrar
 - Aufbau von Verbindungen über einen Proxy
 - Codierung/Decodierung der Sprache
 - Übertragung der Sprache als IP-Datenstrom

SIP Architekturelemente

- Gateway
 - Realisiert Übergang zwischen IP-Netz und „klassischem“ Telefonnetz (PSTN), analog oder digital (ISDN)
 - Übersetzung der Signalisierung zwischen SIP und analoger oder digitaler Signalisierung
 - Verpacken des Sprachdatenstroms aus dem Telefonnetz in Datenpakete
 - Entpacken der aus dem IP-Netz kommenden Daten in einen Audiodatenstrom

Aufbau einer Session



SIP-Paket im Detail

```
INVITE sip:bob@realworld.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP pc-alice.wonderland.com;branch=z9hG4bK7
Max-Forwards: 70
To: Bob <sip:bob@realworld.com>
From: Alice <sip:alice@wonderland.com>;tag=8g4mK6ptte50H
Call-ID: 3c2670172e42-hbjlkd57yg80@pc-alice.wonderland.com
CSeq: 102 INVITE
Contact: <sip:alice@pc-alice.wonderland.com>
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 142
```

- To- und From-Tags kennzeichnen mit Call-ID diesen Dialog eindeutig
- Via kennzeichnet Ziel für Antworten zu einem Request
- Contact kennzeichnet Ziel für zukünftige Requests
- Content-Type gibt den (hier nicht gezeigten) „message body“ an.
- Details: RFC 3261

SIP-Antwort im Detail

```
SIP/2.0 200 Ok
Via: SIP/2.0/UDP server10.realword.com;branch=z9hG4bK06da10c6
Via: SIP/2.0/UDP box.wonderland.com;branch=4bK77ef4c2312983
Via: SIP/2.0/UDP pc-alice.wonderland.com;branch=z9hG4bK7
To: Bob <sip:bob@realworld.com>;tag=a6c85cf
From: Alice <sip:alice@wonderland.com>;tag=8g4mK6ptte50H
Call-ID: 3c2670172e42-hbjlkd57yg80@pc-alice.wonderland.com
CSeq: 102 INVITE
Contact: <sip:bob@192.0.2.4>
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 131
```

- 3-stelliger Status mit Textbeschreibung
- Via-Header beschreiben den Weg
- Antwort für INVITE: SDP als Content

Session Description (SDP)

```
v=0
o=root 5287 5287 IN IP4 10.10.129.10
s=session
c=IN IP4 10.10.129.10
t=0 0
m=audio 10762 RTP/AVP 8 0 101
a=rtpmap:8 PCMA/8000
a=rtpmap:0 PCMU/8000
a=rtpmap:101 telephone-event/8000
a=fmtp:101 0-16
a=silenceSupp:off - - - -
a=ptime:20
a=sendrecv
```

- Reihenfolge der Attribute ist wichtig
- m-Attribut und folgende a-Attribute können mehrfach auftreten
- c-Attribut kann auch im Media-Bereich auftreten
- Details: RFC 4566 (Nachfolger von RFC 2327)

Registrierung (Lokalisierung)

- SIP-Clients senden regelmäßig „REGISTER“-Requests
- Register-Requests haben eine Lebensdauer
- Contact-Header enthält Lokalisierungs-Informationen
- Registrar: Datenbank zur Abbildung SIP-URI \Leftrightarrow Location (IP, Port)
- Mehrfache Registrierung eines Anwenders möglich
- Mehrere Anwender an einem Gerät möglich
- Registrar und Proxy co-located oder separat

SIP-Requests

- REGISTER
 - Registrierung von Lokalisierungs-Informationen
- INVITE
 - Rufaufbau und Änderungen während eines Dialogs
- ACK
 - Abschließende Bestätigung (Rufaufbau)
- CANCEL
 - Beenden eines Requests (INVITE, der noch nicht erfolgreich war)
- BYE
 - Beenden eines Gesprächs
- OPTIONS
 - Ermitteln der Fähigkeiten der Gegenseite
- SUBSCRIBE (RFC 3265)
 - Status-Meldungen abonnieren
- NOTIFY (RFC 3265)
 - Status-Meldungen

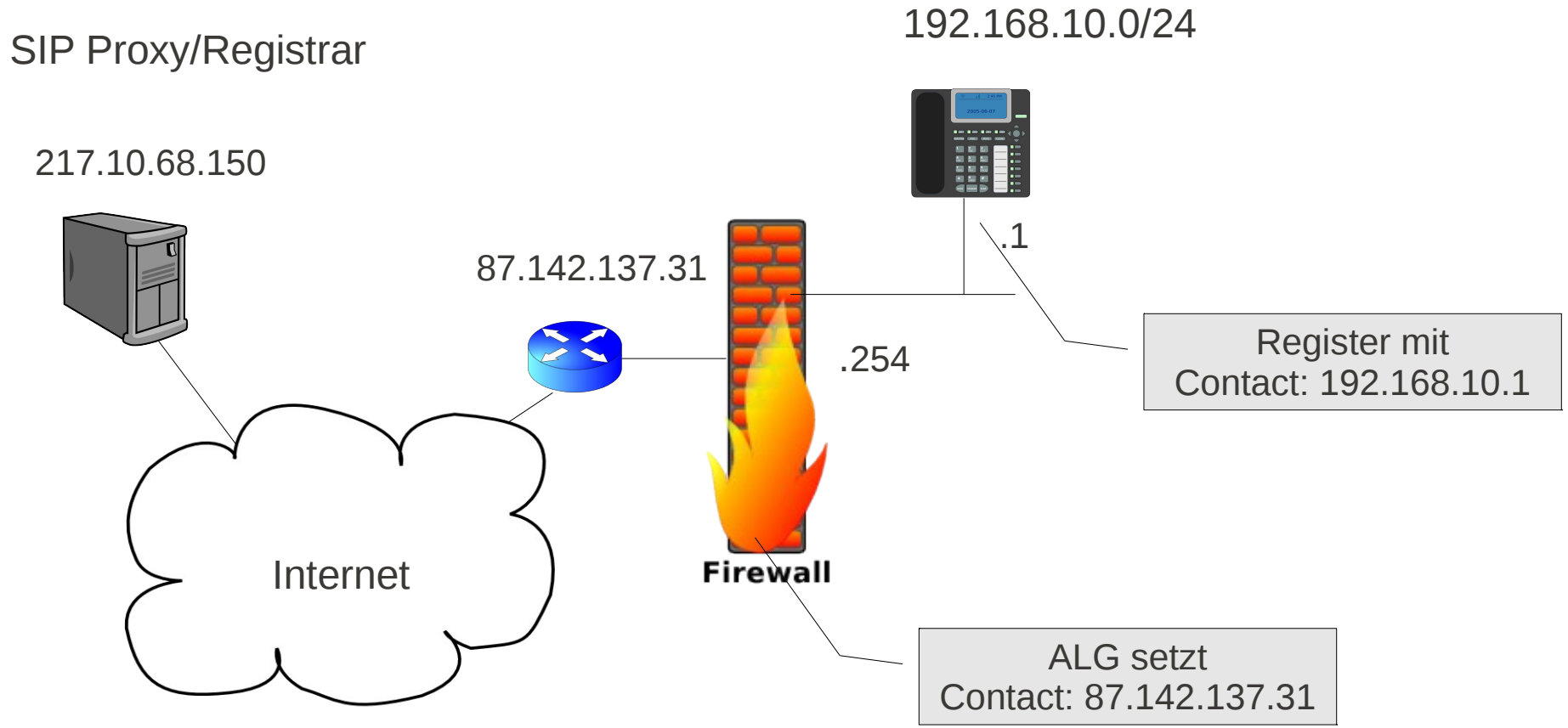
SIP-Responses

- Antwort auf Request: numerischer Wert plus beschreibender Text
- Code differenziert Ursache (vgl. HTTP)
 - 1xx Informelle Meldungen (Trying, Ringing)
 - 2xx Positive Bestätigung (200 OK)
 - 3xx Redirection (301 Moved permanently)
 - 4xx Fehler (401 Auth. required, 404 not found)
 - 5xx Server Fehler (500 Server error)
 - 6xx Globale Fehler (603 Decline)

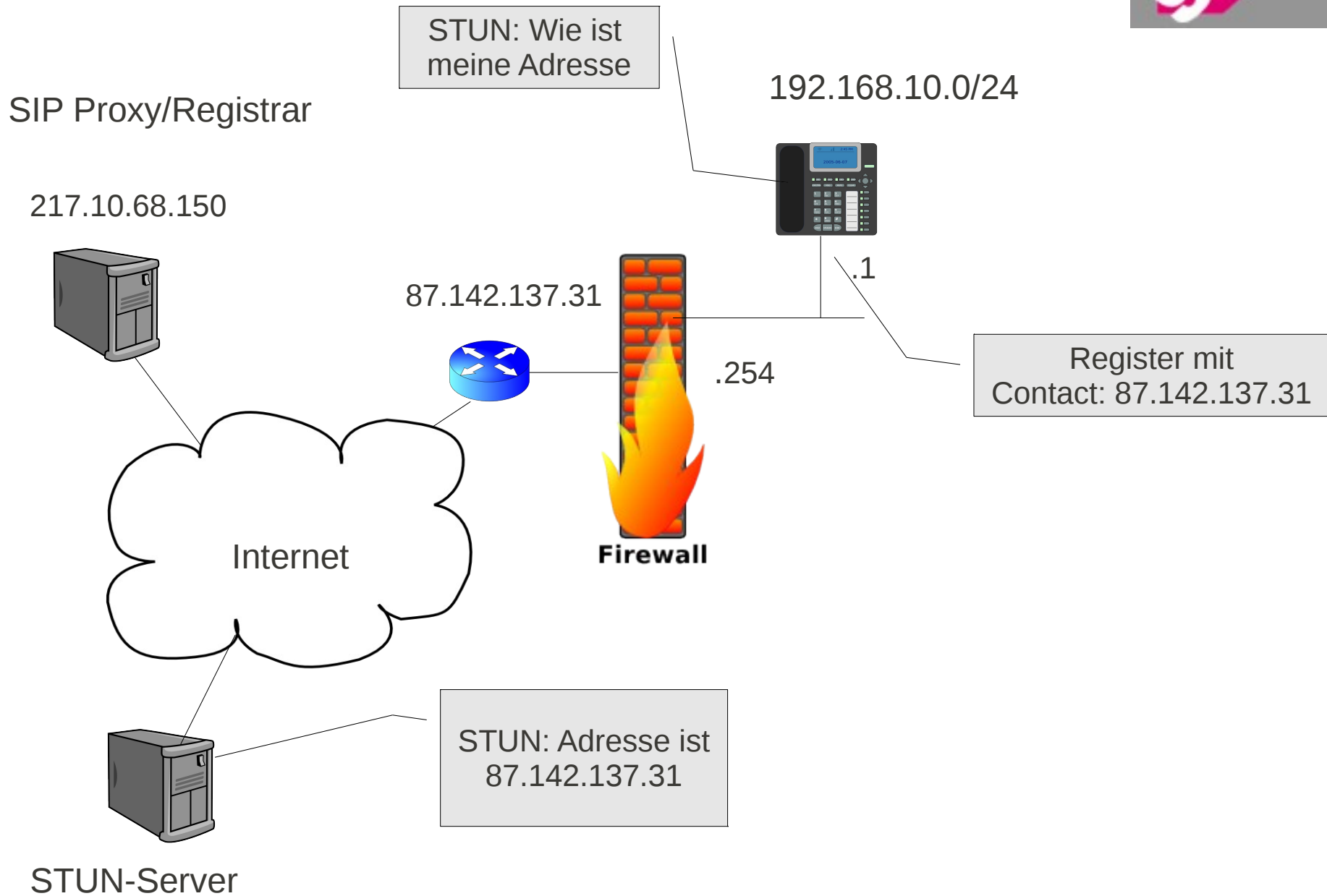
Firewalls und NAT

- SIP nutzt UDP/TCP Port 5060 sowie 5061 (TLS)
- Probleme bereiten:
 - Contact-Header enthält u.U. private Adressen (RFC 1918)
 - Dynamisch vergebene RTP-Ports für Medienströme
- Firewalls und NAT häufig ein Problem beim Einsatz von SIP
- Keine generelle immer funktionierende Lösung verfügbar
- Lösungsmöglichkeiten:
 - Application Level Gateways (ALG)
 - STUN (Simple Traversal of UDP through NAT, Session Traversal Utilities for NAT), RFC 3489 bzw. RFC 5389
 - ICE (Interactive Connectivity Establishment), RFC 5245
 - Manuelle Konfiguration in Endgeräten
 - Port-Weiterleitung

Firewalls und NAT: ALG



Firewalls und NAT: STUN



Quality of Service (QoS)

- Anforderungen für Medien-Ströme
 - Geringe Fehlerrate (Paketverlust)
 - Geringe Latenz, geringer Jitter
- Latenz:
 - Warteschlangen in Netzkomponenten
- Paketverlust:
 - Störungen (z.B. CRC-Fehler)
 - Verwerfen durch Überlast in Netzkomponenten
- QoS Mechanismen
 - Markieren der Pakete hinsichtlich ihrer Klasse
 - Steuerung der Warteschlangen anhand der Markierungen
- QoS ist eine „Mangelverwaltung“
 - Genügend Bandbreite macht QoS überflüssig
- LAN: In der Regel genügend Reserve.
- WAN: I.d.R nur begrenzter Einfluss (Upstream)

QoS (2)

- Markierung erfolgt sinnvollerweise im Endgerät
- Markierung auf Layer 2 Ebene
 - IEEE 802.1p und IEEE 802.1Q
 - Wird nur von L2-Switches ausgewertet
- Markierung auf Layer 3 Ebene
 - TOS-Feld (veraltet)
 - DiffServ (RFC 2474)
 - Auswertung durch Router und L3 Switches
- Netzwerkkomponenten steuern Warteschlangen
 - Unterschiedliche Queueing-Strategien
 - Priority Queueing (PQ), Class-Based Queueing (CBQ), Weighted Fair Queueing (WFQ), Weighted Round-Robin (WRR)

Praxis: Endgeräte

- IP-Telefone
 - Tastenfeld und Displaygröße
 - Leistungsmerkmale
 - Halten, Makeln, Verbinden
 - Konferenzen
 - Anzeige für vorhandene Benachrichtigungen (MWI)
 - Besetztlampenfeld
 - LAN-Anschluss
 - Integrierter Switch: 100MBit/s oder 1GBit/s
 - Stromversorgung
 - PoE oder Steckernetzteil

Praxis: Endgeräte (2)

- Softphones mit Headset
 - Für alle gängigen Betriebssysteme
 - Kostenlose und kostenpflichtige Software
 - Leistungsmerkmale wie bei IP-Telefonen variabel
 - Auch via Smartphone (UMTS oder WLAN)
- Analoge Telefone mit ATA
 - Leistungsmerkmale wie Makeln etc kompliziert
 - Fehlanpassungen und Verkabelungsfehler führen zu akustischen Problemen
- Mobile Lösungen
 - DECT mit SIP via Basis-Station
 - DECT über SIP auch mit Handover und Roaming
 - WLAN: Komplex wg. QoS, Handover nur mit gemanagten Access Points

Praxis: Beachtenswert

- Absenderrufnummer bei Internet-Telefonie
 - In der Regel (frei) wählbar
 - Keine Anonymität!
- Notruf
 - Notrufe gelangen automatisch zur zuständigen Stelle
 - Vorsicht bei nomadischer Nutzung von Internet-Telefonie!
- Fax
 - Fax im PSTN: T.30 (Modemsignale 2.400 bis 33.600 Bit/s)
 - T.30 via VoIP: Geringe Störungen führen zum Abbruch
 - Im LAN kann T.30 mit Codec G.711 funktionieren
 - Via Internet: nur T.38 einsetzen (Fax als Datensignal)
 - Provider bieten Fax als Dienstleistung (Web/E-Mail)

Praxis: DTMF-Behandlung

- DTMF: Zwei überlagerte Töne
- Einsatz: Sprachmenüs, Authentifizierung
- Übertragung von DTMF als Ton via VoIP unzuverlässig
- Übertragung als SIP-INFO Nachricht
 - Tasteninformation ohne Dauer des Tastendrucks
- Übertragung als RTP-Daten (RFC 2833, RFC 4733)
 - Taste und Dauer des Tastendrucks
- Endgeräte erlauben häufig mehrere Einstellungen, die dann zu doppelter Übertragung führen können!

Software: Clients (Auswahl)

Name	Betriebssysteme	Lizenz/Kosten
Bria	Windows, Mac OS, Ubuntu, Android, iPad, iPhone	Closed Source / kostenlos u. kommerziell
Linphone	Windows, Mac OS, Linux, Android, iPhone	GPL
Ninja	Windows	Closed Source / kostenlos u. kommerziell
Twinkle	Linux	GPL
xlite	Windows, Mac OS	Closed Source / kostenlos u. kommerziell

Software: Server/Libs (Auswahl)

Name	Betriebssysteme	Lizenz	Bemerkungen
Asterisk PBX	Unix, BSD, Mac OS X, Solaris	GPL und Kommerziell	Vollständige PBX, SIP, IAX, H.323, ISDN, Erweiterbar
FreeSWITCH	Unix, BSD, Mac OS X, Solaris, Windows	MPL	Vollständige PBX, SIP, IAX, H.323, ISDN, Erweiterbar
GNU Gatekeeper	Linux, FreeBSD, Mac OSX, Windows	GPL	Gatekeeper Funktion des H.323
OPAL	Unix, BSD, Mac OS X, Solaris, Windows	MPL	Bibliothek für Telefonapplikationen (C++), H.323, SIP, IAX
OpenSER/Kamailio	Unix	GPL	SIP Proxy und Registrar, Erweiterbar
OpenSIPS	Unix	GPL	SIP Proxy und Registrar, Erweiterbar
SER	Unix	GPL	SIP Proxy und Registrar, Erweiterbar
Yate	Linux, Mac OS, Windows	GPL	Vollständige PBX, SIP, IAX, H.323, ISDN, Erweiterbar

Linksammlung

- Standards
 - IETF: <http://www.rfc-editor.org/>
 - ITU-T: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx>
- Bandbreiten-Kalkulator <http://www.bandcalc.com/>
- QoS mit Linux
 - Zeitschrift ADMIN 02/2011: „Schnell sein, Held sein“
 - Wondershaper: <http://lartc.org/wondershaper>
- Audio-Konvertierung
 - audacity: <http://audacity.sourceforge.net/?lang=de>
 - SoX: <http://sox.sourceforge.net/>
- Netzwerk-Analyse
 - Wireshark: <http://www.wireshark.org/>
 - Ngrep: <http://ngrep.sourceforge.net/>
 - SIPp (Test-Tool, Traffic-Generator): <http://sipp.sourceforge.net/>
 - SIPSAK SIP swiss army knife: <http://sipsak.org/>

Fragen und Antworten



Danke für die Aufmerksamkeit!