



# Netzwerke und Internettechnologien 2





# VoIP - Voice over IP



## Netzwerke und Internettechnologien 2

# Lernziele



1

VoIP  
Grundlagen



3

Kennzahlen und  
Anforderungen



2

SIP-  
Architektur



# VoIP (Voice over IP)

*Hier kann optional eine Unterüberschrift oder eine Erklärung eingefügt werden*

- VoIP ist die Übertragung und Vermittlung von Sprach-Daten über ein IP-Netzwerk.
- Dieses Netzwerk kann sowohl lokal (LAN), ein Weitverkehrsnetzwerk (WAN) oder das ganze Internet sein.
- Voice over IP liegt das paketorientierten Internet-Protokoll (IP) zu Grunde.
- Der Einsatz von Voice over IP im Bereich der Telefonie ist darin begründet, dass es wesentlich ressourcenschonender mit dem zur Verfügung stehenden Übertragungsmedium umgeht.
- So lassen sich über eine IP-basierte Breitband-Verbindung mehrere Sprachverbindungen realisieren, bei der klassischen Nutzung einer Telefonleitung war es genau eine.

# VoIP (Voice over IP)

## *Bestandteile*

- Während die Festnetz-Telefonie aus möglichst wenigen Komponenten besteht, sind bei VoIP über das Internet sehr viele Komponenten im Spiel.

VoIP – Anwendung	Call-Manager, Softphone, ...
VoIP – Protokolle	SIP, H.323, RTP, UDP, ...
VoIP unterstützende Dienste	DNS, NAT, QoS, AAA, ...
Betriebssysteme	Linux, Unix, Windows, ...
Hardware	Breitbandmodem, Router, Server, IP-Telefon, Smartphone, ...
Netze	LAN, WAN, DSL, TV-Kabel, ...

# VoIP (Voice over IP)

## *Sprachqualität*

- Die Sprachqualität ist von der Verbindung und vom Codec abhängig, mit dem die Sprache digitalisiert wird. Der Codec G.722 ermöglicht HD-Telefonie (High Definition Sound Performance (HDSP)).
- Bei der Festnetz-Telefonie wird vom Vermittlungssystem eine leitungsvermittelte Verbindungsqualität garantiert. Im Internet durchlaufen die Sprachdaten unterschiedliche Netze und Stationen, was zu Verzögerungen führt.
- Nur mit einer durchgängigen Qualitätssicherung der Verbindung (Quality-of-Service, QoS) ist ein störungsfreies Telefongespräch über das Internet möglich.

# VoIP (Voice over IP)

## Protokolle und Standards

- Die Sprachübertragung über das Internet ist standardisiert.
- Einheitliche Sprachcodecs und Protokolle sorgen dafür, dass eine Verständigung per VoIP auch zwischen Anschlüssen mit Technik unterschiedlicher Hersteller möglich ist.

Voice over IP im OSI-Schichtenmodell		
Schicht		Protokoll
7.	Anwendung	SIP / SIPS
6.	Präsentation	Sprachcodecs G.729 / G.723 / G.711 SIP/SIPs
5.	Session	Signalisierung H.323 / SIP/SIPs Transport RTP
4.	Transport	Transport-Protokolle UDP / TCP / SCTP
3.	Netzwerk	Netzwerk-Protokolle IP
2.	Verbindung	ATM / Ethernet
1.	Physikalische Ebene	DSL / Ethernet

# VoIP (Voice over IP)

## *Transport-Protokolle*

- Bei Voice over IP muss man zwischen den Datenpaketen zum Verbindungsauf- und -abbau (Signalisierung, Call Control) und den eigentlichen Sprachpaketen (Datenstrom) unterscheiden.
- Die Signalisierungsdaten müssen dabei möglichst sicher übertragen werden. Sie steuern die Verbindung. Sie dürfen länger unterwegs sein und einen größeren Protokoll-Overhead haben.
- Wichtig ist der Verbindungsaufbau, bei dem TCP zum Einsatz kommt.



# VoIP (Voice over IP)

## *Transport-Protokolle*

- Dagegen müssen die Sprachpakete schneller und verzögerungsfrei unterwegs sein. Dabei kann man sich eine unsichere Übertragung leisten. Der Verlust eines Datenpaketes ist tolerierbar.
  - In der Praxis sieht das so aus, dass die Sprachpakete zuerst in RTP-Pakete und dann in UDP-Pakete verpackt werden und zur Adressierung zusätzlich mit einem IP-Header versehen werden. UDP ist, im Gegensatz zu TCP, ein verbindungsloses, unsicheres Protokoll, das aber für eine sehr schnelle Übermittlung der Datenpakete sorgt.
  - Die Übertragungstechnik auf dem physikalischen Medium fügt dann noch einen Paketrahmen hinzu, der vom jeweiligen Medium und Übertragungssystem abhängig ist.

# VoIP (Voice over IP)

## *Transport-Protokolle*

### RTP - Realtime Transport Protocol

- RTP ist wie TCP und UDP ein Transport-Protokoll. Es wurde von der IETF entworfen und gewährleistet einen durchgängigen Transport von Daten in Echtzeit, speziell für Audio- und Video-Daten, bei denen je nach Codec 1 bis 20% Paketverlust tolerierbar sind.
- RTP baut auf UDP auf, da die Laufzeit der Pakete gering ist, allerdings hat UDP keine Funktionen, um Paketverluste festzustellen
- RTP verwendet Sequenznummern, um später die Pakete wieder in die richtige Reihenfolge bringen zu können.
- Allerdings garantiert RTP nicht die Dienstqualität der Übertragung (Quality of Service). Bei RTP geht es darum, dass Paketverluste bis zu einem bestimmten Grad akzeptabel sind.

# VoIP (Voice over IP)

## *Transport-Protokolle*

### SRTP – Secure Realtime Transport Protocol

- Nach dem Verbindungsaufbau mit SIP, SIPS oder H.323 werden die Sprachdaten mit RTP übertragen.
- Diese Datenübertragung ist unverschlüsselt und kann von einem Dritten mitgeschnitten werden. Dadurch kann die Gesprächsverbindung belauscht oder manipuliert werden.
- Um diese Sicherheitslücke zu schließen, werden die Sprachdaten mit SRTP verschlüsselt. Damit ist ein Abhören nicht mehr möglich.

# SIP- Architektur



# VoIP (Voice over IP)

## *SIP*

### SIP - Session Initiation Protocol

- Das SIP wurde entwickelt, um Teilnehmer zu Mehrpunktkonferenzen zusammen zu schalten.
- Genauso wie H.323 eignet sich SIP für den Aufbau, Betrieb und Abbau von Sprach- und Video-Verbindungen. Sowohl Punkt-zu-Punkt als auch Multicast-Verbindungen lassen damit steuern.
- Damit ist es ideal für die Punkt-zu-Punkt-Telefonie (VoIP) geeignet.

# VoIP (Voice over IP)

## *SIP*

- SIP erlaubt es, die Telefonie relativ einfach und schnell auf IP-Netze umzustellen.
- Aufgrund seiner Einfachheit ist SIP leicht zu verstehen und der Aufwand für die Implementierung geringer.
- Die Vermittlung der Datenpakete folgt der Logik von IP-Anwendungen.
- SIP ist stark am HTTP (Hypertext Transfer Protocol) angelehnt, aber nicht kompatibel.
- Die SIP-Telefonie lässt sich leicht in Browser-Umgebungen, Webservices, Anwendungen und Geräte integrieren.
- Die Informationen werden allerdings im Klartext übertragen, es lässt es sich abhören und manipulieren. Deshalb empfiehlt es sich, die verschlüsselte Variante **SIPS** zu verwenden.

# VoIP (Voice over IP)

## *SIP*

### Adressierung mittels SIP

- SIP ist für die weltweite Lokalisierung von Benutzern im ganzen Internet ausgelegt. Die Teilnehmer werden mit URL und DNS adressiert.
- Jeder SIP-Teilnehmer hat eine Adresse, die einer E-Mail-Adresse ähnelt UserID@Domain
- Die SIP-Adresse ist zusammen mit der IP-Adresse des Teilnehmers in einer Datenbank des SIP-Providers hinterlegt.
- Die Datenbanken der Provider stehen miteinander in Kontakt und sorgen über diverse Server für den Verbindungsaufbau.

# VoIP (Voice over IP)

*SIP*

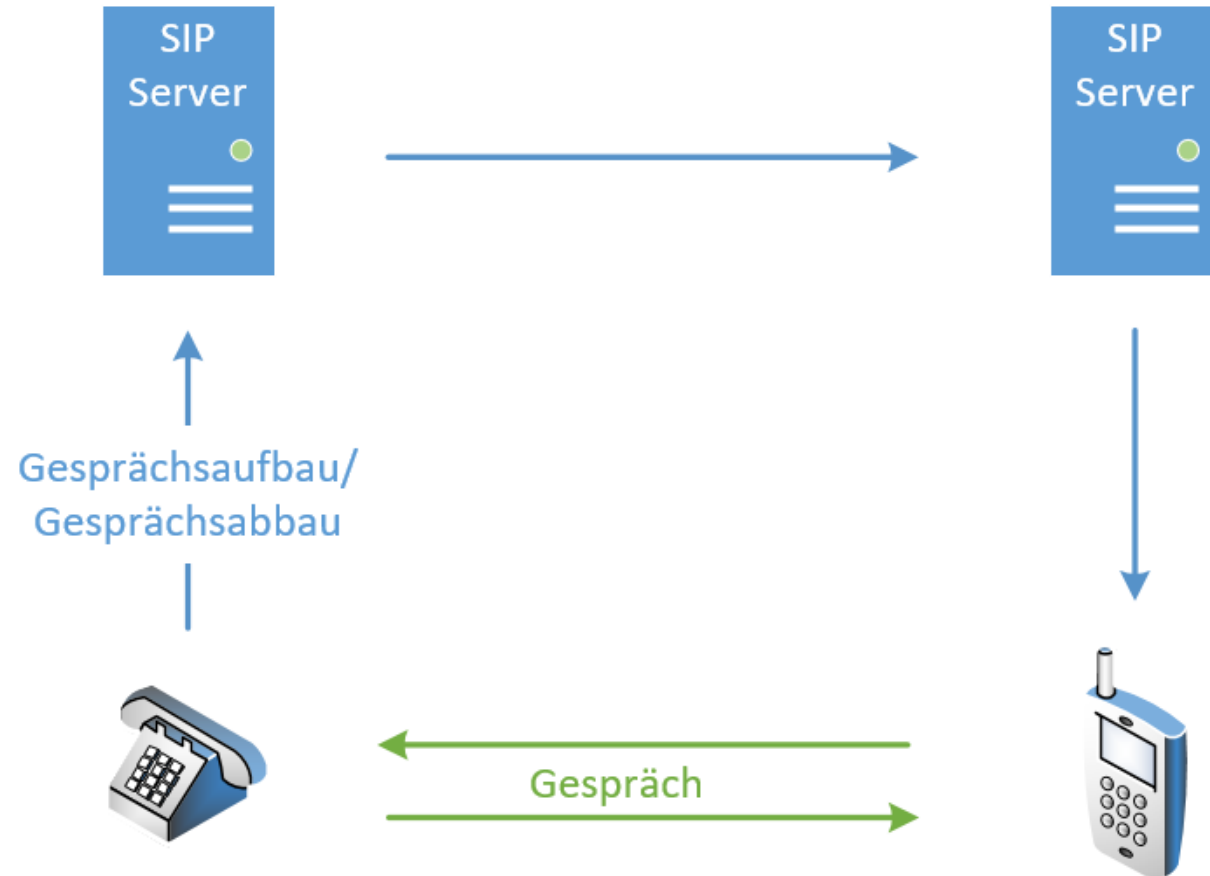


Abbildung 1: SIP (eigene Darstellung)



# Kennzahlen und Anforderungen



# VoIP (Voice over IP)

## *Kennzahlen und Anforderungen*

Abhängigkeit der Sprachqualität von Laufzeit, Jitter und Paketverlusten

- Voice over IP ist nur dann in einem Netzwerk nutzbar, wenn die wichtigen Kennwerte, wie Bandbreite, Laufzeit und Jitter, bei einem voll ausgelasteten Netzwerk einschließlich der Netzübergänge ausreichend sind. Dadurch wird im Wesentlichen die Sprachqualität beeinflusst.
- Die Hauptprobleme entstehen oft durch eine zu geringe Bandbreite und zu lange Distanzen.
- Paketverluste, hoher Jitter und große Verzögerungen reduzieren die Sprachqualität.

# VoIP (Voice over IP)

## *Kennzahlen und Anforderungen*

### Delay - Verzögerung der Laufzeit

- Laufzeitverzögerungen, entstehen bei der Umwandlung der Datenformate und durch das Routing.
- Beim Transport entstehen die größten Verzögerungen. Diese werden in den Zwischenstationen (Switch, Router, Gateway, Firewall und Proxy) erzeugt.
- Eine Verzögerung entsteht auch bei der Digitalisierung und Komprimierung des Sprachsignals, in Abhängigkeit vom Codec und der verfügbaren Rechenleistung.

Ursache	Laufzeit
AD-Wandlung	20 ms
Paketerstellung	30 ms
Sonstige Servicezeiten	10 ms
Routing über 800 Kilometer	50 ms
Jitter Buffering	30 ms
D-A-Wandlung	20 ms
Laufzeit gesamt	160 ms

# VoIP (Voice over IP)

## *Kennzahlen und Anforderungen*

### **Delay** - Verzögerung der Laufzeit

- Die Gesamtverzögerung von Teilnehmer zu Teilnehmer sollte 150 ms nicht überschreiten:
- Eine Verzögerung unter 150 ms ergibt eine sehr gute Sprachqualität.
- Ab einem Delay von 250 ms wird ein Gespräch bereits negativ beeinflusst.
- Mit bis zu 400 ms gilt ein Gespräch noch als akzeptabel.
- Eine Verzögerung ab 400 ms ist deutlich hörbar. Man hört den anderen Teilnehmer noch, obwohl er schon zu Ende gesprochen hat.  
Das führt dazu, dass man dem Gesprächspartner zu oft ins Wort fällt. Dieses Problem kennt man bei Mobilfunkgesprächen, wenn der Empfang einseitig schlecht ist.

# VoIP (Voice over IP)

## *Kennzahlen und Anforderungen*

### Jitter

- In der Netzwerktechnik werden mit Jitter unterschiedliche Laufzeiten von Datenpaketen bezeichnet.
- Dieser Effekt ist insbesondere bei Multimedia-Anwendungen im störend, da dadurch Pakete zu spät oder zu früh eintreffen können, um noch rechtzeitig mit ausgegeben werden zu können. Sie führen zu einer schlechten Sprachqualität.
- Um das zu vermeiden, bedient man sich eines Jitter-Buffers dieser speichert den eingehenden Datenverkehr zwischen, um so ungleichmäßigen, wiederholten oder fehlerhaften Datenfluss auszugleichen.
- Ein unangenehmer Effekt dieser Technik ist eine weitere Verlängerung der Laufzeit.

# VoIP (Voice over IP)

## *Kennzahlen und Anforderungen*

### **Paketverluste – packet loss**

- Ein Sprachpaket enthält nur etwa 20 bis 30 ms an Sprache, was in etwa einer Silbe entspricht. Diese nachzuliefern macht wenig Sinn und ist auch nicht notwendig. Sofern das nicht zu häufig auftritt, ist der Verlust akzeptabel.
- Unser Gehirn ist in der Lage, fehlende oder fehlerhafte, aber in einem logischen Satzzusammenhang stehende Worte bzw. Wortsilben selbständig richtig zu ergänzen.
- Doch wenn Datenpakete allzu oft fehlen, dann macht sich das durch Aussetzer bemerkbar.
- Das reduziert die Sprachqualität. Sobald also viele aufeinanderfolgende Pakete verloren gehen, führt das dazu, dass ganze Wörter oder Satzbestandteile fehlen.

# VoIP (Voice over IP)

## *Kennzahlen und Anforderungen*

### Quality of Service (QoS)

- Für ein Telefongespräch mit Voice over IP in guter Qualität muss eine bestimmte Bandbreite für die Dauer des Gesprächs gewährleistet sein.
- Da Sprachübertragung von der Übertragungstechnik, in diesem Fall die paketorientierten Protokolle, besondere Eigenschaften fordern, lassen sich Übertragungsfehler, Verzögerungen und Laufzeitunterschiede nur durch eine ausreichende Bandbreite oder Protokollzusätze vermeiden.
- Man fasst diese Maßnahmen unter Quality-of-Service (QoS) zusammen. Moderne Geräte für die Nutzung von VoIP erreichen das hauptsächlich durch eine Reservierung von Bandbreite für die Telefonie und einen bevorzugten Transport der VoIP-Pakete.

# Quellen

## Buchquelle

Kersken, Sascha (2017): IT-Handbuch für Fachinformatiker. Der Ausbildungsbegleiter. 8. Auflage, revidierte Ausgabe. Bonn: Rheinwerk Verlag; Rheinwerk Computing.

Luber, Stefan (2020): Was ist RTP (Real-Time Transport Protocol)? In: IP-Insider, 17.02.2020, zuletzt geprüft am 18.05.2021.

Schnabel, Patrick (2013): Netzwerktechnik-Fibel. Grundlagen Netzwerktechnik ; Übertragungstechnik ; TCP/IP ; Anwendungen und Dienste ; Netzwerk-Sicherheit. 3. Aufl. Ludwigsburg.

Schreiner, Rüdiger (2014): Computernetzwerke. Von den Grundlagen zur Funktion und Anwendung. 5., erw. Aufl. München: Hanser.

WIRECLOUD (2018): Was ist ein SIP-Trunk? Alles, was Sie 2020 wissen müssen. Online verfügbar unter <https://www.wirecloud.de/sip-trunk/>, zuletzt aktualisiert am 31.03.2021, zuletzt geprüft am 18.05.2021.



# VIELEN DANK!

