

VOM INTRANET ZUM INTERNET

PERSPEKTIVEN FÜR VOICE OVER IP

Voice over IP (VoIP) ist eines der bestimmenden Themen in der Welt der multimedialen Kommunikation. Dabei spielen H.323 und neuerdings auch Protokolle wie das Session Initiation Protocol (SIP) eine dominierende Rolle. Der Beitrag beschreibt die grundlegenden Begriffe und Anwendungen. Er bietet allerdings auch einen Ausblick auf die weiteren Entwicklungen und Trends im Umfeld von Voice over IP.



Der Begriff Voice over IP (VoIP) verleitet zu der Annahme, dass lediglich Sprache über ein IP-basierendes Netz transportiert wird. Tatsächlich realisiert VoIP mehr als nur die Sprachintegration (Telefonie). Moderne VoIP-Lösungen verbinden die Anwendungen "Daten" (Application Sharing), Sprache (Audiokonferenz) und Video (Videokonferenzen zu multimedialen "Konferenzen". Die Einsatzgebiete von VoIP lassen sich in zwei wesentliche Be-

reiche aufteilen, das Internet und das Intranet. Zum ersten gehören die IP-Telefonie, das Video-Streaming oder Internet-Radio. Dagegen sind dem Intranet Anwendungen wie Video-, Audio- und Datenkonferenzen, Computer Telephony (CT), Application Sharing sowie Business-TV zuzuordnen. Diese neuen Applikationen erfordern höhere Bandbreiten, die das bestehende ISDN-/Analognetz im Teilnehmeranschluss nicht liefern kann. Deshalb ist

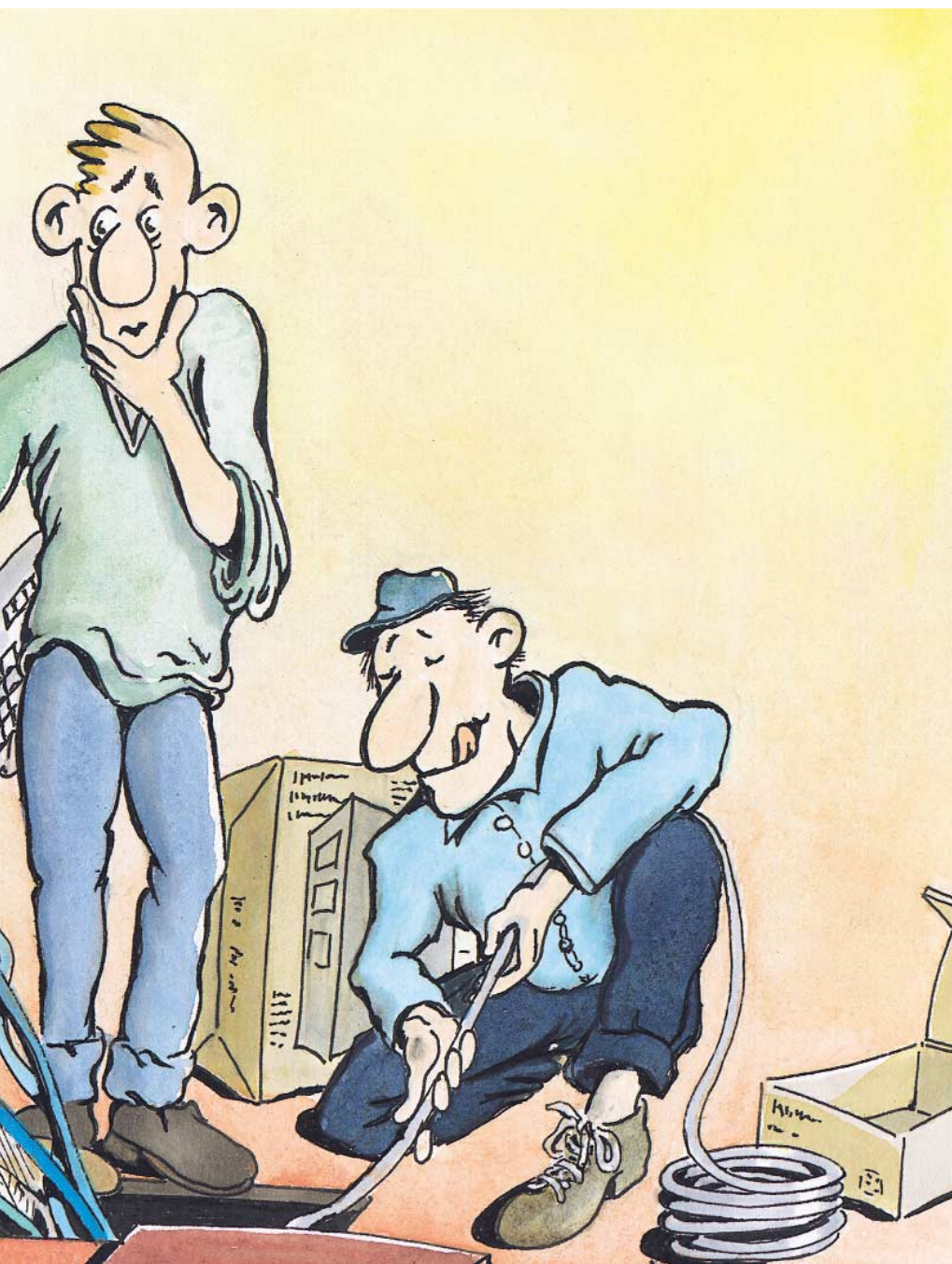
die Entwicklung zu einer Konvergenz von Daten- und Sprachnetzen vorgezeichnet, da nur im Datennetz – sofern dieser Begriff Bestand haben wird – die erforderliche Bandbreite zur Verfügung steht. Die heutige Verbreitung von VoIP auf dem Markt lässt die Abgrenzung von drei Bereichen zu:

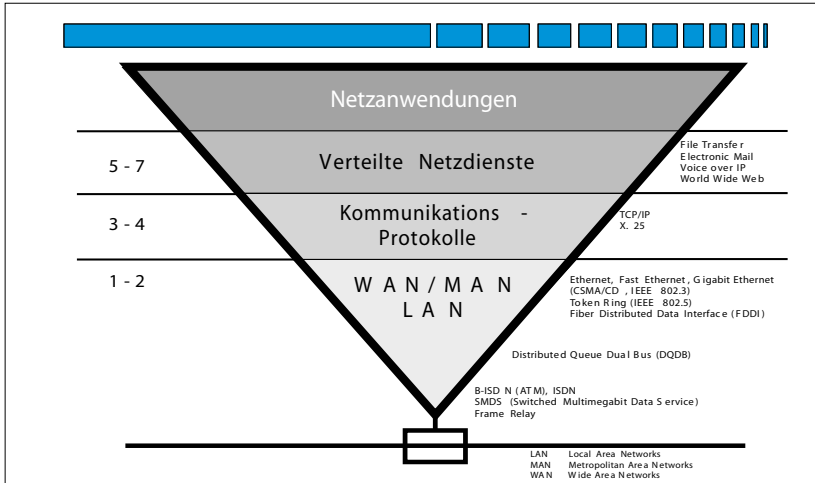
Internet: Die Internet-Telefonie wird gegenwärtig in Teilbereichen genutzt, stellt allerdings bis heute keine tragende Funktion für VoIP dar, da das Internet immer noch nicht generell isochrone Qualität gewährleistet. Ferner hat durch den Verfall der Telefonkosten auch der Kostenaspekt für die Anwendung von VoIP im Internet geringere Bedeutung (zumindest in Deutschland). Änderungen werden sich durch die Flat-Rate-Angebote der Internet-Service-Provider (ISP) ergeben, da dann die Möglichkeit besteht, "always on" zu sein und Verbindungskosten nicht mehr zeitabhängig in Rechnung gestellt werden.

Intranet: Der Markt treibt VoIP-Lösungen im Intranet voran, da in diesem Bereich durch Computer-Telefonielösungen (CT) im Call-Center Kosteneinsparungspotenziale realisierbar sind. Application Sharing spielt bei weltweit verteilten Entwicklungsabteilungen eine wichtige Rolle, weil sich hierbei Reisezeiten und -kosten einsparen lassen.

Carrier: Dem Carrier bietet sich durch den Einsatz von IP-based Networks die Möglichkeit, bestehende Netze besser auszulasten (zum Beispiel durch Sprachkomprimierung). Kosteneinsparungspotenziale ergeben sich beispielsweise im Vergleich mit TK-Anlagen (Telefongebühren) oder bei der Netzverwaltung (nur ein Netz für Sprach- und Datenübertragung). Durch die Integration mit intelligenten Netzen oder durch Reduktion der Reisezeiten (Einsatz von Application Sharing) lassen sich ebenfalls die Kosten reduzieren.

Der moderne Ansatz – ein gemeinsames Netz für Real-Time-(rt-) wie Non-Real-Time-(nrt-)Übertragung – heißt Converged Networks oder Multiservicenet. Aber Realisierungen sind vorhanden, Asynchronous Transfer Mode (ATM), Voice over Frame Relay (VoFR) und Voice over IP (VoIP).





Konvergente Netze im Schema des OSI-Modells

Um isochrone Qualitäten in Datennetzen zu realisieren, sind Änderungen in den bestehenden Netzen erforderlich. Diese QoS-Implementierungen sind Differentiated Service (Diffserv) oder Prioritäten und Bandbreitenreservierung. Im Intranet vollzieht sich zusätzlich der Übergang von halbduplex- zu vollduplexorientierten Strukturen und geschwichten Netzen. Es ist notwendig, zwischen Internet und Intranet zu differenzieren, da in diesen Bereichen unterschiedliche Lösungsansätze vorherrschen. Diese Anpassungen sind auf den OSI-Layern 1 bis 3 erforderlich. Ohne die beschriebenen Modifikationen ist es nicht vertretbar, VoIP in Netzen einzusetzen.

QOS-KRITERIEN Eine sinnvolle Beurteilung der QoS-Kriterien setzt folgende Kenntnisse isochroner Übertragung voraus. QoS zeichnet sich durch zwei Kriterien aus: Die Laufzeit (Delay) durch ein Netz muss annähernd konstant sein, und der Paketverlust darf vorher definierte Werte nicht überschreiten. Die heutigen Datennetze wie Internet oder das Intranet gewährleisten kein konstantes Delay. Daraus resultiert Delay-Variation (Jitter). Alle Bemühungen zielen darauf ab, diese Variation in Grenzen zu halten. Eine Möglichkeit ist die Einführung von Prioritäten (Traffic Class) im Layer 2a (MAC-Layer) und/oder auf Layer 3 oder die Einführung von Bandbreitenreservierungsverfahren wie das Resource-Reservation-Protokoll

(RSVP). Als weitere Optionen in diesem Zusammenhang gelten die Einführung von Layer-2/LAN-Switches oder Layer-3-Switches sowie die Einführung von Multiprotokoll Label Switching (MPLS).

Davon abgesehen ist die Einhaltung absoluter Delay-Werte nur bei bidirektionaler isochroner Übertragung wie Telefonie erforderlich. Die ITU-Empfehlung G.114 liefert hier die maßgeblichen Informationen zur Beurteilung der Laufzeiten. Dort finden sich erlaubte Delay-Werte von bis zu 150 beziehungsweise 400 Millisekunden. Die Einhaltung dieser Werte ist bei bidirektionaler Kommunikation erforderlich.

Bei unidirektionaler Übertragung wie Internet-Radio oder Video-Streaming ist die Einhaltung absoluter Delay-Werte da-

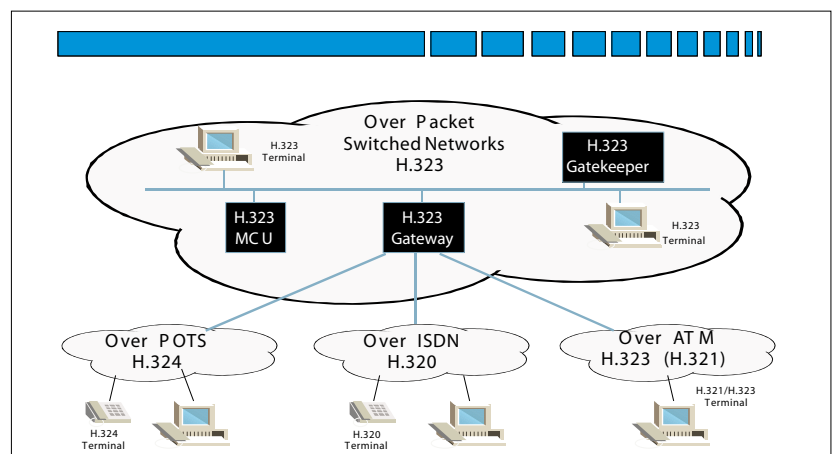
gegen nicht erforderlich, da kein isochroner Rückkanal vorhanden ist. Delay-Variation auf der Empfängerseite wird durch einen Delay-Equalizing-Buffer (DEB) ausgeglichen. Dieser glättet die unterschiedlichen Laufzeiten und stellt die zeitliche Eingangssituation wieder her. Dabei vergrößert sich naturgemäß die gesamte Laufzeit.

Für die Realisierung von VoIP existieren seit einigen Jahren zwei Protokollwelten. Die eine Welt stammt von der International Telecommunication Union (ITU) und nennt sich H.323. Etwas später erstellte die Internet Engineering Task Force (IETF) eine konkurrierende Entwicklung, das Session Initiation Protocol (SIP). Zur Zeit ist noch nicht abzusehen, welche der beiden Entwicklungen sich durchsetzen wird. SIP integriert sich allerdings besser in die bestehende Internet-Struktur.

H.323-STRUKTUR Die H.32x-Familie teilt sich in fünf verschiedene Standards auf:

- H.320 Sprache/Video über ISDN,
- H.321 Sprache/Video über ATM,
- H.322 Sprache/Video über LANs mit QoS,
- H.323 Sprache/Video über Packet Switched Networks und
- H.324 Sprache/Video über analoges Telefon oder Mobilfunk.

1990 wurde zunächst die H.320-Empfehlung veröffentlicht, mit der sich Audio- und Videokonferenzen über ISDN realisieren lassen. Die Familienmitglieder H.321,



Die Netzwerkstruktur der H.32x-Familie

H.322 spielen auf dem Markt keine Rolle. Erst 1996 kam die H.323-Spezifikation hinzu, die in der Grundkonzeption von der H.320-Empfehlung abgeleitet ist. Derzeit

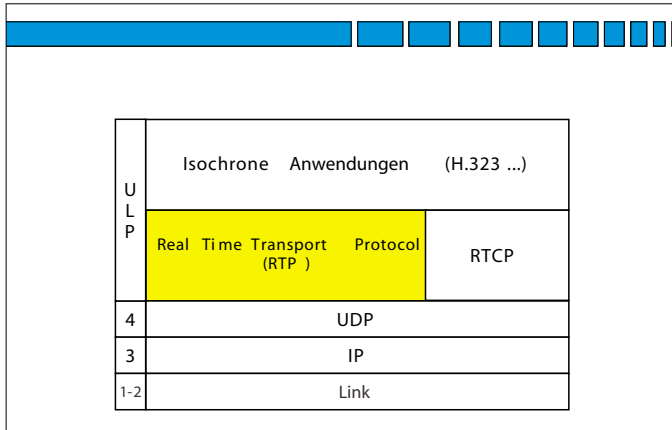
Anforderungen (Admissionphase) abblocken (zum Beispiel: fehlende Amtsberechtigung, keine Berechtigung für Video). Die Verwaltung der Nummernkreise erfolgt

ebenfalls durch ihn. Somit ist der Gatekeeper die zentrale Komponente in einer H.323-Realisierung. Aus Gründen der Redundanz lassen sich in einer H.323-Zone auch mehrere Gatekeeper realisieren.

Das H.323-Gateway verbindet verschiedene H.323- und H.320-Systeme miteinander oder H.32x-Systeme mit der konventionellen

falls eine eigene Signalisierung (End-to-End) auf dieser Ebene bereitstellt. H.323 bezeichnet diese Signalisierung als System-Control und stellt damit einen Connection-Oriented-(CO-)Service dar. Der Standard definiert die zu verwendenden Audio-, die Video-Codecs und die Datenübertragung. Diese Informationen bilden so genannte Logical Channels oder Media-Streams. Real-Time-Kanäle werden über das Real-Time Transport Protocol (RTP) und das User Datagram Protocol (UDP) abgewickelt. Die Non-Real-Time-Kanäle (Daten) laufen ganz normal über das Transmission Control Protocol (TCP).

Im Rahmen von H.323 übernimmt RTP Funktionen wie die Übertragung von Sequence-Nummer zur Erkennung fehlender Pakete oder einer falschen Paketreihenfolge oder die Synchronisationsinformationen der Quelle (Audio, Video). Der Transfer von RTP-Timestamp zur Jitter-Messung und die acht Payload-Kennzeichnung (zum Beispiel: Audio nach G.711) gehören ebenfalls zu diesen Aufgaben. Das Real-Time Transport Control Protocol (RTCP) zeichnet für Funktionen verantwortlich wie die QoS-Überwachung durch Sender- beziehungsweise Re-



Die H.323-Protokollstruktur in der Übersicht

arbeitet die ITU an einer vierten Version von H.323, die im Laufe dieses Jahres veröffentlicht werden soll. Da im Definitionsbereich der H.32x-Lösungen auch die Audio- beziehungsweise Video-Codecs beschrieben sind, harmonisieren unterschiedliche H.32x-Lösungen recht gut.

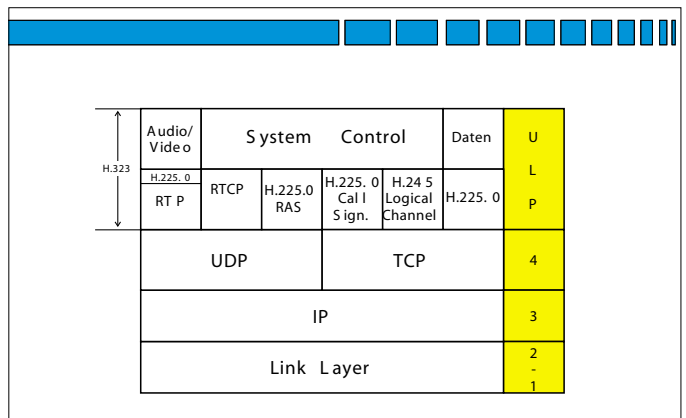
Die einzelnen H.323-Komponenten sind: H.323-Zone, Terminal oder Client, Gatekeeper (GK), Gateway (GW) sowie Multipoint Control Unit (MCU). Die H.323-Zone besteht aus mindestens einem Gatekeeper und einem oder mehreren Clients, MCUs oder Gateways. Der Client kann ein PC-Client oder ein IP-Telefon sein. Der Gatekeeper lässt sich als "Türsteher" vorstellen, der den Zugang zum VoIP-System überwacht und steuert.

Der Gatekeeper übernimmt eine Soft-PBX-Funktionalität. Er führt die Mitgliederliste für seine H.323-Zone und wird bei jedem Anruf (abgehend wie ankommend) vom Client oder Gateway informiert. Diese Informationen trägt der Gatekeeper in einer Tabelle ein, aus der die Zuordnung der Telefonnummer zur IP-Adresse und der Status (zum Beispiel: active/busy) des Clients hervorgeht. Er ist dadurch genau über seine H.323-Zone informiert und kann dementsprechend mit Weiterleitungen reagieren oder den Client informieren. Der Gatekeeper kann auch unzulässige

Telefoniewelt (zum Beispiel: H.323 mit ISDN). Dabei kann es notwendig sein, die unterschiedlichen Audio- beziehungsweise Videostreams umzusetzen. Diese Umsetzung heißt Transcodierung. Das Gateway muss auch in der Lage sein, DTMF-(Dual Tone Multiple Frequency-) und Faxsignale zu interpretieren und anzupassen. Neben dieser Umsetzung kann es erforderlich sein, die unterschiedlichen Signalisierungsverfahren zu konvertieren (zum Beispiel: von der H.323- auf ISDN-Signalisierung).

Bei der Multipoint Control Unit (MCU) handelt es sich eine optionale Komponente. Sie dient zur Realisierung von zentralen Konferenzen. Dabei realisiert H.32x nur die technischen Voraussetzungen für das Mischen von Informationsströmen (Audio/Video). Die MCU erfüllt die Funktion eines Mischpults.

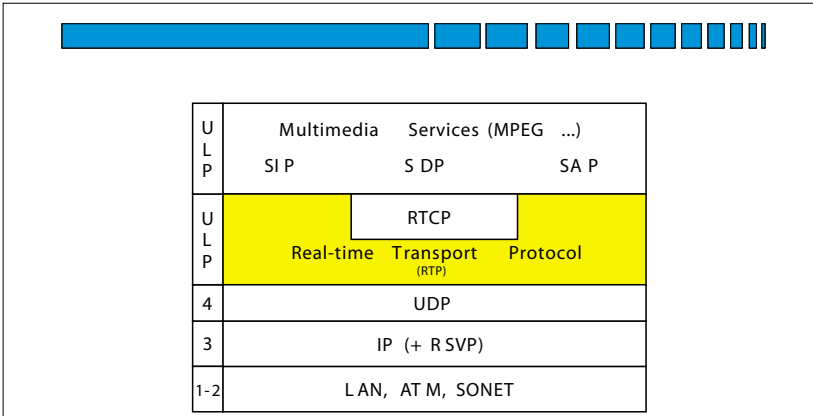
H.323 ist ein Layer-7-Protokoll und verhält sich wie der Telefonservice, der eben-



Die H.323-Protokollstruktur im Detail

ceiver-Reporte oder Steuerung von Mixing und Translation.

Die H.323-Struktur teilt sich grob in zwei Bereiche auf. Der eine bezieht sich auf System Control (Call Signalling, End-to-End Signalling, RAS-Channel – Registration, Administration and Status), der an-



Struktur des Session Initiation Protocol (SIP)

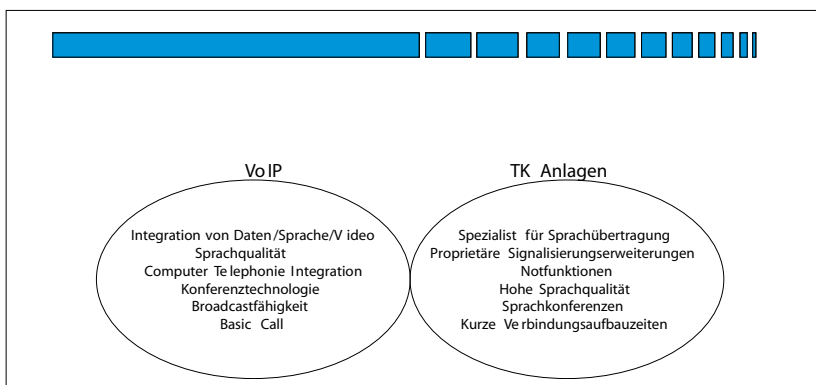
dere auf die Informationskanäle (Audio, Video und Datenkommunikation). Für den Aufbau eines H.323-Calls sind folgende Phasen erforderlich:

1. Gatekeeper Discovery, falls die IP-Adresse des Gatekeepers nicht bekannt ist,
2. Registration beim Gatekeeper mit Kontonummer, Host-Name und Telefonnummer,
3. Admission beim Gatekeeper (Zuordnung Telefonnummer zu IP-Adresse),
4. Aufbau der TCP-Verbindung (End-to-Network Signalling),
5. Aufbau des H.323-Calls (End-to-End Signalling via TCP mit H.225.0) und
6. Aufbau der logischen Kanäle (Logical Channel Signalling H.245).

sofortigen Aufbau einer Audioverbindung (Fast Start) umgehen. Die neueren Versionen von H.323 verwenden UDP für die Signalisierung; der Verbindungsabbau folgt dabei dem gleichen Muster. Die Clients/Gateways benutzen den RAS-Channel zur Kommunikation mit dem Gatekeeper. Als darunter liegendes Protokoll wird UDP verwendet.

SESSION INITIATION PROTOCOL (SIP)

Mit SIP spezifiziert die Internet Engineering Task Force (IETF) eine Protokollfamilie, die eine neue Generation der Signalisierung darstellt. Dabei realisiert SIP eine (im Gegensatz zu H.323) vereinfachte Methode. SIP integriert sich in die Internet-Struktur und stützt sich für die Real-Time-



Einsatzszenarien im Leistungs- und Funktionsvergleich

Die Phase 5 kann beliebig oft wiederholt werden, ohne den H.323-Call zu tangieren. Die daraus resultierenden langen Verbindungsaufbauzeiten lassen sich durch den

Übertragung auf RTP. Durch das Session Description Protocol (SDP) werden der jeweilige Media-Stream beschrieben und die Eigenschaften für die Session bestimmt.

Mit dem Session Announcement Protocol (SAP) ist es möglich, Multicast-Sessions anzukündigen. Das Real-Time Streaming Protocol (RTSP) erlaubt es, Video-Streams zu steuern (vergleichbar mit einer Fernsteuerung). Zu den Leistungen von SIP zählen neben der Integration in die bestehende Internet-Struktur und die Vereinfachung der Signalisierung auch noch die Offenheit für zukünftige Erweiterungen und neue Strukturen für Multicast-Services.

EINSATZSZENARIEN

Der VoIP-Einsatz im Intranet zielt heute hauptsächlich auf Call-Center-Lösungen. Dementsprechend werden dann die Leistungen und Funktionen von TK-Anlagen und VoIP-Systeme miteinander verglichen. Dieser Vergleich hinkt, da VoIP und TK-Anlagen unterschiedliche Ansätze verfolgen. So unterstützt VoIP die multimediale Integration im PC mit höherer Bandbreite, was die bestehenden TK-Anlagen nicht leisten können. Deren Vorteile sind im Wesentlichen durch folgenden Parameter beschrieben:

- die Sprachqualität der ISDN-Telefone ist besser und
- die Leistungsmerkmale (wie Call Hold, Call Diversion etc.) sind zahlreicher.

Die Migration von bestehenden Netzen lässt sich unter zwei Gesichtspunkten betrachten: die Migration von LAN/IP-Based-Networks zu VoIP-fähigen Netzen sowie die Migration von Private-Branch-Exchange-(PBX)-/TDM-Netzen hin zu IP-Based-Networks.

Der Vorteil des Multiservicenetzes, eine kostengünstige Infrastruktur anbieten zu können, muss mit der Infrastrukturverbesserung erkauft werden. Dazu zählen:

- der Übergang von Shared Media zu Switched Media, nach Möglichkeit voll-duplex,
- die Implementierung von Layer-3-Switching- und Diffserv-Technologien,
- die Verbesserung der Verfügbarkeit durch redundante Infrastruktur sowie
- die Erhöhung der zur Verfügung stehenden Bandbreite (Big Pipe).

Die Migration des bestehenden Telefonnetzes stellt sich auf der TK-Seite anders dar, als auf der Carrier-Seite. Im TK-Anla-

genbereich ist es lediglich sinnvoll, von Inseln aus zu migrieren, da die heutigen Softswitches (Soft-PBX) nur eine begrenzte Zahl von Clients unterstützen. Im Moment sind dies typischerweise 250 Clients. Bis Ende 2001 wird diese Zahl sicher auf über 500 Clients ansteigen. Größere PBX-Netze sind momentan nur mit dezentralen Strukturen möglich. Außerdem sollte beachtet werden, dass ein normales ISDN-Telefon mehr Leistungsmerkmale (Supplementary-Services) als ein IP-Phone aufweist. Ein Austausch von alleinstehenden Telefonen durch IP-Phones lässt sich nicht uneingeschränkt empfehlen beziehungsweise nur in einem Gesamtkonzept beurteilen. Der wichtigste Ansatz im TK-Anlagenbereich sind mit Sicherheit der Call-Center-Bereich und das Unified Messaging.

Im Carrier-Bereich werden über einen längeren Zeitraum hinweg beide Netzarten (TDM, IP-Based-Networks) existieren und mit Gateways verbunden sein. Eine Umstellung auf homogene IP-basierend Netze wird dann stufenweise erfolgen.

QOS-VERBESSERUNGEN Ein IP-basierendes Netz ist auf die Datenkommunikation hin optimiert. Die Echtzeitfähigkeit lässt sich durch folgende Ansätze erreichen:

- Bandbreitenreservierung durch den Einsatz des Resource Reservation Protocol (RSVP) sowie
- Prioritätensteuerung auf Layer 2 (IEEE 802.1p/VLAN Tag) und Layer 3 (Diff-serv).

Diese Aspekte sollten aber nicht vergessen lassen, dass eine isochrone Übertragung nicht nur durch Bandbreitenreservierung, sondern auch durch das Einhalten von Zeitbedingungen charakterisiert wird. Letzteres ist in der Integrated-Service-Architektur (RFC 1633) realisiert, die zwei Servicequalitäten definiert. Die Intserv-Architektur schreibt dabei weder die Verwendung einer bestimmten Technologie (RSVP/Diffserv), noch die Verwendung von Guaranteed-Service oder/und Predicted-Service vor. Die unterschiedlichen Realisierungen bei den ISPs werden durch Service-Level-Agreements (SLAs) abgestimmt und vorgenommen.

Guaranteed-Service: Dieser Service kann mit dem Resource Reservation Protocol (RSVP) arbeiten und bietet eine statische Bandbreitenreservierung. Dieses Protokoll ist für Layer 3 und nicht für Layer 2, entwickelt worden. RSVP lässt sich mit IPv4 und IPv6 einsetzen und arbeitet mit einer Bandbreitenreservierung auf unidirektionaler IP-Flow-Basis. Mit IP-Flow ist der Media-Stream von A nach B gemeint. Für jede zusätzliche Verbindung muss eine erneute Reservierung eingetragen werden. Das Protokollumfeld von RSVP ist relativ komplex und schlecht skalierbar, da für jeden Media-Stream im Router ein Eintrag erforderlich ist.

Predicted-Service: Dieser Service kann mit Differentiated-Service arbeiten. Diffserv erzeugt mit dem Diffserv-Feld (DS-Feld) eine Traffic-Differenzierung bei IPv4 und IPv6. Naturgemäß erzielt eine reine Prioritätensteuerung nicht die Qualität eines Guaranteed-Service. Die momentanen Realisierungen ziehen Diffserv dem Einsatz von RSVP vor. Diffserv-Lösungen lassen sich wesentlich einfacher umsetzen und arbeiten mit dem Per-Hop-Behavior-(PHB-)Ansatz. Die Bewertung der Traffic Class ist nur in der aktiven Komponente enthalten und benötigt keine komplexe Infrastruktur. Die Betrachtung einzelner IP-Flows ist nicht vorgesehen – nur der verschiedenen Verkehrsklassen (Traffic Class). Diese Klassen werden derzeit in vier Stufen diskutiert. Entsprechend skaliert ein Netz lediglich in vier Stufen und nicht nach IP-Flows.

FAZIT Die VoIP-Technologie wird sich mit Sicherheit zunehmend in den Netzen verbreiten. Allerdings wird dies nicht so schnell geschehen wie es in den Prognosen erwartet wurde. Durch verschiedene neue Protokollansätzen (SIP, Megaco/Media Gateway Control und andere) ist die Protokollwelt sehr undurchsichtig geworden.

Der Einsatz von VoIP wird sich über die Intranet-Schiene und dann via Virtual Private Networks (VPN) in das Internet verlagern. Dabei darf nicht vergessen werden, dass aus heutiger Sicht folgende Technologieprobleme beseitigt werden müssen:

- Realisierung von QoS in IP-basierenden Netzen,
- Implementierung von Traffic Engineering,
- Integration von Real-Time-Interfaces in Betriebssystemen,
- Interworking mit bestehenden Fest- und Mobilnetzen sowie
- Realisierung von Billing-Einrichtungen in VoIP-Systemen.

Benutzergruppe Netzwerke (BGNW)

Die Benutzergruppe Netzwerke (BGNW) ist eine Interessenvertretung von Netzwerk-anwendern und dient als herstellernerutrales und unabhängiges Forum zum Thema "Informationsnetzwerke". Zielsetzung des Vereins sind die Fortbildung und der Erfahrungsaustausch ihrer Mitglieder sowie die Erarbeitung von Empfehlungen für die Planung, Installation und den Betrieb von Netzwerken. Zur Zeit zählt die Benutzergruppe Netzwerke mehr als 190 Mitglieder, darunter eine Reihe der führenden Unternehmen und Einrichtungen Deutschlands und der Schweiz. Die BGNW verfolgt ausschließlich gemeinnützige Zwecke. Weitere Informationen finden sich im Internet unter www.bgnw.de; E-Mail: bgnw@akad.med.uni-giessen.de, Tel.: 0641-9940242.

Die Integration in Telephony-Application-Programming-Interface-(TAPI-)Applikationen ist dagegen schon recht weit gediehen. Zusammenfassend lässt sich festhalten: VoIP kommt – zuerst im Intranet und dann im Internet, aber es kommt.

(Benutzergruppe Netzwerke – BGNW:
Klaus Becker, Gerhard Junghans/pf)

Dipl. Ing. Klaus Becker ist Vorsitzender der Benutzergruppe Netzwerke und leitet die Firma Becker Training & Consulting in Mering. Dipl. Phys. Dr. Gerhard Junghans ist Mitglied der Benutzergruppe Netzwerke und stellvertretender Abteilungsleiter der klinischen und administrativen Datenverarbeitung am Universitätsklinikum in Gießen.