

Voice over IP

Seminararbeit von Paul Rusbült und Thomas Papke

1.	Einleitung	3
2.	Funktionsweise VoIP	4
2.1.	Signalisierungsprotokolle	5
2.1.1.	Session Initiation Protocol	5
2.1.2.	H.323	6
2.2.	Übertragungsprotokolle.....	6
2.3.	Anbindung herkömmlicher Netze	7
2.4.	Erreichbarkeit über Telefonnummer	8
3.	Probleme bei VoIP	8
4.	Vorteile.....	9
5.	Verzögerungsproblematik(Bild 4.4).....	10
6.	Probleme aufgrund der Verzögerungsproblematik	11
7.	Verzerrungen	11
8.	Paketverluste	11
9.	Nat-Problematik	12
10.	Verbesserung des Übertragungsverhaltens	12
11.	Verbesserung der Sprachqualität.....	13
12.	Dienstgüte (QoS).....	13
13.	Quellen	15

1. Einleitung

Im Zeitalter von Internet und Email kommt einem das Telefon schon als veraltet und regelrecht überholt vor. Doch gerade die Kommunikation über das Telefon erlebt derzeit einen gigantischen Umbruch. Nach der Einführung des Fernsprechverkehrs vor über 120 Jahren mit dem Fräulein vom Amt, kam vor 10 Jahren bereits die Revolution durch Mobilfunk und steht uns die nächste Revolution bevor, indem Daten und Telefonnetz verschmelzen.

Das Zauberwort der Revolution heißt VoIP. Voice over IP ist die sprachbasierte Kommunikation über das etablierte TCP/IP Netzwerk. Greift man heutzutage noch zum Telefonhörer und belegt mit einem Telefonat erhebliche Bandbreite im Telefonnetz und sogar eine komplette Leitung daheim, wird dies in 10 Jahren wahrscheinlich nicht mehr so sein.

Viele die schon von VoIP oder auch der „Internettelefonie“ gehört haben, haben meist im Hinterkopf das man umständlich über den PC mit einem Headset telefonieren muss und dabei eine miserable Sprachqualität hinnehmen muss. Viele Internetanbieter werden und haben VoIP Dienste in ihre Produktpalette integriert. So hat beispielsweise Freenet mit folgender Software bewiesen, dass telefonierten über Internet mit normalen Telefonen qualitativ mithalten kann und preislich dieses sogar unterbietet.



2 Varianten eines SIP Softphones (links Freenet iPhone und rechts Xten X-Lite)

Heutzutage ist es allerdings nicht mehr zwingend notwendig den Computer anzuschalten. VoIP kann auch über herkömmliche Telefone, die an Adapterboxen angeschlossen werden oder auch über spezielle Telefone verwendet werden.

Das abgebildete Telefon kann beispielsweise direkt an einen Internet Router angeschlossen werden und kann wie ein herkömmliches Telefon bedient werden.



Grandstream VoIP Telefon

VoIP bringt nicht nur Kostenvorteile mit, sondern auch Probleme die darauf begründet sind, dass das Internet nicht für Echtzeitanwendungen konzipiert wurde.

2. Funktionsweise VoIP

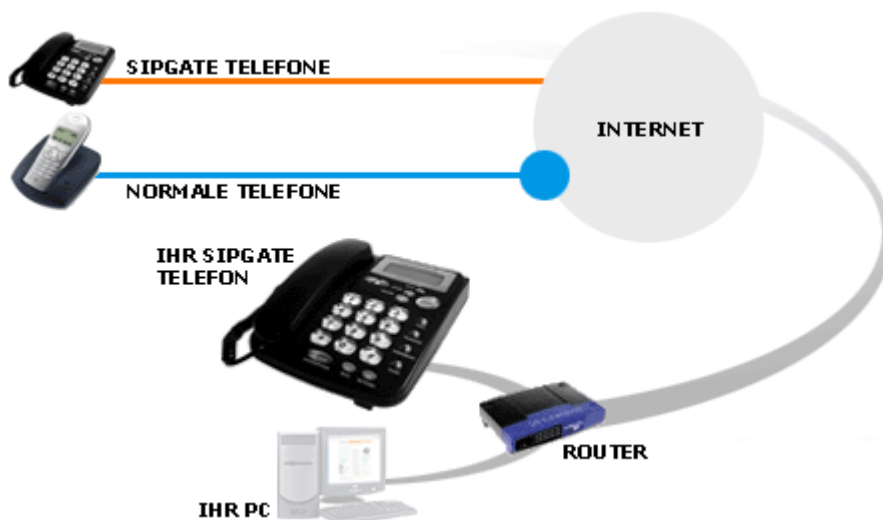


Schaubild www.sipgate.de

Für die Betrachtung der Funktionsweise von Voice over IP spielt es keine Rolle ob man ein Hardware Telefon besitzt oder ein Software Telefon. Es wird im Folgenden immer von einem VoIP Gerät gesprochen.

Um die Funktionsweise eines Telefons überhaupt erst zu ermöglichen, gibt es diverse standardisierte Protokolle, die im Folgenden beleuchtet werden. Signalisierungsprotokolle regeln die komplette Interaktion und die Übertragungsprotokolle übertragen das eigentliche Telefonat. Durch die Standardisierung der Protokolle können Hardware und die Anbieter beliebig kombiniert werden.

2.1. Signalisierungsprotokolle

Der Markt von VoIP wird von 2 konkurrierenden Protokollen durchmischt. Diese sind für die eigentliche Funktionalität von VoIP verantwortlich. Signalisierungsprotokolle regeln den Verbindungsaufbau zwischen 2 oder mehreren Kommunikationspartnern (z.B. bei Konferenzschaltung).

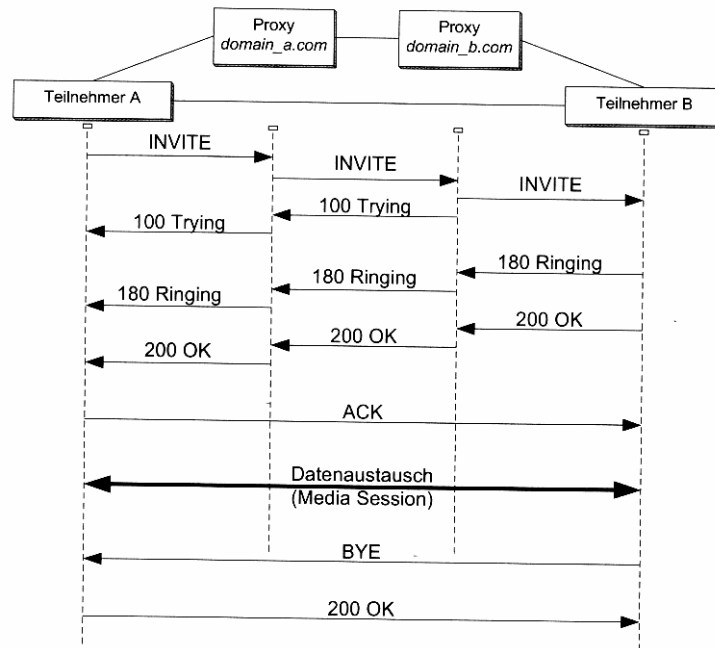
2.1.1. Session Initiation Protocol

SIP ist 1999 von der IETF¹ ins Leben gerufen wurden. SIP arbeitet genau wie das http Protokoll mit ASCII Kommandos für die Kommunikation und setzt auf TCP auf.

Ein Beispiel soll die Funktionsweise von SIP verdeutlichen. Schließt man ein SIP fähiges VoIP Telefon an das Internet an und konfiguriert es auf einen SIP Provider, so registriert dieses sich beim SIP Proxy des Anbieters. Die Registrierung ist notwendig, um für andere erreichbar zu sein. Das folgende Schaubild veranschaulicht nun wie SIP arbeitet wenn TeilnehmerA@domain_a.com mit TeilnehmerB@domain_b.com führen möchte.

TeilnehmerA muss die Domain und Nickname bekannt sein oder dessen Rufnummer, falls das bereits unterstützt wird.

¹ Internet Engineering Task Force



2.1.2. H.323

Von der ITU-T² wurde bereits 1996 der Standard H.323 mit vielen Unterstandards spezifiziert. H.323 kann als vollständiger Standard für Audio-, Video- und Datenkonferenzen angesehen werden. Er arbeitet dem SIP Standard sehr ähnlich. Die Signalisierung erfolgt aber dabei nicht mehr in Textform sondern binär, was wesentlich schwerer auswertbar ist (z.B. für administrative Zwecke). Ebenso ist H.323 durch viele integrierte Standards wesentlich komplexer als SIP. Die Zusammenarbeit von H.323 und SIP wird jedoch auch in heterogenen Umfeldern ermöglicht, da der Medientransport bei H.323 genau wie bei SIP über RTP³ übermittelt wird.

2.2. Übertragungsprotokolle

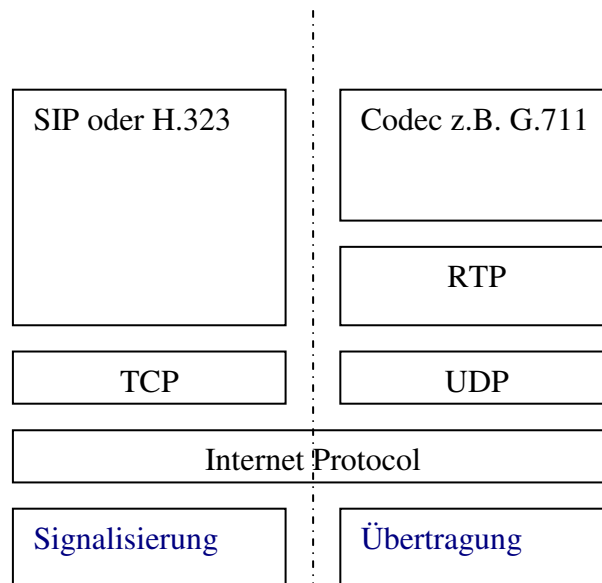
Die Signalisierungsprotokolle handeln jeweils ein Übertragungsprotokoll aus, welche beide Clients unterstützen. Dabei wird meistens auf Komprimierung zu Gunsten einer kürzeren Verzögerung verzichtet. Die Übertragungsprotokolle setzen dabei alle auf RTP auf, welches sich im Bereich von Audio- und Videoechtzeitübertragungen im Internet durchgesetzt hat. Dieses wiederum setzt auf UDP⁴ auf und arbeitet verbindungslos, das heißt, dass der Sender bereits ohne aktiven Empfänger Datenpakete versenden kann. Die Übertragung der Daten erfolgt per UDP Peer-to-Peer ohne wiederholtes senden verlorener Pakete (da sonst

² International Telecommunication Union (ITU) Telecommunication Standardisation Sector

³ Real-Time Transport Protocol

⁴ User Datagram Protocol

zusätzliche Verzögerung). Peer-to-Peer wiederum bedeutet, das die Teilnehmer sich die Datenpakete direkt zusenden ohne diese über die SIP Proxies zu versenden, da dies wiederum zu einer erhöhten Verzögerung führen würde und einer zusätzlichen Last auf den SIP Proxies führen würde. RTP führt aber eine Statistik über die Anzahl verlorener Pakete – die Applikationsschicht kann dann ggf. entscheiden einen höher komprimierten Codec einzusetzen.



Die Codecs, die von VOIP verwendet werden, sind dabei alle von der ITU-T. Sehr häufig bietet die Software mehrere Codecs zur Auswahl. Sehr oft eingesetzt wird dabei der G.711 Standard. Dieser wird auch im öffentlichen Telefonnetz verwendet und ist somit optimal um Telefongespräche von VOIP in das öffentliche Telefonnetz zu vermitteln, da keinerlei Konvertierungsaufwand besteht. Dieser Codec arbeitet mit unkomprimierter Sprache mit 64kbit/sek Übertragsrate, 8bit Abtastauflösung und 8khz Samplingrate.

Da nur etwa 30% des Sprachkanals nur effektiv genutzt werden, wird in der verbleibenden Zeit die Übertragung unterbrochen. Somit lässt sich erheblich Bandbreite einsparen. Für das menschliche Gehör würde eine solche „null Übertragung“ allerdings als „tote Leitung“ wahrgenommen. Aus diesem Grund wird ein leises Rauschen erzeugt.

2.3. Anbindung herkömmlicher Netze

VoIP hätte es wahrscheinlich extrem schwer, wenn man nur innerhalb des Internet telefonieren könnte. Um die Verbindung in das herkömmliche Telefonnetz zu ermöglichen, werden so genannte Gateways eingesetzt. Möchte eine VoIP Teilnehmer mit einem Festnetzanschluss Teilnehmer telefonieren, ist das für ihn kein Unterschied. Nachdem der VoIP Teilnehmer die gewünschte Nummer gewählt hat, erkennt der VoIP-Server des Teilnehmers, dass es sich um eine Festnetznummer handelt und stellt die Verbindung zum

Gateway des VoIP Anbieters her. Der Teilnehmer ist dann Peer-to-Peer mit dem Gateway verbunden und das Gateway stellt eine herkömmliche Telefonverbindung zum gewünschten Anschluss her. Das Gateway fungiert damit als Vermittler.

2.4. Erreichbarkeit über Telefonnummer

Da man über VoIP nicht nur selbst anrufen möchte, sondern auch erreichbar sein will, benötigt man eine Technik um erreichbar zu sein (insbesondere vom herkömmlichen Festnetz).

Derzeit befindet sich hierfür ENUM (tElephone NUmber Mapping) in der Testphase (in Deutschland ist die Denic dafür zuständig). Dieses Verfahren arbeitet ähnlich wie das DNS (Domain Name System). DNS stellt eine logische Verbindung zwischen leicht zu merkenden Domain's und den dazugehörigen Adressen her. ENUM erweitert die Möglichkeiten von DNS. In Zukunft wird es möglich sein, eine Internet-Ressource mit einer Telefonnummer zu verknüpfen. Mit der Umsetzung der Telefonnummer ist es damit möglich einen VoIP Teilnehmer aus dem Festnetz zu erreichen und außerdem auch innerhalb des Internets andere Voip Teilnehmer anhand ihrer Telefonnummer zu adressieren.

3. Probleme bei VoIP

Wenn Voice over IP so einfach zu verwenden und zu implementieren wäre, wie es das bisher suggerierte, wäre der Ansturm wahrscheinlich kaum mehr zu bremsen. Jedoch ist, anders als beim bisherigen Telefonnetz, das Internet bzw. Netzwerkarchitekturen rein auf Datentransfer ausgelegt und weniger auf Übertragung von Echtzeitdaten wie Sprache.

Probleme sind z.B. Verzögerungen die durch unterschiedlichste Ursachen verursacht werden können und vom Menschen als sehr störend empfunden werden. Auf dieses Thema wird im Folgenden noch weiter eingegangen.

Weitere Probleme sind z.B. die benötigte Bandbreite. Der G.711 Code benötigt etwa eine Bandbreite von 90kbit/sek. (Up- und Downstream) und ist somit nur mit ISDN aufwärts zu bewältigen. Eine Möglichkeit diese Bandbreite über den gesamten Zeitraum zu gewährleisten ist Quality of Service. Auf diesen Möglichkeiten wird im Folgenden noch eingegangen.

Ein Problem mit dem sich derzeit die Regulierungsbehörde für Telekommunikation befasst, ist die Notrufproblematik. In Deutschland und auch in anderen europäischen Ländern werden Notrufe über Festnetz oder Mobilfunk immer zur nächstgelegenen Notrufzentrale geleitet. Da man bei VOIP standortunabhängig ist und der Standard quasi auch nicht erfassbar ist, ist es derzeit somit nicht möglich Notrufe abzusetzen.

Da Firmen und Privatleute zunehmend eigene Subnetze betreiben und nur mit einer öffentlichen Adresse im Internet sichtbar sind, besteht zudem das Problem der Erreichbarkeit. Die Signalisierungsschicht hat durch NAT⁵ in Routern keine Probleme die Verbindung herzustellen. Sobald aber eine Übertragung stattfinden soll, ist dies nicht mehr möglich, da die Personen im eigenen Subnetz nicht direkt Erreichbar sind. Mögliche Lösungen sind hierfür die Öffnung von Ports und direkte Weiterleitung an die Entsprechende Clients.

Da VOIP quasi noch in den Kinderschuhen steckt, sind Anschaffungskosten im Vergleich zu herkömmlichen Telefonsystemen sehr teuer. Einfache VOIP Telefone für den Privatgebrauch kosten beispielsweise etwa 100Euro.

4. Vorteile

Trotz der höheren finanziellen Anschaffungskosten, schwenken Firmen mehr und mehr auf VOIP im Intranet um, da Kosten für die Wartung und Verwaltung von 2 Netzen (Telefonnetz und Netzwerk) eingespart werden können.

Da Anbieter von VOIP Diensten entweder gar keine oder nur wenige km leitungsorientierter Vermittlung in Anspruch nehmen, sinken die Kosten. Diese Ersparnis geben die Anbieter an Endkunden weiter. Derzeit ergibt sich daraus, das Telefonate für Privatkunden innerhalb des Internets kostenlos geführt werden und in das Festnetz erhebliche Einsparungen zu verzeichnen sind. Im Idealfall hat ein Anbieter in jedem Land mindestens ein Gateway, so das teure landesübergreifende Verbindungen nicht in Anspruch genommen werden müssen.

Ein weiterer Vorteil ist z.B. die Integration von Verzeichnisdiensten in Telefonanlagen. So können in Firmen „globale“ Telefonbücher gepflegt werden, die über das Telefon erreichbar sind und somit eine höhere Produktivität zur Folge haben, da das umständliche raussuchen von Telefonnummern entfällt. Weitere Dienste wie z.B. Bildtelefonie können nahezu beliebig erweitert werden.

Ein einstiges Manko, die Sprachqualität, kann in Zukunft zum Vorteil werden, wenn zusätzliche Bandbreiten bessere Codecs zulassen.

Ein Vorteil des Mobilfunks, die Standortunabhängigkeit, kann auch im VOIP Bereich eingesetzt werden. Deshalb wird beispielsweise SIP in UMTS als Signalisierungstechnik bereits erfolgreich eingesetzt.

⁵ Network Adress Translation

5. Verzögerungsproblematik

Die Verzögerungszeit(Delay) ist aus verschiedenen Faktoren zusammengesetzt.

- i. Kodierung/Kompression
 - ii. Paketisierung
 - iii. Serialisierungszeit
 - iv. Netzwerk
 - v. Signallaufzeit
 - vi. Jitter
-
- i. Damit ist die Verzögerung gemeint, die gebraucht wird für die Kodierung und Dekodierung der digitalen Sprachverarbeitung in den Endgeräten. Je nach eingesetztem Sprachcodec ergibt sich eine andere Verzögerungszeit.
 - ii. Das ist die Zeit, die gebraucht wird von der Verarbeitung der Sprachdaten in Pakete im Protokollstack des Senders bis zum versenden der Datenpakete zum Protokollstack des Empfängers und der anschließenden Weiterleitung an die Anwendung(Dekoder). Bei der Komprimierung der Sprachkodierung wird eine Datenblockgröße gewählt, wo ein Zeitsegment enthalten ist, was natürlich zu mehr Verzögerung führt.
 - iii. Da die Daten in einem Netzwerk seriell übertragen werden, dauert es eine Zeit bis der Sender alle Informationen zu einem Datenpaket gesendet hat und dazu kommt jetzt noch die Zeit die auf der Empfangsseite gebraucht wird, bis das Paket vollständig ist und bis es an höhere Protokollschichten, wo dann die Verarbeitung stattfindet. Die Serialisierungszeit ist nun der Quotient aus der Framegröße der Datenpakete inklusive der Header und der Übertragungsrates des Netzwerkinterfaces.
 - iv. Ist die Zeit, die für die Netzwerkkomponente gebraucht wird, bis die Weiterleitungsinformationen verarbeitet werden und anschließend weitergeleitet werden, entweder zur nächsten Zwischenstation oder zum Ziel. Des Weiteren ist diese Zeit noch abhängig von der aktuellen Auslastung der Netzwerkkomponenten und der Protokollimplementierung.
 - v. Ist die ganze physikalische Laufzeit eines Signals von Endgerät zu Endgerät, über eine beliebige Signalstrecke. Bei Voip gibt es eine analoge und eine digitale Strecke.
 - vi. Jitter sind Schwankungen der Verzögerungszeit, da nicht alle Ursachen der Signalverzögerung fix sind. Um diese Schwankungen auszugleichen existieren beim Empfänger so genannte Jitter-Buffer. Die Verzögerungszeit beim Jitter-Buffer und die

Verzögerungszeit beim Netzwerk sind variabel, die anderen genannten mit ihren Verzögerungszeiten stehen schon vorher fest.

6. Probleme aufgrund der Verzögerungsproblematik

Echos existieren auch schon in der analogen Telefonie und dadurch wurde es auch an Voip weitervererbt. Die Echos entstehen bei der Umsetzung digitaler Signale in analoge, oder bei der Umsetzung zwischen Vierdraht- und Zweidrahtleitungen, der so genannten Gabelschaltung, bei jedem Telefonendgerät. Die Gabelschaltung ermöglicht das gleichzeitige Hören und Sprechen. Dabei kommt es zu Leitungsreflexionen, die auch in analogen Steckverbindungen vorkommen können. Ab einer Verzögerungszeit von mehr als 25 ms, wird das Echo als störend empfunden, bei Werten unterhalb von 25 ms wird das Echo nicht wahrgenommen. Damit dieses Problem gelöst werden kann, werden Echokompensationsverfahren eingesetzt.

7. Verzerrungen

Entstehen schon bei der Digitalisierung des Sprachsignals durch einen Analog-/Digitalwandler, diese ist jedoch gering und kann meist für Sprachtelefonie vernachlässigt werden. Verzerrungen entstehen aber auch bei der verlustbehafteten Komprimierung, wo zunächst nur nicht wahrnehmbare Signalanteile eliminiert werden, bei höher Kompression werden dann auch zunehmend hörbare Signale entfernt, wie z.B. beim Vocodern, welcher ein synthetisches Sprachsignal erzeugt, welches zum Original als Verzerrung wahrgenommen wird.

8. Paketverluste

Durch Datenverluste oder Übertragungsfehler entstandene Lücken oder fehlerbehaftete Daten können je nach Codec bis zu 5% der übertragenden Sprachpaket wiederhergestellt werden. Datenfehler werden durch Fehlerkorrekturmaßnahmen beseitigt ohne dass der Gesprächspartner etwas davon merkt.

Wie kann man nun diese Probleme zum Teil entschärfen oder ganz eliminieren? Durch folgende Verfahren, welche einerseits das Übertragungsverhaltens verbessert und andererseits zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit führt.

9. Nat-Problematik

Wie schon im Punkt 3 kurz beschrieben existiert dieses Problem, weil ein Nutzer von außen nicht eindeutig ansprechbar ist, was vor allem bei Voip schlecht ist, wenn er angerufen werden will. Um dieses Problem zu lösen gibt es 2 Optionen.

Bei der ersten Option, des Application Layer Gateways (ALG), wird der Ansatz benutzt die Firewall zu steuern. Da dieser Gateway die Signalingprotokolle kennt, leitet er mit Hilfe eines Steuerprotokolls die Signalinginformationen (IP+Portnummer) an die Firewall/NAT weiter, wodurch der Datenkanal für die Dauer der Datenverbindung geöffnet wird.

Die zweite Option nutzt das Firewall Enhancement Protocol (FEP). Dieses Protokoll ist Herstellerunabhängig, aber noch nicht standardisiert. Bei diesem Protokoll werden, bei blockiertem Port, die TCP-IP Daten in HTTP-Telegramme übersetzt und über den TCP-IP Protokollstack übermittelt.

10. Verbesserung des Übertragungsverhaltens

Maßnahmen um dieses zu erreichen sind Sprachpriorisierung, Segmentierung von IP-Paketen, ein Jitter-Buffer und das Bandbreitenmanagement.

- **Sprachpriorisierung**

IP-Pakete mit Sprachdaten werden bevorzugt behandelt, was zur Folge hat dass die Verzögerung abnimmt, da durch Verzögerungen/Verwerfen von Datenpaketen bei Überlast es zu Verzerrungen kommt.

- **Segmentierung von IP-Paketen**

Große Pakete werden auf viele kleine Pakete aufgeteilt, dadurch entfallen Erscheinungen, wie dass große Datenpakete bei Netzwerkkomponenten zu Staus führen können, aufgrund der seriellen Abarbeitung der Pakete.

- **Jitter-Buffer**

Der Jitter-Buffer ist ein Pufferspeicher, der beim Empfänger aktiviert wird, um Verzögerungsschwankungen auszugleichen versucht. Dies bewerkstelligt er, indem eine bestimmte Menge von Sprachinformationen erst gespeichert werden und wenn dann ein bestimmter Mindestfüllstand erreicht ist, er automatisch mit der Wiedergabe beginnt. Es gibt auch noch den adaptiven Jitter-Buffer, der die Größe des Pufferspeichers dynamisch anpasst, anhand der Übertragungsverhältnisse.

- **Bandbreitenmanagement**

Hierbei wird die bestehende Bandbreite speziell für einzelne Dienste konfiguriert, wie z.B. für Sprachtelefonie, Video oder anderes.

11. Verbesserung der Sprachqualität

Die Verbesserung der Sprachqualität wird durch Echokompensation, Sprachpausenerkennung und Rauscherzeugung erlangt.

- **Echokompensation**

Durch dieses Verfahren sollen Echos verringert werden, dies wird über das Zeitgleichlageverfahren geschafft. Hierbei werden die Echos so genau wie möglich nachgebildet und dann vom empfangenen Signal subtrahiert, des weiteren muss dieser Echokompensator adaptiv sein und sich verändernden Leitungseigenschaften anpassen können.

-**Sprachpausenerkennung(Voice Activity Detection (VAD))**

Die Sprachübertragung wird unterbrochen, wenn der Signaleingangsspiegel für eine bestimmte Zeitdauer einen festgelegten Schwellenwert nicht überschreitet, was zu einer Reduzierung des Datenvolumens kommt, da sonst nur knapp 30% einer Leitung genutzt wird. Nachteilig wirkt sich hier jedoch aus, dass wenn die Sprachübertragung mal unterbrochen wurde, der Schwellenwert für eine bestimmte Zeit wieder überschritten werden muss, wobei es passiert, dass die ersten Silber dadurch „verschluckt“ werden.

- **Rauscherzeugung**

Dieses Verfahren wird Comfort Noise Generation(CNG) genannt. Durch dieses Verfahren wird ein leises Rauschen eingeblendet, damit es eine aktive Verbindung vortäuscht, da für das menschliche Gehör erscheint eine Sprachverbindung, ohne Signal, als „tote“ Leitung erscheint

12. Dienstgüte (QoS)

Die Dienstgüte(Quality of Service) beinhaltet Funktionen/Verfahren um die Nachteile von paketorientierten Netzen gegenüber leitungsvermittelnden Netzen so weit wie möglich auszugleichen. Diese Verfahren sind Ressourcenreservierung, Priorisierungsmechanismen, Fehlerkorrekturmaßnahmen, Label Switching und Datenpriorisierung.

Ressourcenreservierung ist, dass vor dem Aufbau der Verbindung die benötigte Bandbreite auf der gesamten Übertragungsstrecke reserviert wird, wobei ein fester Weg (Route) für die Datenpakete gewählt wird.

Bei den **Priorisierungsmechanismen** sollen die Sprachpakete bevorzugt weitergeleitet werden, was jedoch nicht garantiert werden kann, da beispielsweise ein niedrig priorisiertes Datenpaket ein wichtiges Sprachpaket blockieren kann, nur weil es vorher eingetroffen ist.

Das **Fehlerkorrekturverfahren** durch Redundanzmechanismen wird Forward Error Correction (FEC) genannt, wobei den Sprachdaten Redundanzinformationen hinzugefügt werden, damit bei Ausfällen/Verlusten die Informationen nachberechnet werden können. Dabei werden zwei Verfahren unterschieden. Das erste Verfahren ist das Intrapaket-FEC, welches die Redundanzinformationen innerhalb des Paketes einfügt. Das zweite Verfahren ist das Extrapaket-FEC, wobei hier der Unterschied zum ersten Verfahren ist, dass hier die Redundanzinformationen separat versendet werden.

Das **Label Switching** heißt eigentlich Multiprotocol Label Switching (MPLS), welches genutzt werden kann um IP-Pakete mit besonders geringer Verzögerung durch ein Netzwerk zu leiten, wobei der gleichen Verbindung über die gleiche Route geleitet und somit kein Fremder Zugriff auf den Datenstrom hat.

Bei den Verfahren bei der **Datenpriorisierung** werden zwei Ansätze unterscheiden. Der erste Ansatz beschäftigt sich damit die Datenpriorisierung auf der 2. Schicht des OSI-Referenzmodells umzusetzen. Hierbei wird der Standard IEEE 802.1p im Zusammenhang mit 802.1Q genutzt. Durch letztgenannten Standard gibt es im Ethernet-Header einen VLAN-Tag von der Größe von 4 Bytes. Von diesen 4 Bytes werden nun 3 Bits für eine Prioritätensteuerung genutzt mit 8 Ebenen, wobei je höher die Ebenen werden desto wichtiger sind die Datenpakete, die Sprachpakete haben eine Priorität von 6. Des Weiteren existiert jetzt pro Priorisierungsstufe eine Warteschlange und nicht wie vorher nur eine für alles, wobei bei voller Warteschlange die nächsten Pakete verworfen wurden. Damit dieses Verfahren auch funktioniert, müssen alle Netzwerkkomponenten dieses Verfahren lückenlos einsetzen. Ab dem 10-Gigabit Ethernet Standard wird von vornherein der IEEE 802.1Q unterstützt.

Das andere Verfahren nutzt die Datenpriorisierung auf der 3. Schicht des OSI-Modells, der Netzwerkschicht. Hierbei gibt es einmal die Verfahren des Type of Service Bits (ToS-Bits), der Integrated Service und des Differentiated Services.

Bei dem ToS-Bits Verfahren können im IP-Header von IPv4 die ersten 3 Bits genutzt werden um maximal 8 Serviceklassen zu definieren. Beim IPv6 gibt es auch ein entsprechendes Feld mit der Bezeichnung Traffic Class, welches jedoch nicht direkt in Verbindung mit dem ToS-Verfahren gebracht werden kann.

Das Integrated Services Verfahren spezifiziert ein Architekturmodell für Router um QoS zu garantieren, indem es zwischen garantierten und vorhersagbaren Diensten unterscheidet und dies mit Ressourcenmanagement umsetzt.

Beim Differentiated Services Verfahren wird das Verhalten einer einzelnen Netzwerkkomponente beschrieben, indem es das ToS-Byte des IPv4-Headers neu interpretiert, dabei werden jetzt 6 der vorhandenen 8 Bits genutzt. Dieses Verfahren geht von einem geschlossenen Netz aus, wo das Verfahren lückenlos eingesetzt wird, da es sonst zu unvorhersagbarem Verhalten führen kann. Das Netzwerk kann mehrere Domains mit einbeziehen, wobei durch Service Level Agreements(SLA) das Verhalten zwischen diesen Domains beschrieben wird.

13. Quellen

Jochen Nölle, „Voice over IP“, 2003, ISBN 3-8007-2708-0
<http://www.sipgate.de>