

Eine Virtuelle PBX

Ralf Ackermann¹, Jörg Pommnitz², Lars C. Wolf¹, Ralf Steinmetz^{1,2}

¹
KOM • Industrial Process and System Communications
Dept. of Electrical Engineering & Information Technology
Darmstadt University of Technology
Merckstr. 25 • D-64283 Darmstadt • Germany

²
GMD IPSI
German National Research Center
for Information Technology
Dolivostr. 15 • D-64293 Darmstadt • Germany

{Ralf.Ackermann, Lars.Wolf, Ralf.Steinmetz}@kom.tu-darmstadt.de,
Joerg.Pommnitz@darmstadt.gmd.de

Abstrakt: Aktuell gibt es eine Reihe von Ansätzen zur Nutzung paketbasierter Netze für die Übertragung von Telefoniedaten. Eine wichtige Rolle spielen dabei insbesondere IP-Telefonie-Gateways, die den Übergang zwischen dem konventionellen Telefonnetz (PSTN) und IP-Netzen ermöglichen. Auf der Basis eines von den Autoren entwickelten Gateways zwischen dem konventionellen Telefonnetz und dem Multicast-Backbone des Internets (MBone) ist die gleichberechtigte und vollwertige Teilnahme von Anwendern mit konventionellen Telefonen an MBone-Audiokonferenzen möglich. Dabei kann mit anderen MBone-Nutzern kommuniziert werden. Zusätzlich erlaubt es, Mehrteilnehmerkonferenzen zu führen, ohne daß hierfür aufwendige Multipoint Control Units (MCU) eingesetzt werden müssen. Damit sind die Anwendungsmöglichkeiten dieses Typs von Gateways jedoch nicht ausgeschöpft. Der Einsatz zusätzlicher Steuerungs- und Infrastruktur-Bestandteile gestattet es, Funktionen einer klassischen Telefonanlage (PBX) im Zusammenwirken von im Netz verteilten Komponenten zu erfüllen.

In diesem Beitrag werden an eine "Virtuellen PBX" zu stellende funktionelle Anforderungen aufgezeigt. Ihre Umsetzbarkeit wurde für ausgewählte Teilbereiche wie lokale Teilnehmermobilität, Mehrteilnehmer-Konferenzen, Sitzungssteuerung und Sicherheit anhand einer prototypischen Implementierung nachgewiesen.

1 Einleitung

Die Integration des konventionellen Telefonnetzes mit Diensten des Internets spielt aktuell eine wichtige Rolle. Eine Reihe von Untersuchungen [6] widmen sich der Konvergenz dieser beiden Netze, die hinsichtlich ihres Alters, ihrer Entstehung und ihres Verbreitungsgrads sehr unterschiedlich sind und bisher noch weitgehend unabhängig und parallel existieren.

Neben dem Vorteil der Kosteneinsparung durch die Nutzung einer einheitlich zu betreibenden Kommunikations-Infrastruktur verspricht man sich insbesondere durch die mögliche Bereitstellung von zusätzlichen Diensten ein überaus großes Potential für die IP-Telefonie. Besonders attraktiv ist dabei die Schaffung von Übergängen zwischen dem leitungsvermittelten Telefonnetz und dem paketvermittelten Internet. Eine spezielle Ausprägung eines solchen Überganges stellt ein Gateway zum multicast-fähigen Teil des Internets, dem MBone, dar. Die von uns vorgeschlagene und untersuchte Kombination einer Anzahl solcher, um zusätzliche Steuerfunktionen erweiterter Gateways bildet die Basis zur Realisierung einer virtuellen Telefonvermittlung. In einer solchen liegt bewußt der Schwerpunkt der Bereitstellung von Funktionalität auf der Seite des paketvermittelten Netzes. Spezifika der betroffenen Bereiche und der in ihnen genutzten Mechanismen werden nachfolgend einleitend beschrieben.

MBone Konferenz-Anwendungen

Sucht man ein einem Telefongespräch im konventionellen Netz vergleichbares Pendant, so findet sich eine mögliche Ausprägung in Gestalt von Audiokonferenzen im Mbone. Für deren Durchführung haben sich eine Reihe von Anwendungen wie z.B. das Visual Audio Tool "vat" oder das Robust Audio Tool "rat" [11] etabliert. Diese nutzen von der IETF standardisierte Protokolle und bieten neben der Sicherstellung einer möglichst hochwertigen, verlust- und störungsarmen Audioübertragung eine für den Nutzer intuitiv zu bedienende Benutzeroberfläche. In der Kombination mit Anwendungen zur Sitzungsankündigung wie z.B. "sdr" [7] und zum kooperativen Arbeiten wie z.B. dem Whiteboard-Tool "wb", dem verteilten Texteditor "nte" oder dem Questionboard "qb" erlauben sie die effiziente Realisierung von Konferenzen und unterstützen damit das kooperative Arbeiten.

Voraussetzung dafür ist jedoch, daß die potentiellen Nutzer über einen multicast-fähigen Netzzugang und Endgeräte mit entsprechender Hard- und Software verfügen. Dies ist gerade bei einer Anbindung über Dial-Up-Links oder für mobile Nutzer z.B. mit GSM-Endgeräten, selbst wenn diese eine Unterstützung für Datendienste bieten, nicht grundsätzlich der Fall. Damit ist der potentielle Nutzerkreis zunächst begrenzt.

IP-Telefonie-Protokolle und Bezug zum vorgestellten Ansatz

Von besonderem Interesse für den breiten Einsatz IP-basierter Telefonie- und Kooperations-Anwendungen ist die Entwicklung und Nutzung interoperabler Protokolle. Dabei zeichnen sich zwei wesentliche Standardisierungsbemühungen ab.

Einerseits existiert mit der H.32x-Protokoll-Suite [14] der ITU ein Ansatz, an dem sich eine Reihe von Endanwendungen wie z.B. Microsoft NetMeeting oder Vocaltec Internet Phone orientieren und der auch den Aufbau und Einsatz von Infrastrukturkomponenten wie Gateways und Gatekeepern definiert. H.323 als abgeschlossener, komplexer Protokollstandard mit einem nicht unerheblichen Aufwand für Erweiterungen und auf den expliziten Einsatz von Multipoint Control Units (MCU) basierten eng gekoppelten Mehrteilnehmer-Konferenzen bildete für unsere Untersuchungen jedoch nicht den Hauptschwerpunkt.

Die mit dem Session Initiation Protocol SIP [8] sowie seinen Erweiterungen und dem Media Gateway Control Protocol MGCP [3] aktuell von der IETF untersuchten Ansätze [16], erlauben in einer einfachen Art den Aufbau, die Steuerung und das Beenden von Multimedia-Sitzungen, die Registrierung und Lokalisierung von Nutzern mit einer Unterstützung für Mobilität und die Weiterleitung von Kontroll- und Nutzdaten über Proxies sowie die durch Call Control Agents erfolgende Interaktion mit Gateways zwischen dem konventionellen und dem IP-basierten Telefonsystem. Dabei werden Textnachrichten zwischen den als Klienten und Servern arbeitenden Systemkomponenten versandt. Aufgrund des offenen, modularen Ansatzes, der einfacheren Implementierbarkeit – im Vergleich zu H.323 wird z.B. keine relativ schwierig handhabbare ASN.1 basierte Transferekodierung verwendet –, der kostenfreien Verfügbarkeit von Referenzimplementierungen und des Vorhandenseins von Abbildungsvorschlägen für die Dienste eines Intelligenten Netzes [9] bildeten die von der IETF vorgeschlagenen Protokolle einen wichtigen Orientierungspunkt für unsere Architektur und Implementierung.

2 Eine Virtuelle PBX

Aufgrund des Potentials zur Kosteneinsparung, des umfassenden dann erreichbaren Nutzerkreises und der Menge an denkbaren Mehrwertdiensten ist es erstrebenswert, die individuellen

Vorteile der bisher jeweils relativ autonom existierenden Bereiche des konventionellen und des IP-basierten Netzes geeignet zu verbinden. Damit ist es möglich, Funktionalität zwischen den Netzen zu verschieben. Je nach Lokation einer Teilfunktionalität resultieren daraus verschiedene Möglichkeiten für Mehrwertdienste.

Eine Umsetzung dieses Ansatzes ist die Verschiebung von Funktionalität einer klassischen PBX in das paketbasierte Netzwerk. So kann ein heterogenes und hinsichtlich Erweiterungen offenes Gesamtsystem – eine Virtuelle PBX (nachfolgend VPBX) – realisiert werden.

Funktionen einer PBX

Eine im IP-Netz angesiedelte VPBX sollte sich hinsichtlich ihres Funktionsumfangs an einer klassischen PBX orientieren. Die von der ITU beschriebenen Dienste in einem modernen Intelligenten Netz [15] beschränken sich nicht auf die reine Gesprächsweiterleitung entsprechend der gewählten Rufnummer. Vielmehr werden Authentifizierung, Abrechnung, Filterung entsprechend der Nummer des Anrufenden bzw. des Angerufenen, individuelle und konfigurierbare Gesprächsweiterleitung und Dienste zur Bereitstellung einer anpaßbaren Bedienschnittstelle unterschieden. Zusätzlich gibt es eine Menge sogenannter "Other Services", die unter anderem die individuelle Rufbehandlung und die Nutzung von Mehrteilnehmer-Konferenzen behandeln.

Basisüberlegungen und Zielstellung unserer Implementierung

Intelligente End- und Vermittlungs- und Gateway-Systeme sowie zuverlässige und performante Netzwerke ermöglichen es, die zur Erbringung dieser Dienste notwendigen Funktionen zu verteilen. Die vorgestellte Implementierung entstand ausdrücklich nicht mit dem Ziel, einen vollständigen Ersatz für eine vorhandene Telefonvermittlung zu schaffen. Vielmehr soll in einem experimentellen und in Kombination mit einer weiterhin genutzten konventionellen PBX arbeitenden Gesamtsystem die Praxiserprobung ausgewählter Protokollansätze und Szenarien erfolgen. Daher erfolgte eine Beschränkung auf eine Untermenge der genannten Dienste. Auch sind Interfaces, an die unmittelbar konventionelle Telefonendgeräte angeschlossen werden können und die damit direkt Signalisierungsinformationen empfangen, bisher nicht Bestandteil unserer VPBX. Der Zugang zu dem realisierten System erfolgt für die Nutzer konventioneller Telefonendgeräte stets über entsprechende Gateways.

Großer Wert wurde auf die weitestmögliche Nutzung standardisierter Signalisierungsprotokolle und auf die Unterstützung von Funktionen gelegt, die sich mit einer vorhandenen konventionellen Telefonvermittlung nicht oder nur schwer realisieren lassen. Dies betrifft insbesondere die lokale Mobilität eines Nutzers unter Beibehaltung seiner ihm zugeordneten Rufnummer, die Unterstützung für Mehrteilnehmerkonferenzen und die Realisierung von Mehrwertdiensten wie den telefonischen Zugriff auf eine nutzerbezogene Voice-Mailbox sowie auf in Textform vorliegende und entsprechend aufzubereitende Informationen.

Die Prototyp-Implementierung des Gesamtsystems erfolgte unter dem Betriebssystem Linux mit Nutzung der von diesem für den Audio-Zugang zum konventionellen Telefonsystem bereitgestellten Möglichkeiten zum Betrieb von ISDN-Karten bzw. Voice Modems. Dies stellt keine Einschränkung dar, die Adaption auf eine andere Plattform oder der Einsatz spezieller Hardware, insbesondere von Telefon-Interfaces, die eine größere Anzahl von gleichzeitigen Einwahlmöglichkeiten an einem Übergang bieten, sind ohne Änderung des Gesamtkonzeptes möglich.

Basiskomponenten – Gateways zwischen MBone und konventionellem Telefonnetz

Eine wesentliche Komponente unserer VPBX bildet eine Anzahl von Gateways zwischen dem MBone und dem konventionellen Telefonnetz. Einzelheiten zu diesen als MBone2Tel-Gateways bezeichneten Übergängen sind in [1] aufgeführt, nachfolgend werden die für das Gesamtsystem wichtigen Komponenten und die Funktionsweise kurz erläutert. Ein Gateway kann – bei Verwendung entsprechend seines ursprünglich vorgesehenen Einsatzzwecks – von einem konventionellen Telefon aus angerufen werden und ermöglicht es, aus einer Menge von mittels Sprachsynthese angebotenen aktuellen MBone-Sessions per DTMF-Signalisierung oder durch Navigation mit Einzelwortbefehlen in einem Audiomenu eine Session auszuwählen. Über den so konfigurierten Übergang kann man nachfolgend sowohl als Zuhörer als auch als aktiver Sender an einer MBone-Audiokonferenz teilnehmen.

Außer zur Bereitstellung der zentral vorgesehenen Gateway-Funktionalität sind die entstandenen Funktionsblöcke auch in anderer Weise kombinierbar. Dies wurde durch die grundlegende Designentscheidung erreicht, möglichst unabhängige und mit einheitlichen Schnittstellen versehene Einzelbestandteile zu entwickeln und zu verwenden. Die intern über IPC-Mechanismen (Named Pipes) kommunizierenden Komponenten sind:

- ein Interface zum konventionellen Telefonsystem (realisiert über eine ISDN-Karte unter Nutzung der isdn4linux-Kernelerweiterung [17] oder mittels eines auch an einem konventionellen a/b-Anschluß zu betreibenden Modems mit einem Voice-Befehlssatz)
- ein Interface zu einer MBone-Konferenz-Anwendung (realisiert als generisches Audio-Device für das MBone-Tool “rat”)
- ein System zur synthetischen und dynamisch in Echtzeit erfolgenden Generierung von Sprache aus Texteingaben (realisiert auf der Basis des Sprachsynthese-Systems “festival” [4])
- ein System zur sprecherunabhängigen Einzelworterkennung (realisiert auf der Basis des Programmpaketes “ears” [18]).

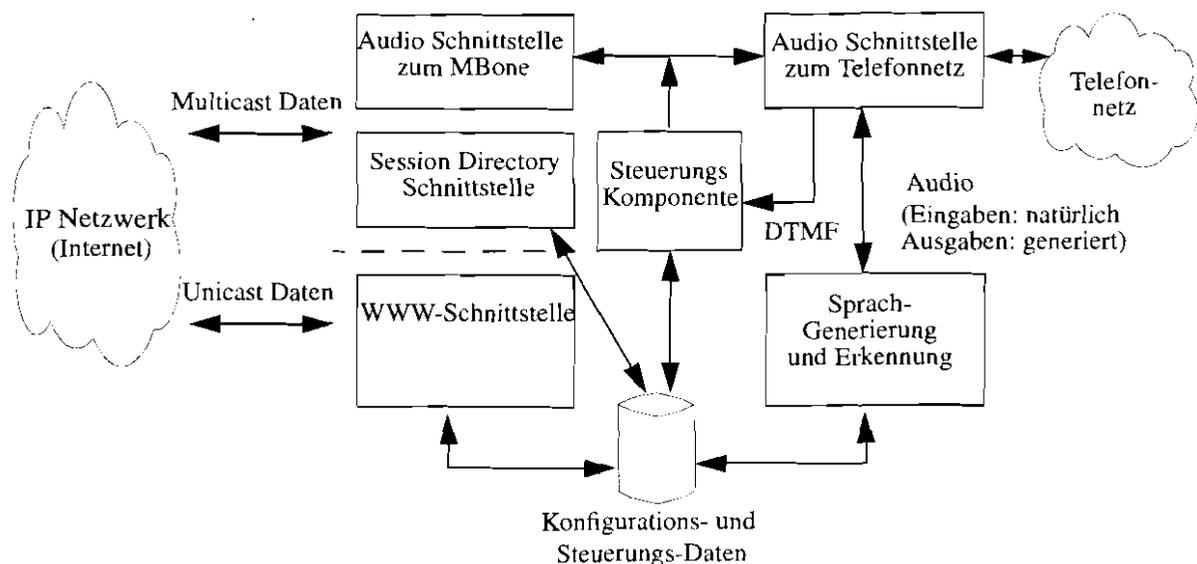


Abbildung 1: Architektur eines MBone2Tel Gateways als Einzelkomponente der VPBX

Zusätzlich werden Komponenten zur Realisierung von Steuerungsoperationen mit einer entsprechenden Benutzeroberfläche eingesetzt. Zusammen ergibt sich daraus ein Baukastensystem, dessen Bestandteile und mögliche Interaktionen sowie Nutz- und Steuerungs-Datenströme in Abbildung 1 dargestellt sind. Das Gesamtsystem erlaubt es, bewährte und sich teilweise mit hoher Dynamik weiterentwickelnde Basiskomponenten über in der Regel konstant bleibende Schnittstellen geeignet zu kombinieren und diese durch neue Komponenten zu erweitern.

Zusammenfassung von Gateways zu einer Virtuellen PBX

Während ein einzelnes so aufgebautes Gateway bereits zum Zugang zu MBone-Sessions nutzbar ist, ergeben sich für die Kombination zu einer Virtuellen Telefonanlage eine Reihe weiterer Anforderungen, die insbesondere den Bereich der geeigneten Signalisierung betreffen. So unterscheiden sich die im Telefonnetz und im MBone verwendeten Ansätze zum Aufbau einer Verbindung fundamental. Während im ersteren Teilnehmer aktiv angerufen werden, verwendet man bei MBone-Anwendungen in der Regel einen auf Session Announcements aufbauenden passiven Directory-Service, der Nutzern nur die Informationen zur Verfügung stellt, die diese ihrerseits dazu nutzen können, um sich an einer Session zu beteiligen. Dementsprechend muß eine Abbildung über externe ergänzende Steuerungsmechanismen zum Einsatz kommen.

Die Komponenten des Gesamtsystems sind in Abbildung 2 aufgezeigt.

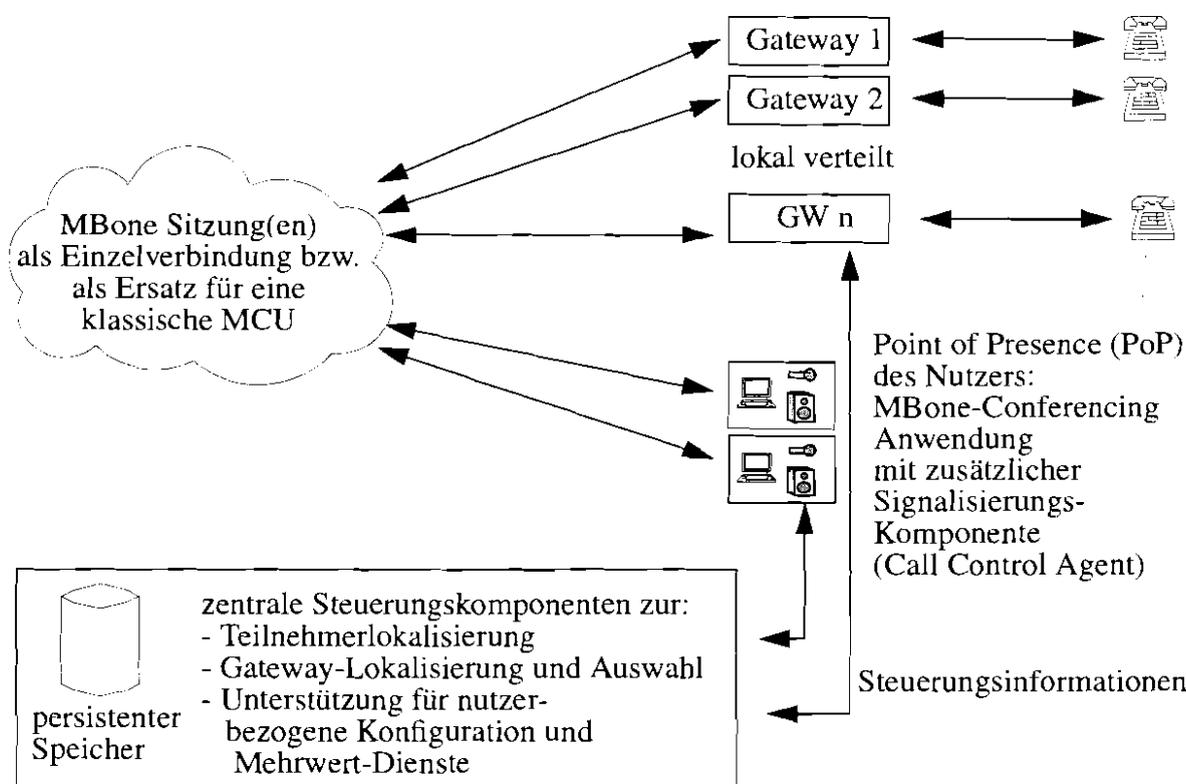


Abbildung 2: Architektur des Gesamtsystems

Es wurde eine zentrale Steuerungs- und Konfigurationskomponente vorgesehen, die statische Informationen über die verfügbaren Gateways und die ihnen zugeordneten Einwahlnummern, die im Gesamtsystem bekannten Nutzer und die ihnen innerhalb der VPBX zugeordneten

“Telefonnummern” speichert. Zusätzlich verwaltet sie auch dynamische Informationen über den aktuellen Erreichbarkeitsort eines Nutzers und die Belegung von Ressourcen (Einwahlpunkte, für Verbindungen vergebene Multicast-Adressen und Ports). Diese zentrale Komponente interagiert mit den Gateways und erhält von diesen Informationen über eingehende Rufe und möglicherweise nachfolgende Inband-Signalisierungs-Informationen bzw. weißt sie an, Rufe auszulösen.

Für die Nutzer an MBone-Terminals wurden als Call Control Agents bezeichnete Programme vorgesehen, mit denen ein Nutzer ein System als seinen aktuellen Erreichbarkeitsort anmelden, Rufe auslösen oder Signalisierungsnachrichten empfangen und mit den MBone-Konferenzanwendungen durch Parametrisierung bei deren Programmstart interagieren kann.

Innerhalb der VPBX sind Kommunikationsbeziehungen unter Einbeziehung der Gateway-Komponenten sowohl zwischen einem Teilnehmer mit einem konventionellen Telefon und einem Nutzer einer MBone-Konferenzanwendung als auch zwischen zwei Nutzern mit konventionellen Telefonendgeräten sowie in Mehrteilnehmer-Konferenzen möglich.

Abbildung von Nutzeridentitäten, Telefonnummern und MBone Sessions

Die Frage der Abbildung und Zuordnung von Nutzeridentitäten, innerhalb der VPBX verwandten Telefonnummern, Gateway-Einwahlpunkten (denen eine konventionelle Telefonnummer fest zugeordnet ist) und über Multicast-Adresse und Port unterschiedenen MBone Sessions stellt eine wichtige Aufgabe dar.

Jedem der dem System bekannten Nutzer wird eine innerhalb der VPBX gültige Telefonnummer zugeordnet. Diese kann sinnvollerweise äquivalent zu der Nummer sein, die sein konventioneller Anschluß besitzt. Trifft ein Anruf an einem Gateway ein, so ist eine geeignete Auswahl des Angerufenen entweder durch Auswertung der einkommenden Rufinformation (z.B. wenn der Betreffende seinen eigenen konventionellen Anschluß zu dem Gateway weitergeleitet hat) oder durch Inband-Signalisierung (per Sprache oder mit DTMF-Wahlönen) durch den Anrufer möglich.

Für die Zuordnung von Multicast-Adressen und Ports zu den Verbindungen realisieren wir einen Ansatz, der aus einer Menge von für das Gesamtsystem vorgesehenen Adressen jeweils eine freie auswählt, und diese dem Call Control Agent des Nutzers einer MBone-Konferenzanwendung bzw. dem entsprechenden Gateway mitteilt. Dieses Vorgehen wurde auch für die im Fall einer Mehrteilnehmer-Konferenz notwendigen Nutzung einer gemeinsamen Multicast-Adresse gewählt.

Spezielle Aspekte der Nutzung von Multicast-Mechanismen

Bei der Realisierung von Funktionen einer Telefonanlage im lokalen Umfang ergeben sich aus dem Einsatz von IP-Multicast zwei wichtige und hinsichtlich ihrer Konsequenzen zu unterscheidende Aspekte:

- **Mobilität**
Werden Audio-Daten und entsprechende Signalisierungsinformationen (Rufeingang, Wahlinformation) von bzw. zu einem als Ein- bzw. Auswahlpunkt fungierenden Gateway entsprechend weitergeleitet, so ergibt sich daraus unmittelbar eine persönliche Mobilität für den Endbenutzer. Dies gilt sowohl für ausgehende als auch für einkommende Gespräche. Für letztere ist durch geeignete Mechanismen dafür zu sorgen, daß der Anruf entsprechend signalisiert wird, der Angerufene kann sich nachfolgend (falls er dort nicht bereits arbeitet)

zu einem entsprechenden Terminal mit einer MBone-Audio-Konferenz-Anwendung begeben und das Gespräch entgegennehmen. Auch während eines laufenden Gespräches ist es möglich, zu einem anderen Endgerät zu wechseln.

- Gleichzeitiger Datenempfang durch eine Vielzahl von Teilnehmern
Da mehrere Teilnehmer innerhalb einer Multicast-Gruppe aktiv sein können, ergibt sich eine elegante Möglichkeit zur Realisierung von Konferenzen mit mehreren Teilnehmern. Aufgrund dieses gleichzeitigen Empfangs muß jedoch auf die Sicherstellung der Vertraulichkeit der Gesprächsinhalte besonderer Wert gelegt werden.

Die Nutzung von Multicast-Mechanismen bietet effiziente Möglichkeiten zur effizienten Realisierung einzelner Funktionen. Daneben ist es ebenfalls zweckmäßig, Mechanismen vorzusehen, die die Nutzung des Gesamtsystems auch für Anwender, die nur per Unicast erreichbar sind, sicherstellen. Anwendungsszenarien, in denen dies sinnvoll der Fall ist, werden wir am Beispiel der Sprecheraktivitätsanzeige diskutieren.

Lokale Mobilität und Teilnehmerlokalisierung

Durch den vorgestellten Ansatz werden Rechner zu potentiellen Telefonendgeräten. Dafür wird eine MBone-Audio-Konferenz-Anwendung mit einer zusätzlichen Call Control Agent Komponente zum Empfang und Versand von Signalisierungsinformationen verwendet, diese bildet letztlich das Bedienfeld eines bekannten konventionellen Telefons nach.

Lokale Mobilität ist hinsichtlich der Weiterleitung der Audio-Daten an alle potentiellen Orte, an denen ein Nutzer Zugriff auf ein entsprechendes Endgerät nimmt (Point of Presence / PoP), durch die MBone-Konferenz unmittelbar gegeben. Für von einem Teilnehmer ausgelöste Rufe sind dazu keine weiteren Vorkehrungen notwendig. Der Call Control Agent erfragt bei der zentralen Komponente ein für ihn nutzbares Paar aus Multicast-Adresse und Port und verwendet diese Information zur Parametrisierung der zum Audiodaten-Transfer genutzten MBone-Konferenzanwendung. Dem korrespondierenden Kommunikationspartner werden die Parameter ebenfalls signalisiert.

Für eingehende Rufe muß eine Benachrichtigung der angerufenen Person erfolgen, dies setzt zunächst ihre geeignete Lokalisierung voraus. In [12] werden dazu unterschiedliche Möglichkeiten beschrieben. Neben der Unterscheidung zwischen expliziter Registrierung bei einer zentralen Instanz oder der verteilten Verwaltung der Lokalisierungsinformation ist eine Kategorisierung danach möglich, zu welchem Zeitpunkt (initial, zyklisch bzw. bei Eintreten eines auslösenden Ereignisses) die entsprechenden Daten gewonnen werden und ob dies im Zusammenwirken mit anderen Operationen – z.B. im Falle eines Single-Sign-On bei der Anmeldung an einem Endsystem durch Erweiterung des Login-Programmes – erfolgt.

In unserer Implementierung muß sich ein Anwender aktiv bei einer zentralen Instanz registrieren bzw. deregistrieren und gibt damit bekannt, an welchem Standort er aktuell erreichbar ist. Für diese Operation, die durch den von dem Nutzer explizit gestarteten Call Control Agent durchgeführt wird, nutzen wir die entsprechende SIP-Funktionalität. Wechsel der Lokation ist dabei nicht gleichbedeutend mit Beendigung des Gespräches. Weiterhin kann der Anwender entscheiden, ob innerhalb der VPBX eintreffende Verbindungswünsche zu seiner regulären konventionellen Telefonnummer normal an diese weitergeleitet oder zu seinem aktuellen Aufenthaltsort an einem Rechner vermittelt werden sollen.

Alternativ wäre es möglich, die Anrufsignalisierung unter Nutzung von IP-Multicast zu verteilen. Dann erfolgt die Signalisierung nur an den Endsystemen, die deren Empfang aktiviert

haben und es sind in einfacher Art und Weise Gruppen- oder Rundrufe realisierbar, ohne dass zentrale Informationen erhoben oder verwaltet werden müssen. Auch eine externe Anrufsignalisierung durch Kombination mit einem Paging-Service denkbar.

Telefonkonferenzen mit mehreren Teilnehmern

Auf der Basis einer entsprechenden Anzahl in einem multicast-fähigen verteilten Backbone installierten Gateways ist in einfacher Art und Weise eine Nachbildung von aus klassischen Lösungen bekannten Multipoint Control Units (MCU) möglich. Diese MCUs leiten Audiodaten zu allen registrierten Kommunikationsendpunkten weiter. Die in bisherigen Lösungen zentral (z.B. durch eine einzelne Vermittlung oder einen Server mit einer entsprechenden Anzahl von parallel nutzbaren Einwahlpunkten) realisierte Ausprägung einer solchen MCU kann in unserem Ansatz auf eine verteilte und beliebig erweiterbare Lösung abgebildet werden.

Eine solche MCU hat mehrere Vorteile – insbesondere ihre Skalierbarkeit, sowie bei Verteilung über mehrere Standorte die Aufteilung der notwendigen Investitionskosten und die kürzeren Entfernungen von den Teilnehmern zu den Einwahlknoten. Dies ermöglicht insgesamt geringere Kosten. Zu bemerken ist auch, daß sich die Teilnehmer selbst nicht in einem multicast-fähigen Netz befinden müssen und dennoch von dessen Nutzung profitieren.

Aufgrund der beschränkten Möglichkeiten zur Signalisierung von einem konventionellen Telefonendgerät aus, werden Konferenzen von unserem System bisher nur mit Einwahl an entsprechend vorkonfigurierten Gateways bzw. mit aktiver Anwahl konventioneller Telefonteilnehmer über das Gateway unterstützt. Die dazu notwendigen Signalisierungsoperationen werden über die WWW-Schnittstelle der Mbone2Tel-Gateway-Implementierung bzw. von den Call Control Agents realisiert.

Lokalisierung und Auswahl von Gateways

In der vorgestellten Lösung erfolgte die Nutzung mehrerer und a priori bekannter Gateways innerhalb eines örtlich lokalen Systems. Damit sind alle Übergänge für abgehende Gespräche hinsichtlich entstehender Kosten gleichberechtigt und eine Verwaltung der Informationen über deren aktuelle Nutzung ist hinreichend. Umfangreicher ist der Verwaltungs- und Signalisierungsaufwand in einem Szenario mit einer Vielzahl von verteilten und nicht zentral bekannten Gateways. Für diese Aufgabe ist das Gateway Location Protocol [13] einsetzbar.

3 Ausgewählte zusätzliche Mechanismen und Dienste

Mehrwertdienste

Auf der Basis der Kombination des Gateways mit Mechanismen zur sprecherunabhängigen Einzelworterkennung und zur Sprachsynthese aus Eingabetexten wurden zusätzlich die Mehrwertdienste:

- nutzerbezogener Zugriff auf E-Mail sowohl per Einwahl als auch durch aktive Benachrichtigung bei Eintreten eines vorher zu konfigurierenden Kriteriums (z.B. feste Uhrzeit, Eintreffen einer Nachricht mit bestimmtem Absender oder Subjekt, ...)
- nutzerbezogener Anrufbeantworter (Voice-Box) mit Möglichkeit zur Fernabfrage realisiert.

Die Anrufbeantworterfunktion ist dabei individuell für mehrere Anwender nutzbar, diese können bei Abwesenheit Gespräche von ihrem Telefonapparat zu der dem Gateway zugeordneten Rufnummer weiterleiten und die Funktion aktivieren, dort erfolgt eine individuelle Behandlung aufgrund der übermittelten Caller-Identifikation.

Sitzungssteuerung und Visualisierung von Teilnehmeraktivitäten

Innerhalb von Audio-Konferenzen mehrerer Teilnehmer spielt die Frage der Zuordnung des gerade wahrgenommenen gesprochenen Wortes zu einem Gesprächsteilnehmer eine sehr wichtige Rolle [5]. In klassischen MBone-Anwendungen wie "vat" oder "rat" ist sie bei sprachaktivitätsgesteuertem Versand der Audiodaten durch eine entsprechende graphische Aktivitätsanzeige möglich.

Beteiligt sich ein Nutzer mit einem konventionellen Telefon über ein Gateway an einer Mehrteilnehmerkonferenz, so ist ihm diese Information zunächst nicht zugänglich. Dieser Anruf kann jedoch durchaus von einem Standort bspw. seinem Büro erfolgen, an dem er über eine, wenn auch evtl. nicht multicast-fähige, Verbindung zum Internet verfügt und damit z.B. einen WWW-Browser nutzen kann. Daher wurde ein Mechanismus vorgesehen, der diese Sprecherinformation per Unicast an Java-Applets bei den Teilnehmern verteilt. Durch das Applet erfolgt eine entsprechende stilisierte Visualisierung ("Teilnehmerrunde") mit Anzeige der Sprecheraktivität ("Fähnchen"). Unsere bisherigen Versuche zeigen, daß der entsprechende zeitliche Versatz zwischen Beginn der Sprecheraktivität und Anzeige akzeptabel ist und die Information von Anwendern als überaus hilfreich betrachtet wird.

Die untersuchte Lösung ist auch für die Anwendung in klassischen Telefoniekonferenzen adaptierbar. Deren Betreiber sind die entsprechenden Aktivitätsinformationen in ihren MCUs unmittelbar zugänglich und sie könnten diese über ein äquivalentes Interface für alle Gesprächsteilnehmer einer Mehrteilnehmerkonferenz graphisch verfügbar machen.

Sicherheitsüberlegungen

Sicherheitsaspekte spielen generell eine wichtige Rolle bei der Abwicklung von Telefongesprächen über ein paketvermitteltes Netz. In unserem Falle sind diese von besonderer Bedeutung, da ein Transportmechanismus verwendet wird, bei dem beliebige Empfänger durch Versenden entsprechender IGMP-Messages den Empfang der entsprechenden Multicast-Daten aktivieren können.

Daher sind Mechanismen zur symmetrischen Verschlüsselung der übertragenen Nutzdaten notwendig und auch bereits in den MBone-Konferenz-Anwendungen integriert. Bei diesen müssen die Sitzungsschlüssel jedoch durch einen externen Mechanismus ausgehandelt, verteilt und der MBone-Anwendung verfügbar gemacht werden. Alle teilnehmenden Kommunikationspartner müssen den gleichen Sitzungsschlüssel verwenden.

Für zwei Gesprächspartner ist die Verwendung von Verfahren zur Schlüsselaushandlung (wie z.B. Diffie-Hellman) unmittelbar möglich. Nehmen mehr als zwei Nutzer teil, ist ein mehrstufiger Algorithmus anwendbar, bei dem eine dedizierte Instanz einen Sitzungsschlüssel vorgibt und dieser mittels individuell ausgehandelter Schlüssel geschützt weitergegeben wird. Eine Weitergabe erfolgt nur an Komponenten, die sich geeignet authentifizieren und ihre Berechtigung nachweisen können.

Dazu untersuchen wir die Nutzung von Public Key Verfahren im Zusammenwirken mit einer Security Infrastruktur [10] sowie eine Authentifizierung im Rahmen eines Challenge-

Response-Verfahrens mit graphischer Benutzeroberfläche (für Anwender an Terminals mit Mbone-Anwendung) oder Inband-Signalisierung (Sprachsynthese/Einzelworterkennung).

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorgestellte Lösung zeigt, wie durch geeignete Kombination und Ergänzung einer Reihe von zunächst für den autonomen Einsatz entworfenen Gateways ein deutlich erweiterter Funktionsumfang erreichbar ist. In der entstandenen Prototyp-Realisierung besitzt die VPBX bereits den Funktionsumfang eines einfachen, individuell konfigurierbaren universellen Kommunikations-Zentrums und nutzt bewußt die Möglichkeiten des IP-Multicasts. Sie stellt eine mögliche Ausprägung aus der breiten Palette von Lösungen zur IP-basierten Telefonie dar.

Im Rahmen des Einsatzes in einer lokalen Umgebung lassen sich Erfahrungen gewinnen, die auch für einen Einsatz im einrichtungsübergreifenden Rahmen von Bedeutung sind. Dies betrifft insbesondere Fragen der Signalisierung, der User Interfaces und der Realisierung sicherheitsrelevanter Funktionen. Weitergehende Aspekte des Einsatzes der aus den Gateways gebildeten Virtuellen PBX in einem größeren, möglicherweise globalen Rahmen, insbesondere die Anwendbarkeit von Multicast-Mechanismen zur geeigneten Gateway-Lokalisierung und -Auswahl, sowie Fragen der Inter-Gateway-Kommunikation werden von uns aktuell untersucht, wobei eine Orientierung an aktuell in diesem Umfeld laufenden Standardisierungsbemühungen [2][3] erfolgt. Zusätzlich beabsichtigen, wir die Menge der erreichbaren Teilnehmer durch die Integration eines Übergangs zu H.323 basierten Anwendungen auf der Basis des frei verfügbaren Codes [19] für ein Unix-H.323 Terminal zu erweitern.

Referenzen

- [1] R. Ackermann, J. Pommnitz, L. Wolf, R. Steinmetz, "Mbone2Tel - Telephone Users meeting the Mbone", eingereicht zur Konferenz IDMS 1999.
- [2] N. Anerousis, R. Gopalakrishnan, C.R. Kalmanek, A.E. Kaplan, W.T. Marshall, P.P. Mishra, P.Z. Onufryk, K.K. Ramakrishnan, C.J. Sreenan, "TOPS: An Architecture for Telephony Over Packet Networks", IEEE Journal of Selected Areas in Communications, Vol. 17 No. 1, January 1999.
- [3] M. Arango, A. Dugan, I. Elliott, C. Huitema, S. Pickett, "Media Gateway Protocol (MGCP)", Draft draft-huitema-megaco-mgcp-v0r1-05.txt, Internet Engineering Task Force, Feb. 1999, Work in Progress.
- [4] A. Black and P. Taylor. "Festival Speech Synthesis System: system documentation (1.1.1)" Human Communication Research Centre, Technical Report HCRC/TR-83, 1997, <http://www.cstr.ed.ac.uk/projects/festival/festival.html>
- [5] Oliver Brand, Martina Zitterbart. "Steuerung von Konferenz- und Kollaborationsanwendungen", Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation, 20. Jahrgang 1997, Heft 4/97, S. 209-216, Oktober 1997.
- [6] David Clark, "A Taxonomy of Internet Telephony Applications.", Paper presented at the Twenty-fifth Annual Telecommunications Policy Research Conference, Alexandria, VA, 27-29 September 1997.

- [7] Mark Handley. "The sdr Session Directory: An Mbone Conference Scheduling and Booking System", Department of Computer Science University College London Draft 1.1, 14th April 1996,
<http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/mice-nsc/tools/sdr.html>
- [8] M. Handley, H. Schulzrinne, E. Schooler, and J. Rosenberg, "SIP: session initiation protocol", Internet Draft, Internet Engineering Task Force, Nov. 1998, Work in Progress.
- [9] Jonathan Lennox, Henning Schulzrinne, and Thomas F. La Porta, "Implementing Intelligent Network Services with the Session Initiation Protocol", Columbia University Computer Science Technical Report CUCS-002-99.
- [10] C. Rensing, R. Ackermann, U. Roedig, L. Wolf, R. Steinmetz: "Sicherheitsunterstützung für Internet Telefonie", Sicherheitsinfrastrukturen '99, 9. - 10. März 1999, Hamburg, Germany.
- [11] Angela Sasse, Vicky Hardman, Isidor Kouvelas, Colin Perkins, Orion Hodson, Anna Watson, Mark Handley, Jon Crowcroft, Darren Harris, Anna Bouch, Marcus Iken, Kris Hasler, Socrates Varakliotis and Dimitrios Miras. "Rat (robust-audio tool)", 1995
<http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/rat/>
- [12] Henning Schulzrinne, "Personal Mobility for Multimedia Services in the Internet", IDMS'96, Berlin, Germany, March 4-6, 1996.
- [13] Matt Squire, "A Gateway Location Protocol", draft-ietf-iptel-glp-00.txt, Internet Engineering Task Force, Feb. 1999, Work in Progress.
- [14] International Telecommunication Union, "Visual telephone systems and equipment for local area networks which provide a non-guaranteed quality of service", Recommendation H.323, Telecommunication Standardization Sector of ITU, Geneva, Switzerland, May 1996.
- [15] International Telecommunication Union, "General recommendations on telephone switching and signaling - intelligent network: Introduction to intelligent network capability set 1", Recommendation Q.1211, Telecommunication Standardization Sector of ITU, Geneva, Switzerland, Mar. 1993.
- [16] "Charter of the IETF Working Group IP Telephony (iptel)"
<http://www.ietf.org/html.charters/iptel-charter.html>
- [17] "FAQ for isdn4linux" - Version pre-1.0.5
<http://www.lrz-muenchen.de/~ui16lab/www/isdn/>
- [18] "EARS: Single Word Recognition Package"
<http://robotweb.ri.cmu.edu/comp.speech/Section6/Recognition/ears.html>
(no longer maintained or supported by the original author)
- [19] "OpenH323 Project"
<http://www.openh323.org/>