



Voice-over-IP (VoIP) – Neue Technologie für IP-Telefonie

Detken Consultancy & Internet Technologies

AUTOR:

Dipl.-Ing. Kai-Oliver Detken studierte Informationstechnik an der Universität Bremen. Heute führt er als Senior IT Consultant die DECOIT (<http://www.decoit.de>) an, ist Dozent an der Hochschule Bremen und arbeitet als freier Autor und Berater im IT-Umfeld.

1 Einleitung

Die Sprachübertragung ist, seitdem die Telephonie eingeführt wurde, immer durch leitungsvermittelte Netze, also verbindungsorientiert, realisiert worden. Für ein Telefongespräch wird deshalb über spezifische Leitungen zwischen zwei Endpunkten eine Verbindung aufgebaut. Diese durchgeschaltete Leitung steht exklusiv für die Teilnehmer während einer Verbindung zur Verfügung und muss sich die Bandbreite nicht mit anderen Benutzern teilen. Nachdem das Gespräch zwischen den beiden Parteien beendet wurde, wird die Leitung wieder freigegeben.

Im Gegensatz dazu haben sich die paketvermittelten Netze für die reine Datenübertragung gebildet. Sie sind verbindungslos aufgebaut, verschicken Datenpakete zur Kommunikation und müssen unterschiedliche Datenmengen meistern. Die entstehenden Schwankungen im Verkehrsaufkommen, durch die unterschiedliche Belastung entstehen, werden mit verschiedenen Signalarten (z.B. Daten und Sprache) und Teilnehmern kombiniert, um die Übertragungsbandbreiten und Vermittlungskapazitäten dynamisch zwischen diesen aufzuteilen. Die Datenpakete benötigen auf dem Weg durch das Netz einen Protokollkopf (Header), der u.a. die Zieladresse enthält. Dabei werden sie von Routern zwischen unterschiedlichen Netzen weitergeleitet. Router setzen zur Erkennung der optimalen Wegwahl Algorithmen ein. Erhöhte Belastung des Routers werden durch Warteschlangen (Waiting Queue) ausgeglichen, indem die Pakete erst zwischengespeichert und nach der Entlastung des Routers weitergeleitet werden. Diese flexible heterogene Struktur beinhaltet aber höhere Verzögerungszeiten und schwankende Ankunftszeiten der Pakete. Dabei besitzen die Paketlaufzeiten, Paketverluste und Jitter einen erheblichen Einfluss auf die Übertragungsqualität eines Sprachsignals.

2 VoIP löst traditionelle Telephonie-Infrastruktur ab

In den letzten Jahren hat ein Thema immer mehr an Bedeutung gewonnen: Voice-over-IP. Man erhoffte sich dadurch eine preiswerte Alternative zu herkömmlichen TK-Netzen, da man bei Internet-Diensten nur den Nahverkehr bezahlt. Dadurch waren gerade Unternehmen an Lösungen interessiert, die weit entfernte Standorte miteinander koppeln müssen. Die Qualität im Internet ist allerdings alles andere als gut. Durch die verbindungslosen Eigenschaften des Internet-Protokolls (IP), heterogene Struktur, fehlendes Netzmanagement, unterschiedliche Paketgrößen und Belastungszeiten, entstehen Verzögerungszeiten, die sich schwer beherrschen lassen. Zusätzlich muss die Sprache noch komprimiert werden, da das Internet sehr empfindlich auf hohe Anforderungen an die Bandbreite reagiert. Hinzu kommt, dass selbst mit neuen Protokollen wie dem Resource Reservation Setup Protocol (RSVP) keine wirkliche Dienstgüte erreicht werden kann. Es lassen sich nur Ressourcen, d.h., Bandbreiten für bestimmte Applikationen freihalten, die bei Überbelastung des Netzes wieder abgegeben werden müssen.

Allerdings hat sich innerhalb eines Jahres die Qualität der Sprachübertragung stark verbessert. Konnte man vor 1,5 Jahren bei geringer Belastung des Internets gerade noch dem Gespräch folgen, so kompensieren heute neue Kompressionsalgorithmen und intelligente Empfangspuffer (FIFOs) die meisten unterschiedlichen Laufzeiten der Datenpakete und lassen so die Sprache nicht abreißen. Dabei muss man allerdings auf 100 ms Verzögerung durch Netzbelastung im optimalen Fall Rücksicht nehmen. Im schlechtesten Fall kann allerdings die Verzögerung mehrere 100 ms betragen. Das

empfindliche menschliche Ohr bemerkt aber bereits ab einer 25-ms-Verzögerung Qualitätsunterschiede. Im Mobilfunkbereich bei GSM-Handys hat sich durch das Problem der Zeit- und Frequenzselektivität eine ähnliche Minderung der Sprachqualität bemerkbar gemacht. Hier werden ebenfalls Paketdaten komprimiert und über die empfindliche Funkschnittstelle gesendet. Die schwankende Qualität hat sich aber nicht negativ auf den Markt ausgewirkt. Im Gegenteil, der Marktanteil der Handy-Besitzer steigt jedes Jahr um ein Vielfaches an.

3 VoIP-Einsatzbereiche

Es lassen sich unterschiedliche Szenarien ableiten um Voice-over-IP zu nutzen, die unterschiedliche Qualitäten beinhalten. Die einfachste Lösung ist dabei, eine Software auf dem Client zu installieren (z.B. NetMeeting), die kostenlos im Internet erhältlich ist. Natürlich muss der PC mit einer Soundkarte ausgestattet sein und über ein Headset verfügen. Anschließend kann man Punkt-zu-Punkt-Verbindungen über das Internet zu beliebigen anderen Rechnern durch Angabe der IP-Adresse aufbauen. Mehrpunkt-Konferenzen lassen sich durch Hinzunehmen von Microsofts ILS-Servern aufsetzen. Folgende Nachteile ergeben sich allerdings aus dieser Lösung:

- Die **Sprachqualität** hängt stark von der Belastung des Internets ab, da man über eine Strecke geroutet wird, die nicht vorhersehbar ist.
- Die bestehende **TK-Infrastruktur** wird nicht mit einbezogen.
- **Kommunikation** ist nur zwischen zwei PCs möglich, die über die gleiche Software verfügen.

Um die TK-Anlage mit in das Szenario zu integrieren, können IP-Gateways zum Einsatz kommen, die die Umwandlung der TCP/IP-Protokolle auf die TK-Welt vornehmen. Zusätzlich lassen sich auch weiterhin Anrufe in und aus dem öffentlichen Telefonnetz vermitteln. Das Telefon kann dann wahlweise über das Internet das Gespräch aufbauen oder das analoge (PSTN) bzw. das digitale Fernnetz (ISDN) bevorzugen. Diese Möglichkeit beinhaltet aber auch eine größere Komplexität, da die Gateways an der Telefonie-Schnittstelle Signalisierungsverfahren und TCP/IP gleichermaßen unterstützen müssen. Außerdem macht dies eigentlich nur Sinn, wenn beide Seiten IP-Gateways zur Verfügung haben.

Allerdings ist bei Einsatz des Internets zu berücksichtigen, dass mehr Bandbreite für die Übertragung benötigt wird. Das analoge Sprachsignal wird nämlich 8000mal in der Sekunde abgetastet, um es zu digitalisieren. Bei einer Umsetzung von 8 Bit pro Abtastung kommt man auf eine typische Datenrate von 64kBit/s (PCM nach G.711). Deshalb hat man Algorithmen eingeführt, die diese Bandbreite herabsetzen. Komprimierungsalgorithmen wie G.723.1, G.728 und G.729 komprimieren die Sprache bereits um den Faktor 10. Zusätzlich lässt sich zur Unterdrückung der Sprachpausen Silence Suppression einsetzen. Dadurch kann man bis zu 60% eines Gesprächs unterdrücken, da Gesprächspausen nicht mehr übertragen werden. Zwar kann man hierbei Bandbreite sparen, allerdings nicht die erhofften 60%, da jeder Gesprächsteilnehmer mehr oder weniger Pausen benötigt.

Der ITU-Standard G.723.1 mit dem Verfahren MP-MLQ setzt die effektive Bandbreite von 64 kBit/s bereits auf 6,4 kBit/s herab, wobei noch ein Overhead hinzukommt, so dass man 15,9 kBit/s effektiv benötigt. Setzt man noch zusätzlich Silence Suppression ein, setzt

man die Bandbreite wieder auf 9,5 kBit/s herunter. Dieser Wert schwankt aber und ist abhängig von den Teilnehmern. Der ITU-Standard G.729 mit dem Verfahren CS-ASCELP ermöglicht nur eine Komprimierung auf 8 kBit/s. Der Overhead erhöht die Datenrate anschließend allerdings wieder auf 17,5 kBit/s, während die Unterdrückung der Sprechpausen 10,5 kBit/s umsetzt. G.728 nach LD-CELP besitzt eine effektive Bandbreite von 16 kBit/s. Dies ist mehr als doppelt soviel wie bei G.729 (7 kBit/s) und G.723 (6,4 kBit/s) und sollte deshalb auch keine Verwendung mehr finden. Somit lassen sich mehrere Gespräche mit Voice-over-IP auf einem 64-kBit/s-Kanal durchführen, wodurch sich bereits Kosten einsparen lassen. Tabelle 1 zeigt die unterschiedlichen Standards der ITU-T im Bereich der Sprachkomprimierung.

Standard	Beschreibung	Datenrate in kBit/s	Status
G.711	PCM	48/56/64	H.323 M, H.320 M
G.721	ADPCM	16/24/32/40	Veraltet: durch G.726 ersetzt
G.722	7 kHz	48/56/64	Größere Qualität
G.723	ADPCM	16/24/32/40	Veraltet: durch G.726 ersetzt
G.723.1	MP-MLQ	5,3/6,3	H.324 M, IMTC IA M
G.726	Adaptive Differential PCM	16/24/32/40	Class 1, FRF 11 O
G.727	Embedded ADPCM	16/24/32/40	Class 1, FRF 11 O
G.728	LD-CELP	16	Optional: Low-Delay
G.729	CS-ASCELP	8	Class 2, FRF 11 M
G.729A	CS-ASCELP	8	Geringe Komplexität

Tabelle 1: ITU-T-Standards der Sprachkomprimierung

4 Sinnvoller Einsatz

VOIP macht deshalb bereits sehr viel Sinn in Corporate Networks bzw. Intranets, wo die Netzqualität beherrscht werden kann. Szenarien über ATM-Netze im Backbone zeigten eine deutliche Qualitätsverbesserung bei IP-Applikationen. Das liegt zum einen an der hohen Bandbreite und zum anderen an Quality-of-Service-Merkmalen. Weiterhin ist zu beachten, dass der Overhead einer Verbindung bei kleinen Paketgrößen die Nutzdatenrate bei weitem überschreitet. Gemessen wurde in einem Versuch von Motorola der Verkehr zwischen zwei IP-Routern, die VOIP unterstützten. Dabei wurde beobachtet, dass der Overhead größer wurde, je besser die Komprimierung arbeitete. Hinzu kommen noch die Headers für die jeweiligen Datenapplikationen, da eine Segmentierung im LAN vorgenommen werden muss, um zu variierende Verzögerungszeiten aufzufangen. Diese Funktion sollte aber ausschließlich bei Sprachverbindungen eingesetzt werden. Ansonsten würde sie nur unnötigen Verkehr verursachen und das Netz zusätzlich belasten.

Abbildung 1 zeigt ein universelles Szenario der Realisierung eines VoIP-Netzes, welches sowohl über das Internet als auch über das herkömmliche analoge Telefonnetz (PSTN) miteinander verbunden ist. Somit kann man bei schlechterer Qualität sofort wieder das traditionelle Telefonnetz einsetzen. Die Anforderungen an die Netzleistung sind bei der Übertragung von Faxmitteilungen sogar noch höher als bei Sprachübertragung. Hierbei reagiert das Faxprotokoll T.30 äußerst empfindlich auf Laufzeitverzögerungen, da die Synchronisation der Faxverbindung verloren gehen kann, wodurch die Verbindung abgebrochen wird. Paketverluste ab 4% führen so bereits zu einer starken Beeinträchtigung

des Durchsatzes. Bei Einsatz eines CNs mit einer ATM-WAN-Verbindung lässt sich allerdings der zusätzliche redundante Pfad auch abschalten und eine höhere Qualität herstellen.

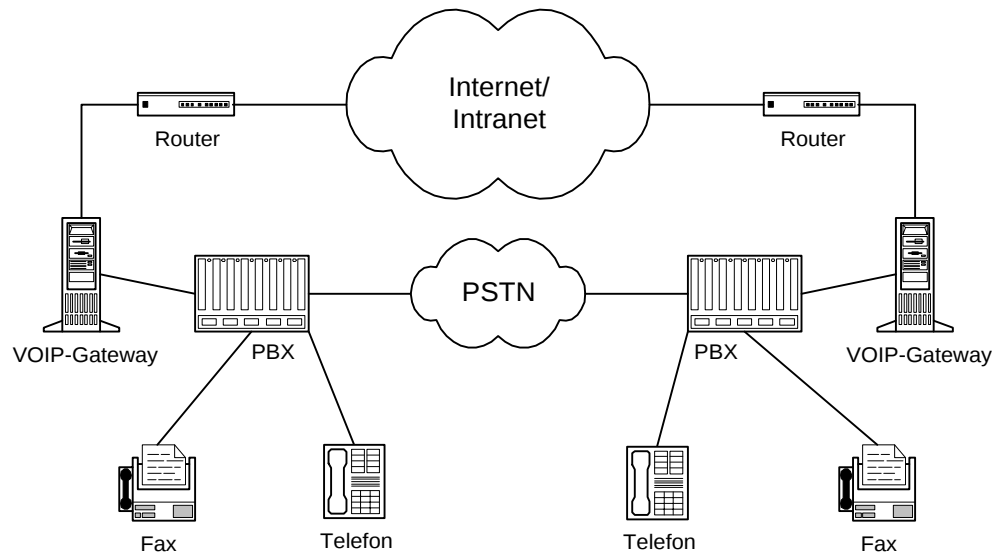


Abbildung 1: Alle Möglichkeiten eines VoIP-Szenarios

5 Bewertung

Voice-over-IP ist mit Sicherheit ein Schwerpunktthema, welches alle Unternehmen und Hersteller in den letzten Jahren gleichermaßen beschäftigt und in seinen Bann zieht: kann man doch Betriebs- und Personalkosten gleichermaßen einsparen. Das man neben der Konzeption und Integration von VoIP auch noch das Netzwerk erneuern bzw. mit einem neuen Design ausstatten muss kommt dabei den Anbietern bzw. Herstellern solcher Lösungen ganz recht! Diese Kosten müssen natürlich den Einsparungspotenzialen entgegengesetzt werden, was oft genug aber nicht passiert oder geschönt dargestellt wird. Hinzu kommt, dass heute oftmals vor der Einführung einer ausgereiften Lösung bereits von allen Seiten darüber diskutiert wird. Ziel ist es, sich einen Markt zu schaffen und erst anschließend mit der Produktentwicklung bzw. Produktion zu starten. So haben vor mehreren Jahren bereits Firmen wie 3Com, Cisco Systems und Siemens über fertige VoIP-Lösungen gesprochen ohne sie wirklich zu besitzen oder gar anbieten zu können! Sogar heute besitzen die vorhandenen Systeme unterschiedliche Leistungsengpässe oder gar Software-Bugs, die konsequent verschwiegen werden. Hier muss man neben einer starken konzeptionellen Phase auch die unterschiedlichen Produkte berücksichtigen, um anschließend eine Kundenlösung zu generieren, die allen Kundenanforderungen gerecht wird – und zwar unabhängig von der Herstellerberatung!

Neben den Implementierungsschwächen gilt es aber auch die grundsätzlichen Leistungsengpässe des Internet zu beseitigen, die aber meistens von allen Beteiligten ignoriert werden. Laufzeitschwankungen lassen sich bislang im Internet nicht vorhersehbar beherrschen. Aufgrund der chaotischen Struktur sind Überbelastungen einzelner Netzknoten an der Tagesordnung. In diesem Fall würden die Datenpakete verworfen und später noch einmal angefordert werden. Das ist bei Sprachverkehr nicht tragbar. Höhere Bandbreiten lösen zwar kurzfristig dieses Problem, können aber auch nicht als alleinige

Lösung bestand haben. Da das Internet aber auch einem enormen Wachstum unterworfen ist, sind neue Standleitungen und Backbones nach relativ kurzer Zeit wieder genauso belastet wie zuvor. Aus diesem Grund müssen andere Wege gefunden werden, um das Netz besser auszunutzen und Ressourcen sowie Laufzeiten garantieren zu können. Hierzu gibt es unterschiedliche Ansätze (IntServ, DiffServ, MPLS), die alle eines gemeinsam haben: sie sind bislang nicht verfügbar! Für einen endgültigen Erfolg von VoIP sowie das wirkliche Zusammenwachsen von Telekommunikation und Datennetzen sind Dienstgarantien aber unabdingbar. Erst wenn das Internet die Qualität bietet, die man für das Telefonieren benötigt, wird es eine echte Alternative darstellen. Solange das nicht der Fall ist, wird VoIP auf die Unternehmensnetze beschränkt bleiben. Hier wird es sich aber nach eigener Meinung dieses Jahr mit einem enormen Tempo verbreiten, wobei die Konzeption die Grundlage für eine erfolgreiche Integration bildet, um Leistungsengpässen sowie anderen Problemen aus dem Weg zu gehen.

6 Fazit

Heutige Voice-over-IP-Lösungen sind keine Stangenware, die sich ohne Probleme in vorhandene Firmenstrukturen etablieren lassen. Nicht die technischen Engpässe stehen in den meisten Fällen gegen die Einführung eines VoIP-Dienstes, sondern die gewachsenen Strukturen des Unternehmens. Das heißt, solange in den Firmen noch getrennt in Daten- und Telekommunikationsnetzen gedacht und gehandelt wird, sind solche Projekte zum Scheitern verurteilt und werden nie die notwendige Resonanz bekommen. Es sollte deshalb eine strukturierte Einführung umgesetzt werden, die VoIP unter Einbeziehung aller IT- und TK-Verantwortlicher erst in kleinen Subnetzen einführt und später dann auf das gesamte Firmennetz sowie die Außenstandorte ausbaut. An erster Stelle steht eine Testinstallation, die in den Pilotbetrieb überführt werden sollte. Anschließend werden die Ergebnisse in den Regelbetrieb übernommen. Durch Einbeziehung externer Berater – wie beispielsweise die der DECOIT – wird auf der einen Seite eine Qualitätssicherung durchgeführt und auf der anderen Seite eine effektivere Einführung erreicht. Während des gesamten Projektes ist kontinuierlich eine Kosten-/Nutzenanalyse durchzuführen, um VoIP mit traditionellen Lösungen zu vergleichen. Auch dies kann unter objektiven Maßstäben nur durch externe Dienstleister erfolgreich durchgeführt werden. Dies sollte bei der Vergabe solcher Projekte unbedingt beachtet werden, was sich durchaus bei dem Gesamtvolumen positiv rechnen kann, da man Kosten durch die Qualitätssicherung und Wahl des richtigen Equipments einsparen kann.