

I.I.R.-Konferenz

Die Zukunft von Voice-over-IP (VOIP):
Massenmarkt oder Nischenlösung?



Maritim Hotel Königswinter,
28.-30. September 1998

Beitrag:
Voice-over-IP (VOIP)
versus
Voice-and-Telephony-Over-ATM (VTOA)

AUTOR:

Dipl.-Ing. Kai-Oliver Detken
studierte Nachrichtentechnik an der
Hochschule Bremen und Informationstechnik
an der Universität Bremen. Nach dem Studium wechselte
er zum BIBA-Institut an der Universität Bremen, um im
EU- Bereich an Technologieprojekten zu arbeiten.
Heute ist er als Berater bei der OptiNet GmbH
(<http://www.optinet.de>) tätig und für den
Bereich ATM/Internet mit verantwortlich.

Dipl.-Ing. Kai-Oliver Detken
OptiNet GmbH
Goebelstraße 50
D-28865 Lilienthal
E-Mail: detken@optinet.de
Firmen URL: <http://www.optinet.de>
Private URL: <http://kai.nord.de>

Inhalt

1	EINLEITUNG	3
2	VOICE-AND-TELEPHONY-OVER-ATM (VTOA)	3
3	VOICE-OVER-IP (VOIP)	6
4	VERGLEICH VON VTOA UND VOIP.....	9
5	VIDEOKONFERENZEN UND APPLICATION SHARING ÜBER IP/ATM	10
6	AUSSICHTEN	13
7	LITERATURHINWEISE.....	15
8	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	16

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. Durch zusätzliche Protokolle wie RSVP will man nun im Internet Ressourcen garantieren, um die Echtzeitfähigkeit zu erhöhen. Hierdurch entsteht eine Konkurrenz zu den leitungsvermittelnden Telefonnetzen sowie der ATM-Technologie. Die unterschiedlichen Eigenschaften und Möglichkeiten beider Technologien sollen in diesem Beitrag erläutert werden. Dabei kann man als Basis für eine Evaluierung auch Videokonferenzsysteme hinzuziehen, da diese Audio und Video gleichermaßen beherrschen müssen.

2 Voice-and-Telephony-over-ATM (VTOA)

Der Asynchrone Transfer Modus (ATM) wurde in den 80er Jahren als Basistechnologie für das Breitband-ISDN (B-ISDN) entwickelt. Die wichtigsten Merkmale der ATM-Technologie sind die sehr hohen, skalierbaren Übertragungsbandbreiten, die unabhängig von den darunterliegenden Übertragungssystemen, Zeittransparenz (konstante Übertragungszeit) und Semantiktransparenz (sehr geringe Übertragungsfehlerrate) ermöglichen. Die Nutzung von ATM kann sowohl im LAN als auch im WAN erfolgen und hätte den Vorteil einer einheitlichen Infrastruktur.

Da ATM die Übertragung von Daten, Audio und Video unterstützt, sollte man gerade bei der Entstehung von Corporate Networks (CNs) die Integration der Telephonie in das ATM-Netz in Erwägung ziehen. Innerhalb eines Unternehmens, deren Abteilungen und/oder Werke verteilt angeordnet sind, können dann die Telefonvermittlungssysteme in die vernetzte Rechnerinfrastruktur integriert werden. Dadurch lassen sich erheblich innerbetriebliche Telefonkosten einsparen. Weiterhin kann das Management und die technische Wartung der einheitlichen Daten- und Kommunikationsinfrastruktur wesentlich vereinfacht werden. Die Arbeitsgruppe des ATM-Forums Service Aspects and Applications (SAA) erstellt

Spezifikationen, mit denen neue sowie existierende Anwendungen die ATM-Anpassungsschicht nutzen können. Dabei werden Mapping/Interworking-Funktionen für existierende LAN/WAN-Dienste untersucht und angeboten. Die SAA (Service Aspects and Applications) bearbeitet eine Vielzahl von Themen, die unter anderem Circuit Emulation Service (CES), Application Programming Interface (API), Quality-of-Service (QoS) und Audiovisuell and Multimedia Service (AMS) beinhalten.

Sprachübertragung über ATM wird bereits seit den ersten Gehversuchen von ATM proklamiert. Nachdem man dann die Circuit Emulation Service (CES) und die Anpassungsschicht AAL-1 für konstante Übertragung entwickelt hat, standen bereits 1994 Access-Komponenten zur Verfügung, die beide Ansätze unterstützten. Seit 1997 sind weitere Spezifikationen für VTOA von der ITU-T und dem ATM-Forum entstanden. Die wichtigste ist dabei die ITU-Empfehlung I.363.1, in die neben dem AAL-1-Layer ein weiterer Modus definiert, der Structured Data Transfer (SDT) heißt. Dieser ermöglicht die effizientere Unterstützung eines Dienstes mit $n \times 64$ kBit/s. Hierbei werden nur die benutzten 64-kBit/s-Slots übertragen, die man durch einen neuen Pointer-Mechanismus später erkennen kann. Unterschiede bestehen auch in der Signalisierung. Die Erweiterung der AAL-1 hat im übrigen keinerlei Auswirkungen auf die Hardware der ATM-Switches, da diese, bis auf Implementierungen des Early Packard Discards (EPD) bei der AAL-5, nicht auf die Anpassungsschicht schaut. Abbildung 1 zeigt die Referenzkonfiguration des Standards VTOA-to-the-Desktop.

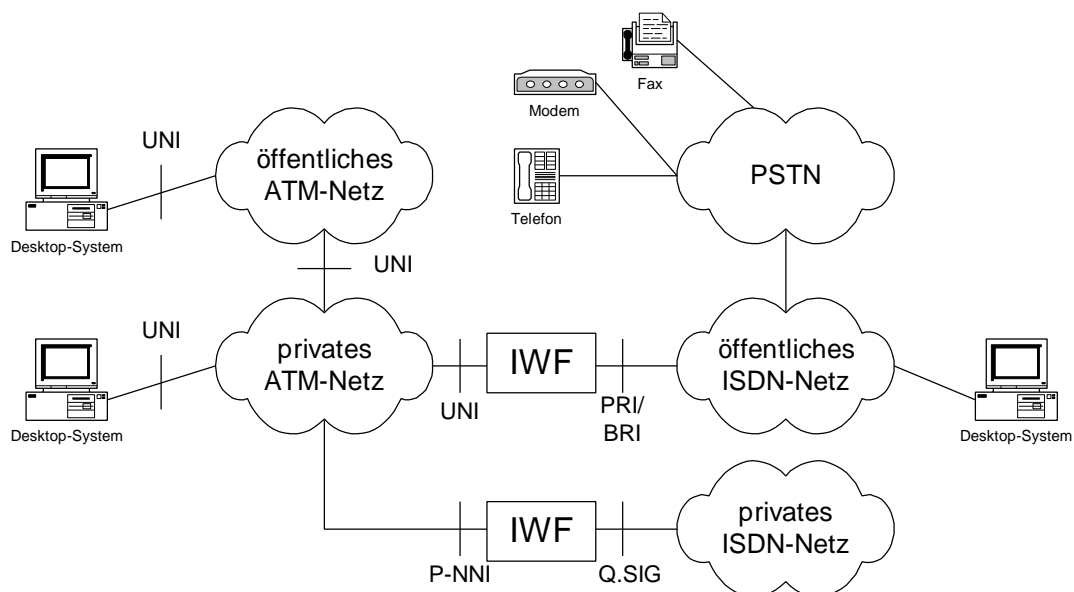


Abbildung 1: VTOA-Referenzkonfiguration

Das ATM-Forum bezieht bei neuen Spezifikationen den neuen AAL-1-Modus mit ein, um den CES herstellerübergreifend anbieten zu können. Die Version 2 der CES-Spezifikation mit dem Namen Circuit Emulation Service Interoperability Specification wurde abgeschlossen und gilt als Basis für andere Spezifikationen, die sich VTOA widmen. Der CES kann somit strukturiert oder unstrukturiert mittels AAL-1 erfolgen. Auch die Parameter für die Signalisierung (UNI 3.1) dieser Verbindung innerhalb eines ATM-Netzes sind festgelegt worden. Eine weitere Spezifikation VTOA-to-the-Desktop ermöglicht nun auch die Einbeziehung der Anpassungsschicht AAL-5. Der Inhalt bezieht sich vor allem auf die Funktionen der Signalisierung für B-ISDN und N-ISDN, sprich die Anpassung von DSS1/PSS1 und DSS2/UNI, die über diese Schicht stattfinden.

Damit man zukünftig die Bandbreite effizienter ausnutzen kann, ist eine weitere Spezifikation ins Leben gerufen worden, die es ermöglicht, die genutzte Bandbreite den wirklich genutzten 64-kBit/s-Slots anzupassen. Der Standard Dynamic Bandwidth Utilization (DDBCES) überträgt nur die verwendeten Zeitschlitze (Slots). Dadurch ist eine Überbuchung (Overbooking) der Verbindung möglich, wenn beispielsweise von einer 2 MBit/s CES-Verbindung nur 24 der 32 Slots genutzt wird. Damit ist $\frac{3}{4}$ der Bandbreite ungenutzt, die an andere Verkehrsarten wie ABR (Available Bit Rate) und UBR (Unspecified Bit Rate) übergeben werden können. Eine weitere Spezifikation des ATM-Forums beschäftigt sich ebenfalls mit höherer Effizienz und Auslastung der Bandbreite. Sie hat den Namen ATM Trunking using AAL-1 (Adaptation Layer 1) for Narrowband Services und beschreibt Inter-networking-Szenarien zwischen Breitband/Schmalband-Diensten. Hierbei wird das ATM-Netz genutzt, um zwei Schmalbandnetze miteinander zu verbinden. Die Effizienz wird dadurch erhöht, daß eine ATM-Verbindung mehrere schmalbandige Verbindungen überträgt. Dieses hat natürlich Auswirkungen auf die Signalisierungsparameter im ATM. Die Spezifikationen des ATM-Forums basieren alle weiterhin auf der Verkehrsart Constant Bit Rate (CBR), nutzen dabei die Bandbreite aber wesentlich effizienter aus. Durch diese Spezifikationen wird außerdem die Interoperabilität erhöht, was die Unabhängigkeit von einem bestimmten Hersteller weitestgehend ermöglicht.

Die Funktionsgruppe IWF übernimmt dabei die Umsetzung der Signalisierung des ISDN zu ATM sowie in die andere Richtung. Das beinhaltet u.a. die Funktionsabbildung der ISDN/ATM-Adressen und geeignete Zuteilungsmechanismen der virtuellen ATM-Verbindungen zu den 64-kBit/s-Kanälen, d.h., eine virtuelle Verbindung wird einem oder mehreren 64-kBit/s-Kanälen zugeordnet. Zusätzlich wird auch die Dienstqualität zwischen den Endgeräten gesichert.

Das Breitband-Wissenschaftsnetz (B-WIN) des DFN-Vereins, welches als Basistechnologie ATM verwendet, will zukünftig nach Aufbau eines entsprechenden Dienstes den Telefonverkehr der Hochschulen und Forschungseinrichtungen über das B-WIN abwickeln. Das B-WIN wird hierbei als Corporated Network (CN) genutzt, um Router-Funktionen mit hoher Nutzung und geringen Kosten aufzubauen. Dabei sollen ISDN-fähige TK-Anlagen in die Netzstruktur als Mindestvoraussetzung implementiert werden, die auch Router-Funktionalität enthalten. Eine Einbeziehung der TK-Anlage in das Gesamtkonzept lohnt sich allerdings erst bei einem internen Gesprächsaufkommen von über 10%, da erhebliche Investitions- und Betriebskosten bei der Einbindung in das Gesamtkonzept anfallen. Innerhalb Deutschlands bringt die Nutzung dieses Dienstes aber mittelfristig Kosteneinsparungen von ca. 20-30%. Bei Auslandsverbindungen erhöht sich dieser Anteil noch, wenn B-WIN-Verbindungen verwendet werden.

Gespräche zwischen den Teilnehmern können somit zukünftig zum Ortstarif gehalten werden. Obwohl erste Produkte auf dem Markt verfügbar sind, werden bisher diese außerhalb von homogenen Corporated Networks (CN) kaum praktisch eingesetzt. Skalierbarkeitsprobleme sind bisher ebenfalls nicht von den großen Anbietern auf dem TK-Markt untersucht worden, so daß man hier schwer eine entsprechende Aussage treffen kann. Der administrative Aufwand kann dadurch auch nicht korrekt erfaßt werden. Entscheidend für eine spätere Realisierung sind beispielsweise Dienstvereinbarungen der Partner untereinander über den Ausgleich der Kosten oder innerhalb der teilnehmenden Organisationen.

Der Telefonie-ATM-Switch kann Verfahren zur Datenreduktion einsetzen. Das kann Komprimierungsverfahren wie ADPCM oder Verfahren zur Erkennung der Sprachpausen beinhalten. 2-MBit/s-Strecken sind somit in der Lage, bis zu 80 Gespräche gleichzeitig zu

übertragen. Verzögerungen und Qualitätsverlust entstehen nicht. Obwohl VTOA inzwischen durch das ATM-Forum spezifiziert wurde, lassen sich unterschiedliche Hersteller nicht uneingeschränkt verwenden. Der verstärkte Einsatz der Telefonie im Bereich ATM wird das aber bei den nächsten Produktgenerationen ändern. Zusätzlich sollte das ATM-Netz natürlich SVC-Verbindungen aufbauen können. Sonst kann ein automatisches Routing der Sprachverbindungen nicht durchgeführt werden. Verschiedene Hersteller von TK-Anlagen (z.B. Siemens mit seinen EWSD-Systemen) werden zukünftig ATM-Schnittstellen integrieren. Dabei setzen die meisten auf PVC/Soft-PVC-Verbindungen, womit die Signalisierung von ATM noch nicht eingesetzt wird. Anders ist die Implementierung der Firma bbcom Broadband Communications GmbH & Co. KG (<http://www.bbcom-hh.de>) in Hamburg. Die IWF wird zukünftig auch die Signalisierung übernehmen, wodurch die TK-Anlage praktisch verschwindet und zur Signalisierung ausschließlich ATM (UNI, P-NNI) verwendet wird.

3 Voice-over-IP (VOIP)

Im letzten Jahr 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 Protocol (RSVP) keine wirkliche Dienstgüte erreicht werden kann. Es lassen sich nur Ressourcen, d.h., Bandbreiten für bestimmte Applikationen freischalten, die bei Überbelastung des Netzes wieder abgegeben werden müssen.

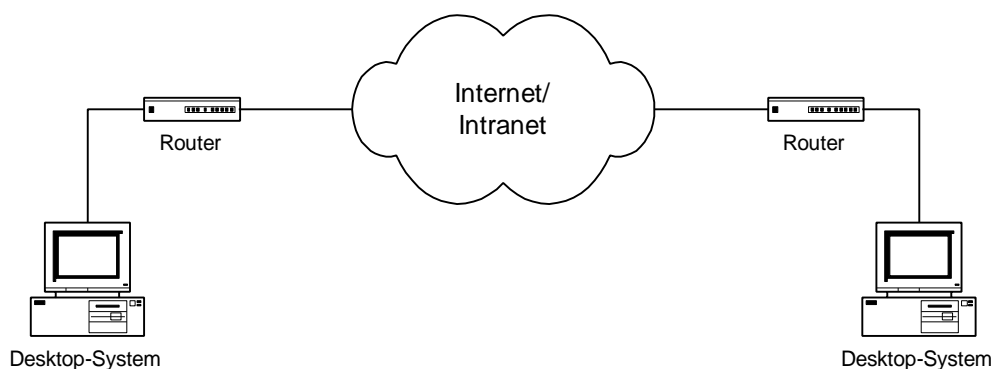


Abbildung 2: VOIP PC-Direktverbindung

Allerdings hat sich innerhalb eines Jahres die Qualität der Sprachübertragung stark verbessert. Konnte man vor eineinhalb 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 und Satellitenstrecken im optimalen Fall Rücksicht nehmen. Das heißt, man merkt ab 25 ms deutliche 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 Paket-

daten 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.

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 2.1), 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 (siehe Abbildung 2). 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 Telefonieschnittstelle 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. Tabelle 1 zeigt die unterschiedlichen Standards der ITU-T im Bereich der Sprachkomprimierung.

Standard	Beschreibung	Datenrate in kBit/s	Wichtigkeit
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

VOIP macht deshalb bereits sehr viel Sinn in CNs, wo die Netzqualität beherrscht werden kann. Szenarien über ATM-Netze im Backbone zeigten eine deutliche Qualitätsverbesserung bei IP-Applikationen. Das lag hauptsächlich an der hohen Bandbreite, da auf keine QoS-Merkmale zurückgegriffen werden konnte. Weiterhin ist zu beachten, daß der Overhead einer Verbindung bei kleinen Paketgrößen die Nutzdatenrate bei weitem überschreitet. Gemessen wurde in einem Versuch von Motorola (<http://www.mot.com>) 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 3 zeigt das dritte Szenario der Realisierung eines VOIP-Szenarios, 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.

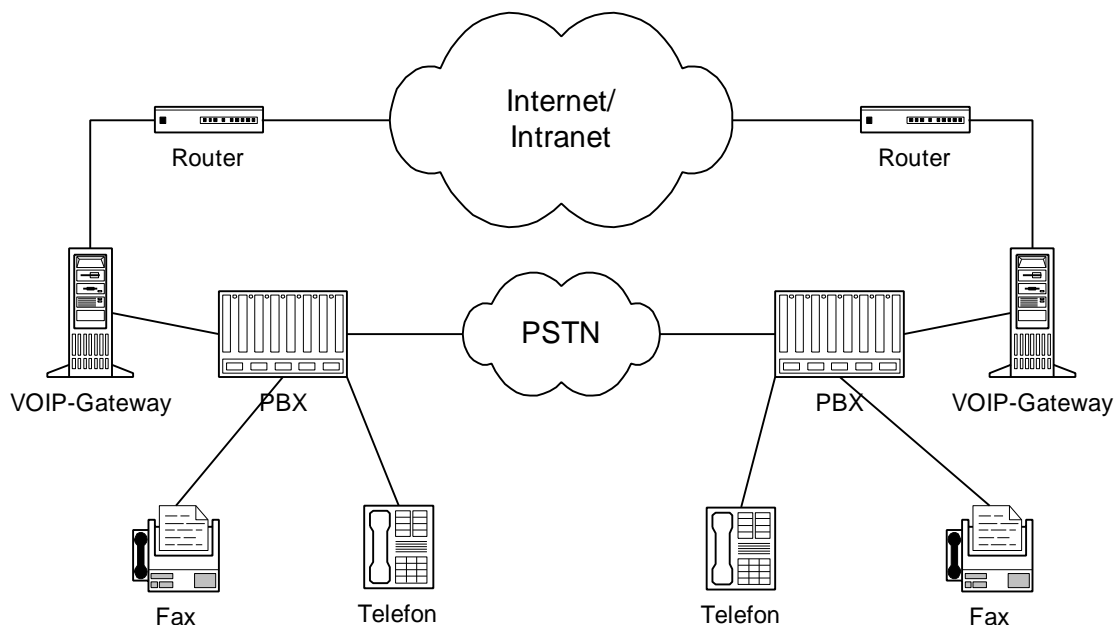


Abbildung 3: VOIP-Szenario 3

Die Laufzeitschwankungen im Internet lassen sich 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. Höhere Bandbreiten lösen kurzfristig dieses Problem. Da das Internet aber auch einem enormen Wachstum unterworfen ist, sind neue Standleitungen und Backbones nach relativ kurzer Zeit wieder genauso belastet, wie der Internet Service Provider (ISP) sie etabliert hat. Aus diesem Grund müssen andere Wege gefunden werden, um das Netz besser auszunutzen und Ressourcen sowie Laufzeiten garantieren zu können. Das Protokoll RSVP ist ein erster Ansatz hierzu. RSVP muß allerdings für jede Verbindung vom Netz angefordert werden, wodurch sich dies ungünstig auf die Gesamtleistung des Netzes auswirken kann. Zusätzlich ist es unklar wie das Netz reagiert, wenn eine große Menge von Teilnehmern RSVP nutzt. Außerdem müssen alle Router auf einem Verbindungspfad RSVP sprechen. Router, die das Protokoll nicht unterstützen, müssen getunnelt werden, was wieder zu neuen Schwachstellen führt. Das heißt, das Netz kann letztendlich die angefor-

dernten Ressourcen verweigern oder diese während einer bestehenden Verbindung zurückfordern. Bei vorhersehbaren Routen durch das Netz läßt sich aber auch mit der jetzigen Form von RSVP und der Realisierung in den Routern (vornehmlich Cisco) die Qualität der Sprachübertragung erhöhen.

4 Vergleich von VTOA und VOIP

VOIP wird aufgrund der wachsenden Verbreitung des Internets eine rasante Zukunft vorausgesagt. Eine Dienstgüte kann auch mit der derzeitigen RSVP-Variante nicht ermöglicht werden, auch wenn das die Hersteller oder Anbieter solcher Produkte immer wieder betonen. Wenn man von einer Übertragung eines LAN-Frames mit einer Ethernet-Länge von 1500 Byte ausgeht, der über eine 64-kBit/s-Standleitung über das WAN transportiert wird, ist bereits mit einer Verzögerung von 180 ms zu rechnen. Nimmt man die Verzögerung der Router hinzu kommt man auf 200 ms. Verzögerungen von über 50 ms werden aber schon negativ durch das menschliche Ohr wahrgenommen. Geht man von einer höheren Bandbreite aus, senkt sich die Latenzzeit bei einer 2-MBit/s-Standleitung auf 6 ms. Schwerwiegender sind allerdings die schwankenden Verzögerungszeiten. Diese lassen die Qualität einer Sprachverbindung häufig unter das erträgliche Maß sinken. Wenn der Übertragungsweg nicht zu viele Hops beinhaltet und RSVP eingesetzt wird, kann aber diese Qualität auf ein ausreichendes Niveau angehoben werden. Eine Dienstgüte mit Jitter-Garantie und fest definierten Verzögerungszeiten kann aber nicht erreicht werden.

VOIP kann professionelle Ansprüche noch nicht gerecht werden. Das betrifft nicht nur die Qualität, sondern auch die Kostenkontrolle, Effektivität und Verfügbarkeit. VOIP wird aber durch die zunehmende Entwicklung im Internet die Telefonie der Zukunft werden, die durch leitungsvermittelnde Netze im WAN (z.B. ATM) unterstützt wird. Die Vielzahl der Produkte und deren Verbreitung lassen jetzt schon diesen Trend erkennen.

VTOA ist inzwischen seinen Kinderschuhen entwachsen. Neue Spezifikationen des ATM-Forums und der ITU-T lassen auf neue Produkte im ATM-Markt hoffen. Allerdings schränken sind die Kosten von ATM den Verbreitungsgrad von VTOA-Lösungen deutlich ein. Lösungen sind CNs zwischen verschiedenen Unternehmensstandorten, die bereits über ATM realisiert wurden. Diese können dann zur Integration von VTOA beitragen. Auch die interne Kopplung im LAN eines Unternehmens mit der TK-Anlage, bei gleicher Qualität, kann nur ATM leisten, da ATM Paketlaufzeiten, Paketverlust und Jitter garantieren kann. Hier müssen die Kommunikationskosten im Inhouse-Bereich allerdings genau abgewägt werden, bevor so eine Lösung angestrebt wird. Die Qualität von ATM-Lösungen wird weiterhin in den professionellen Bereichen wie Krankenhäusern, CNs, Verlage und Multimedia-Unternehmen eine immer größere Rolle spielen.

Die Vermittlung auf ISDN-Ebene mit Kopplung der TK-Anlage über ATM-Verbindungen mit CBR-Verkehr stellt inzwischen eine etablierte Technologie dar. Die Vermittlung auf ATM-Ebene wird zukünftig Vorrang haben und ist auch der fortschrittlichste Weg der Integration. Probleme bestehen hingegen bei den Investitions- und Betriebskosten bei einer Vollvermaschung sowie die hohe Anzahl der SVC-Verbindungen. ATM-Switches sind heute in der Lage, ca. 4000 SVC-Verbindungen pro Minute auf- und abzubauen. Das bedeutet, daß man diese Leistung bei der vollständigen Vermittlung auf ATM-Ebene einplanen muß.

5 Videokonferenzen und Application Sharing über IP/ATM

Auf dem Telekommunikationsmarkt wurden in den letzten Jahren einige Videokonferenzsysteme angeboten. Die meisten auf ISDN-Basis. ISDN-Systeme beinhalten Videokonferenz- und Application-Sharing-Tools und basierten bis vor kurzem noch auf proprietären Technologien. Dieses war nicht nur bezüglich der Codierung/Decodierung zu bemerken, sondern bezog sich ebenfalls auf den Signalisierungsbereich, beispielsweise bei Kontrolle und Synchronisation der Daten. Dadurch war die Interoperabilität verschiedener Hersteller nicht gewährleistet und es kam zu Übertragungsproblemen. Das änderte sich, als 1990 der ITU-Standard H.320 spezifiziert wurde. Die Endgeräte, die diesen Standard unterstützen, waren demnach im Videokonferenzbereich kompatibel zueinander. H.320 beinhaltet zahlreiche Unterstandards, die u.a. die Digitalisierung, Kompression und LAN-Kommunikation zur Aufgabe haben.

Im Bereich des Application-Sharings taten sich die verschiedenen Hersteller allerdings schwerer. Hier erfolgte die Spezifizierung erst vor relativ kurzer Zeit mit dem T.120-Standard. T.120 stellt dabei nicht ausschließlich Application-Sharing zur Verfügung, sondern ermöglicht im Bereich der Videoübertragung neue Perspektiven. Der T.120-Standard enthält eine Reihe von Kommunikations- und Anwendungsprotokollen sowie Diensten, welche eine echtzeitfähige Punkt-zu-Mehrpunkt-Datenkonferenz erlauben. Weitere Merkmale sind fehlerfreie Datenübertragung, Plattformunabhängigkeit, Topologieunabhängigkeit, Skalierbarkeit und Auswahlvereinfachung. Dadurch sind zum erstenmal im Schmalband-ISDN Mehrpunktverbindungen über einen zusätzlichen Server einheitlich möglich geworden. T.120 ist von der ITU noch nicht endgültig verabschiedet worden. Die meisten Funktionen lassen sich aber bereits ausnutzen.

Nachteilig bei ISDN-Systemen bleibt aber die Schmalbandigkeit (bis 384 kbit/s), fehlende Bandbreitenzuordnung und der notwendige zusätzliche Server (MCU) bei Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen. Von Vorteil ist der preisgünstige Einstieg in die CSCW-Technik und die Einbeziehung der ITU-Standards, wodurch Inkompatibilitäten ausgeschlossen werden. Eingesetzt werden diese Systeme heute von mittelständigen und großen Unternehmen für schnellere Entscheidungsprozesse und Kostenersparnis bei Abstimmungsprozessen.

Aus der heterogenen Internetumgebung hat sich eine weitere Möglichkeit der Echtzeitkommunikation entwickelt: TCP/IP-basierte CSCW-Systeme. Diese lassen sich wesentlich flexibler einsetzen, da sie auf dem IP-Protokoll aufbauen. Das heißt, beliebige Plattformen (Netzwerk- und Endgeräteseite) lassen sich verwenden. Aufgrund dieses Vorteils und der Vielzahl vorhandener Netze hat sich das TCP/IP-Protokoll zu dem wichtigsten Anwenderprotokoll entwickelt. Allerdings sind durch die Vielzahl unterschiedlicher Systeme keine standardisierten CSCW-Tools auf TCP/IP-Basis vorhanden. MBone-Tools kristallisieren sich aus der Angebotspalette heraus, da sie weltweit frei verfügbar sind (siehe Kasten) und stetig weiterentwickelt werden. Als MBone (Multicast-Backbone) wird dabei ein virtuelles Netzwerk mit Multicast-fähigen IP-Subnetzen bezeichnet, die über Multicast-Router miteinander verbunden sind. Somit unterscheidet sich MBone von einer typischen IP- oder ISDN-Verbindung hinsichtlich der Verbindungsart, da diese normalerweise Unicast- oder Punkt-zu-Punkt-Verbindungen verwenden. Das heißt, es kann nur ein einzelner Rechner als Empfänger angesprochen werden. MBone hingegen nutzt Multicast-Addressing aus, wodurch mehrere Rechner zu gleichen Zeit die Möglichkeit haben miteinander zu kommunizieren. Somit ist keine zusätzliche Multipoint Control Unit (MCU) erforderlich, wie das bei ISDN-Systemen der Fall ist. Der Vorteile der größeren Stabilität und Skalierbarkeit lassen sich noch durch die wegfallenden Anschaffungskosten eines zusätzlichen MCU-Servers und verzögerungsfreie UDP-Verbindungen ergänzen.

Mit MBone-Tools wird eine Softwaresammlung bezeichnet, die für multimediale Online-Konferenzen geeignet ist und für den Datenaustausch den Multicast-Backbone (MBone) nutzen. Mit dieser Tool-Sammlung ist es für den Anwender möglich, alle CSCW-Möglichkeiten in heterogener Netzwerkumgebung anzuwenden. Unterschiedlichen Tools für Audio/Videodatenübertragung (vic, vat), zum gemeinsamen Betrachten und Bearbeiten von Dateien (nt, wb) sowie zum Steuern der Tools (sdr) können einzeln oder gemeinsam verwendet werden.

Die MBone-Tools (vic, vat, nt, wb, sdr) wurden an der Universität Berkeley/USA entwickelt. TCP/IP-CSCW-Lösungen bevorzugen diese Tools, da sie gleichermaßen für das Internet als auch für IP-over-ATM-Übertragungen geeignet sind. Durch ihre Verbreitung haben sie sich zu einem Quasistandard entwickelt. Zusätzlich haben sie den Vorteil praktisch für jede Plattform unentgeltlich zur Verfügung zu stehen.

Alle Anwendungen laufen unter X-Window für Linux- und Unix-Betriebssysteme. Neuerdings wird auch der Betrieb unter Windows95 unterstützt. Die meisten Tools lassen sich von den entsprechenden FTP-Servern für die gewünschte Systemplattform als Binaries herunterladen. Weitere Informationen und die MBone-Software kann man unter der URL-Adresse <http://www.mbone.com> finden. Zum Empfangen von Multicast-Daten reichen die Binaries aus. Wenn man aktiv in eine multimediale Konferenz einsteigen möchte, ist natürlich zusätzlich Videokarte, -kamera und Mikrophon erforderlich. Die Tools laufen alle unabhängig voneinander, so daß beispielsweise nur Audio (vat), Video (vic), Texteditor (nt) oder das Whiteboard (wb) verwendet werden können.

Die Audio/Video-Tools basieren auf dem vorgeschlagenen Realtime Transport Protocol (RTP), welcher von der IETF-Gruppe Audio/Video Transport Working Group spezifiziert wurde. RTP ist ein Protokoll auf der Anwendungsschicht, das vollständig durch das Programm „Visual Audio Tool“ (vat) genutzt wird. Das bedeutet, daß keine zusätzlichen Systemerweiterungen nötig sind, um RTP zu verwenden. Dabei werden Multicast-Verbindungen (Punkt-zu-Mehrpunkt) eingesetzt. Die Übertragung der Echtzeitdaten findet aufgrund der hinderlichen Quittungsmechanismen des TCP-Protokolls mit UDP-Protokollen statt. Das heißt, die Pakete werden nicht permanent auf Reihenfolge, Verlust und Duplikate überprüft. Das ermöglicht schnellere Übertragungen der verzögerungsempfindlichen Daten. Eine Fehlerüberprüfung bei reiner Datenübertragung muß durch Protokolle eines zusätzlichen Konferenzmanagers abgewickelt werden.

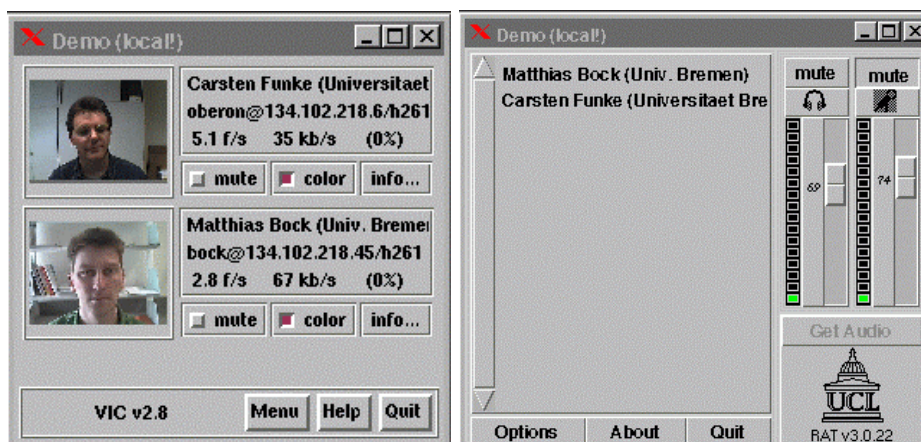


Abbildung 4: MBONE-Tools vic und rat

Hohe Übertragungsraten machen die Kompression der Datenströme durch zusätzliche Hardware erfolgen. Ansonsten kommt es zu hohen Belastungen der CPU des Rechners. Bei

geringeren Übertragungsraten genügt es die Kompression durch die Software vorzunehmen. Das „Video Conferencing Tool“ (vic) der Mbone-Sammlung ermöglicht es zusätzliche Hardware nach dem H.261-Standard einzusetzen. Die Abbildungen zeigen die Mbone-Audio/Videotools, die unterschiedliche Komprimierungsalgorithmen unterstützen. Die Videobilder lassen sich beliebig vergrößern.

Aufgrund der noch nicht ausreichend vorhandenen ATM-Infrastruktur und der zunehmenden Bandbreitenwünsche der Endanwender werden erste Zwischenlösungen auf dem Telekommunikationsmarkt angeboten. Diese ermöglichen eine sanfte Migration zur ATM-Technik, indem konventionelle Technologien mitberücksichtigt werden und ATM als Backbone fungiert. ATM bietet momentan als einzige Netztechnik hohen Datendurchsatz mit entsprechender Dienstgüte an, wodurch dieser Schritt die sinnvollste Lösung darstellt.

Native ATM-Anwendungen sind bisher kaum auf dem Telekommunikationsmarkt anzutreffen. Aufgrund fehlender ATM-Infrastruktur und durch zu hohe Kosten ist das auch nicht weiter verwunderlich. Seit kurzem existiert jedoch ein natives ATM-System auf dem Markt. Es ist das System der SICAN GmbH aus Hannover mit dem Namen ProVision Multinet, welches zusammen mit Siemens entwickelt wurde. Dieses System bietet, aufgrund der noch nicht überall verfügbaren Infrastruktur, auch das Interworking zwischen N-ISDN- und TCP/IP-Applikationen an. Das heißt, CSCW-Anwendungen können in heutigen LANs genauso über LAN-Emulation (LANE) eingesetzt werden, wie über 64-kbit/s-ISDN-Leitungen. Eine Telekooperation zwischen Teilnehmern mit N-ISDN- und ATM-Anschluß ist somit auch bei diesem System möglich.

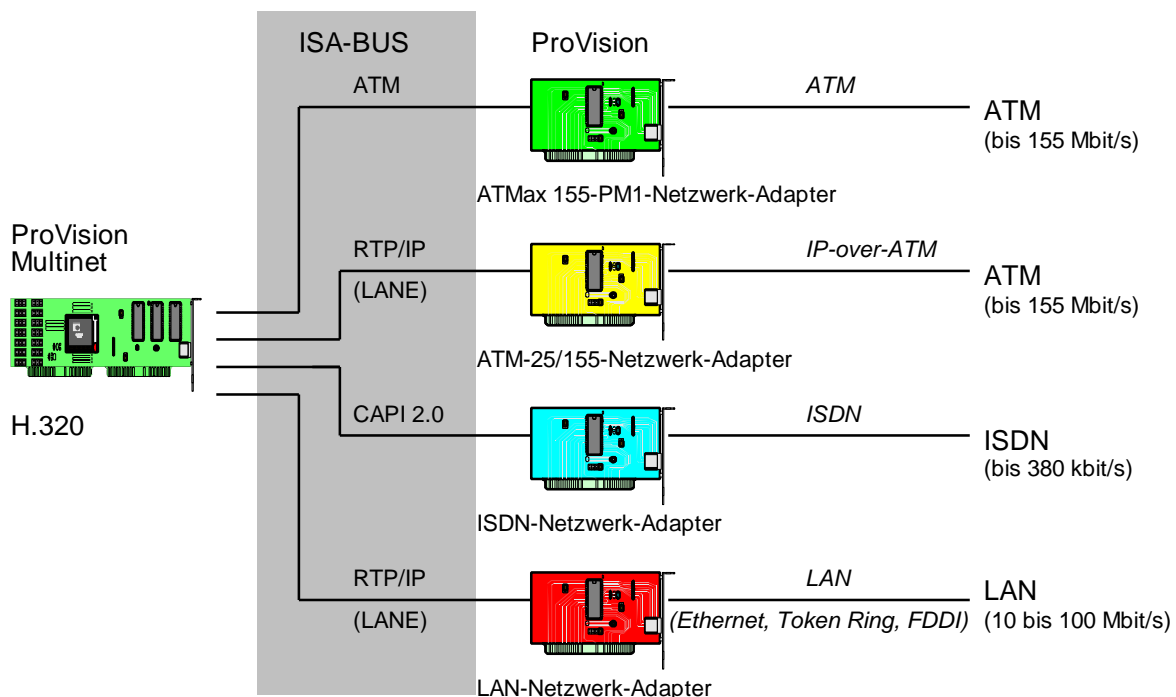


Abbildung 5: ProVision-Multinet-Anwendung

Die Frame Rate beläuft sich dabei von 7,5 bis 30 fps. Die ITU-Empfehlungen H.320 und T.120 werden beide unterstützt, wodurch Daten parallel zu Audio und Video übertragen werden kann. H.320 ist dabei auf der Multinet-Karte integriert, so daß auch über normale N-ISDN-Verbindungen höhere Übertragungsqualitäten möglich sind, als bei reinen N-ISDN-Systemen. Die Endstationen werden zusätzlich auch durch die H.261-Komprimierung auf der Karte entlastet. Für die Audiocodierung sind G.711, G.722 und G.728 zuständig.

Weiterhin lassen sich die Datenraten von 2,4 Mbit/s bis 155 Mbit/s bei ATM-Verbindungen skalieren. Segmentierung und Wiedervereinigung der Datenströme erfolgt nach der ITU-Empfehlung TI.363 für die Anpassungsschichten AAL-Typ-3/4 und AAL-Typ-5. Bei Verbindungen der verschiedenen Teilnehmer kann man 16 Gruppen mit jeweils 512 aufeinanderfolgenden VPI/VCI-Adressen gleichzeitig unterstützen.

Als Endgeräte sind Standard-PCs vorgesehen, die um zusätzliche Komponenten erweitert werden müssen. Bei diesen Komponenten handelt es sich um einen Anschluß des Multimedia-Desktops mit LWL-Kabel an ein ATM-Vermittlungssystem, das Video/Grafiksystem zur unabhängigen Verarbeitung von vier Videostreamen mit der Videokompression MJPEG und optional ein H.320-Modul für das Video-Interworking mit ISDN-Teilnehmern sowie Kamera, Mikrofon und Lautsprecher. Als Betriebssysteme werden Windows95 und Windows NT unterstützt.

Für die native ATM-API-Schnittstelle wurde ein eigenes Application Programming Interface (API) programmiert, da bisher noch keine standardisierten Lösungen verfügbar sind. Dadurch handelt es sich bei dieser API-Schnittstelle zwar um eine proprietäre Lösung, die aber flexible für Software-Anpassungen umprogrammiert werden kann. Zusätzlich ist eine Software-Schnittstelle vorhanden, die für schnelle Übertragungsraten und hohe Audio- und Videoqualität über ATM entwickelt wurde. Vorhandene NDIS-Schnittstellen oder WinSock 2.0 können den geforderten Quality-of-Service (QoS) sowie die hohen Übertragungsraten nicht effektiv bereitstellen. Das versucht man durch die zusätzlichen Software-Schnittstellen zu kompensieren. Die Network Driver Interface Specification (NDIS) ermöglicht das Betreiben einer oder mehrerer Netzwerkkarten und Protokollstacks zur gleichen Zeit. Dabei beschreibt die NDIS-Architektur zwei unterschiedliche Treiberarten: Protocol Manager Driver (PMD) und Media Access Control (MAC). Der Protokollmanager wird von den MAC-Treibern verwendet, um Konfigurationsinformationen zu bekommen. Enthalten sind diese Informationen in der Datei protocol.ini. Dadurch können Informationen an die MAC-Schicht weitergeleitet und die Protokollstacks verbunden werden. Die MAC-Treiber verschicken und empfangen die Pakete auf der unteren Schicht. Sie sind die eigentlichen NDIS-Treiber, welche für die unterschiedlichen Netzwerkkarten angeboten werden.

6 Aussichten

VOIP wird aufgrund der wachsenden Verbreitung des Internets eine rasante Zukunft vorausgesagt. Eine Dienstgüte kann auch mit der derzeitigen RSVP-Variante nicht ermöglicht werden, auch wenn das die Hersteller oder Anbieter solcher Produkte immer wieder betonen. Wenn man von einer Übertragung eines LAN-Frames mit einer Ethernet-Länge von 1500 Byte ausgeht, der über eine 64-kBit/s-Standleitung über das WAN transportiert wird, ist bereits mit einer Verzögerung von 180 ms zu rechnen. Nimmt man die Verzögerung der Router hinzu kommt man auf 200 ms. Verzögerungen von über 50 ms werden aber schon negativ durch das menschliche Ohr wahrgenommen. Geht man von einer höheren Bandbreite aus, senkt sich die Latenzzeit bei einer 2-MBit/s-Standleitung auf 6 ms. Schwerwiegender sind allerdings die schwankenden Verzögerungszeiten. Diese lassen die Qualität einer Sprachverbindung häufig unter das erträgliche Maß sinken. Wenn der Übertragungsweg nicht zu viele Hops beinhaltet und RSVP eingesetzt wird, kann aber diese Qualität auf ein ausreichendes Niveau angehoben werden. Eine Dienstgüte mit Jitter-Garantie und fest definierten Verzögerungszeiten kann aber nicht erreicht werden.

VTOA ist inzwischen seinen Kinderschuhen entwachsen. Neue Spezifikationen des ATM-Forums und der ITU-T lassen auf neue Produkte im ATM-Markt hoffen. Allerdings schrän-

ken sind die Kosten von ATM den Verbreitungsgrad von VTOA-Lösungen deutlich ein. Lösungen sind Corporated Networks (CN) zwischen verschiedenen Unternehmensstandorten, die bereits über ATM realisiert wurden. Diese können dann zur Integration von VTOA beitragen. Auch die interne Kopplung im LAN eines Unternehmens mit der TK-Anlage, bei gleicher Qualität, kann nur ATM leisten. Hier müssen die Kommunikationskosten im In-house-Bereich allerdings genau abgewägt werden, bevor so eine Lösung angestrebt wird. Die Qualität von ATM-Lösungen wird weiterhin in den professionellen Bereichen wie Krankenhäusern, CNs, Verlage und Multimedia-Unternehmen eine immer größere Rolle spielen.

VOIP kann hingegen professionelle Ansprüche nicht befriedigen. Das betrifft nicht nur die Qualität, sondern auch die Kostenkontrolle, Effektivität und Verfügbarkeit. VOIP wird aber durch die zunehmende Entwicklung im Internet die Telefonie der Zukunft werden, die durch leitungsvermittelnde Netze im WAN (z.B. ATM) unterstützt wird. Die Vielzahl der Produkte und deren Verbreitung im Bereich Videokonferenzen lassen jetzt schon den Trend erkennen.

7 Literaturhinweise

- [1] Sprache und Fax über IP; IK Berlin; Ausgabe 1; 1998
- [2] Dr. Loi Duy Vu: Technische Aspekte zur Realisierung: Sprachübertragung in ATM-basierten Netzen; DATACOM 09/97; DATACOM Verlag; Bergheim 1997
- [3] ITU-T: I.363.1
- [4] Crueger, Marco: Stark im Internet: Voice-over-IP im professionellen Einsatz; GATEWAY 06/98; COMPUTERWOCHE Verlag GmbH; München 1998
- [5] Detken, Kai-Oliver: Kooperative Kommunikation – ATM-basierte Videokonferenzlösungen; Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Gateway 10/97; Hannover 1997
- [6] Detken, Kai-Oliver: ATM in TCP/IP-Netzen – Grundlagen und Migration zu High Speed Networks; 1. Auflage; ISBN: 3-7785-2611-1; Heidelberg 1998

8 Abkürzungsverzeichnis

AAL	Adaptation Layer
ABR	Available Bit Rate
AMS	Audiovisuell and Multimedia Service
API	Application Programming Interface
ATM	Asynchroner Transfer Modus
BIBA	Bremer Institut für Betriebstechnik und angewandte Arbeitswissenschaften
B-ISDN	Breitband ISDN
B-WIN	Breitband-Wissenschaftsnetz
CBR	Constant Bit Rate
CES	Circuit Emulation Service
CN	Corporated Network
CSCW	Computer Supported Cooperative Work
DDBCES	Dynamic Bandwidth Utilization
DFN	Deutsches Forschungsnetz
DSS1	Digital Subscriber Signalling System No.1
DSS2	Digital Subscriber Signalling System No.2
EPD	Early Packard Discards
FIFO	First-In-First-Out
GSM	Global System for Mobile communication
IP	Internet Protocol
LAN	Local Area Network
LANE	LAN Emulation
LWL	Lichtwellenleiter
MAC	Media Access Control
MBONE	Multicast Backbone
MCU	Multipoint Connection Unit
NDIS	Network Driver Interface Specification
N-ISDN	Narrowband ISDN
PCM	Pulse Code Modulation
PMD	Protocol Manager Driver
P-NNI	Public Network-to-Network Interface
PSTN	Public Switched Telephone Network
PVC	Permanent Virtual Cicuit
IIR	Institute for International Research
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISP	Internet Service Provider
ITU	International Standardization Union
IWF	Interworking Function
QoS	Quality-of-Service
RSVP	Ressource Reservation Protocol
RTP	Realtime Transfer Protocol
SAA	Service Aspects and Applications
SDT	Structured Data Transfer
SVC	Switched Virtual Circuit
TCP	Transport Control Protocol
TK	Telekommunikation

UBR	Unspecified Bit Rate
UDP	User Datagram Protocol
UNI	User-Network-Interface
VAT	Visual Audio Tool
VCI	Virtual Channel Indication
VIC	Video Conferencing Tool
VOIP	Voice-over-IP
VPI	Virtual Path Indication
VTOA	Voice-and-Telephony-Over-ATM
WAN	Wide Area Network
WB	Whiteboard