

1 VoIP-Varianten

Es lassen sich drei VoIP-Varianten unterscheiden: Computer-zu-Computer, Computer-zu-Telefon (bzw. umgekehrt) und Telefon-zu-Telefon. Als das Thema Internet-Telefonie Ende 1994 aufkam, wurde darunter nur die Möglichkeit verstanden, kostenlose (oder zumindest sehr kostengünstige) “Telefongespräche” zwischen zwei Computern über das Internet zu führen. VoIP-Gateways ermöglichen seit 1996 Gespräche zwischen Computern und herkömmlichen Telefonen. Sie verbinden das Telefonnetz (*Public Switched Telephone Network*, PSTN) mit einem IP-Netz und ermöglichen die Integration von Computern und Telefonen in einem System. Mit diesen Gateways sind Gespräche zwischen Computer und Telefon (in beiden Richtungen) sowie zwischen herkömmlichen Telefonen möglich, wobei die Sprachdaten über IP-basierte Netze wie das Internet übertragen werden.

1.1 Computer-zu-Computer

Abb. 4.1 zeigt die “klassische” Variante der Internet-Telefonie. Die Sprachdaten werden zwischen zwei Computern ausgetauscht, die über das Internet bzw. ein anderes IP-Netz miteinander verbunden sind. Bei dieser Variante müssen beide Teilnehmer online sein, damit ein Gespräch zustande kommen kann.

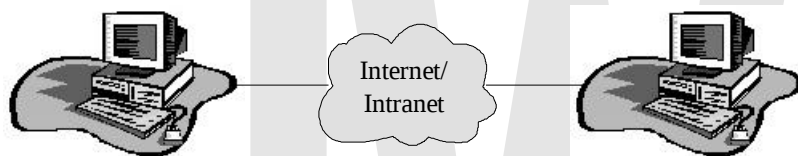


Abb. 4.1: Die “klassische” Variante der Internet-Telefonie

Beide Computer müssen “sprachfähig” sein, d.h. sie müssen gewisse Anforderungen an die Hard- und Software erfüllen. Neben einem Zugang zu einem IP-Netz und der notwendigen Internet-Telefonie-Software wird im allgemeinen lediglich vorausgesetzt, daß die Computer über eine Soundkarte, ein Mikrofon und die Möglichkeit zur Sprachausgabe (z.B. über Lautsprecher) verfügen.

Anstelle der Kombination von Mikrophon und Lautsprecher kann ein Headset eingesetzt werden. Dadurch steigt die Verständlichkeit der Kommunikation, der Benutzer hat mehr Kopffreiheit und die Gefahr der Rückkopplung wird geringer. Ein schneller Netzzugang, ein schneller Prozessor¹ und spezielle DSP-Karten² tragen ebenfalls zur Verbesserung der Qualität bei.

Das vorherrschende Verfahren zur Kontaktaufnahme mit potentiellen Gesprächspartnern bei dieser Variante ist die Verwendung von Benutzerverzeichnissen. Alternativ kann eine direkte Punkt-zu-Punkt-Verbindung aufgebaut werden.

☒ Benutzerverzeichnisse (*Directory Server*)

Viele Hersteller von VoIP-Software unterhalten sogenannte Benutzerverzeichnisse. Diese listen die Teilnehmer auf, die online sind und sich beim Verzeichnisserver angemeldet haben. Die Benutzung eines solchen Verzeichnisses bietet sich bei dynamischen IP-Adressen an (beispielsweise wenn einem Teilnehmer von seinem ISP (Internet Service Provider) bei jedem Internetzugang eine dynamische IP-Adresse zugeordnet wird, die nur für die Dauer einer Internet-Session gilt). Mit Hilfe von Benutzerverzeichnissen lassen sich Teilnehmer erreichen, deren IP-Adresse nicht bekannt ist. Ein weiterer Vorteil liegt in den zusätzlichen Informationen, die diese Verzeichnisse liefern. Beispielsweise informiert Microsofts *NetMeeting* über die Audio- und Videofähigkeiten der anderen Teilnehmer.

1 ¹Einige Verfahren zur Sprachcodierung benötigen die Leistungsfähigkeit eines *Pentium* Prozessors zur Echtzeitcodierung.

2 ²Es existieren Steckkarten, die speziell für Internet-Telefonie entwickelt wurden. Ein Beispiel ist *Internet PhoneJack* von Quicknet Technologies. An die Karte läßt sich ein normales Telefon anschließen, um über das Internet zu telefonieren. Die Karte verfügt über einen eigenen DSP-Chip zur schnellen Codierung und Decodierung der Sprache. Der DSP-Chip entlastet den Prozessor. *Internet Phone Jack* unterstützt den H.323-Standard und kann damit mit anderen H.323-Produkten zusammenarbeiten (z.B. VocalTecs *Internet Phone* oder Microsofts *NetMeeting*).

☒ **Punkt-zu-Punkt-Verbindungen (*Point-to-Point-Connections*)**

Bei Punkt-zu-Punkt-Verbindungen verwendet der Anrufer die IP-Adresse des Gesprächspartners als “Telefonnummer”. Diese Methode bietet sich an, wenn die Teilnehmer feste IP-Adressen besitzen und der Anrufer sicher sein kann, daß der andere Teilnehmer (oder zumindest dessen Computer) online ist. Einige Programme erlauben zudem die Verbindungsaufnahme über die Emailadresse des Teilnehmers.

☒ **Beispiel: VocalTecs *Internet Phone***

VocalTecs *Internet Phone* kam Anfang 1995 auf den Markt. Es unterstützte anfangs nur Halbduplex-Betrieb, d.h. es konnte immer nur ein Teilnehmer gleichzeitig sprechen. Das Programm verwendete *Internet Relay Chat* (IRC), um mit anderen Teilnehmern Kontakt aufzunehmen [Lawt96, S. 42]. Beim IRC melden sich die Teilnehmer bei einem IRC-Server an. Diese Art der Kommunikation erfreute sich nach kurzer Zeit großer Beliebtheit und es kam zu Störungen im normalen IRC-Betrieb. VocalTec baute daraufhin ein eigenes Netz von Servern auf [Hap95]. Alternativ konnte man über die IP-Adresse des Gesprächspartners eine direkte Verbindung aufbauen [Lawt96, S. 42].

Hauptmotivation für den Einsatz dieser Variante sind mögliche Einsparungen bei den Telefongebühren. Die ITU³ prognostiziert für diese Variante langfristig weniger als 10 Mio. Benutzer. Vorteile ergeben sich nach Ansicht der ITU auch für die Hersteller von VoIP-Produkten sowie die Anwender dieser Produkte. Zu den Verlierern zählt die ITU primär die traditionellen Telefongesellschaften, denen Umsatzeinbußen drohen, sowie die Teilnehmer, die nicht über das Netz telefonieren, aber aufgrund des zusätzlichen Verkehrs schlechtere Bedingungen hinnehmen müssen [KeGi96].

3 ³Die ITU (*International Telecommunication Union*) verabschiedet internationale Standards im Bereich Telekommunikation.

1.2 Gateway-Systeme

1.2.1 VoIP-Gateways

VoIP-Gateways verbinden das leitungsvermittelte Telefonnetz mit dem paketorientierten Internet. Sie lösen das Problem der Kontaktaufnahme, da sie nur noch die Eingabe der herkömmlichen Telefonnummer des Gesprächspartners erwarten. Ein Gateway verfügt über eine Schnittstelle zum Anschluß an das TCP/IP-Netz sowie einer ISDN- oder Analogschnittstelle für den Anschluß an das Telefonnetz oder eine Nebenstellenanlage (PBX). Auf der einen Seite erhält das Gateway das Telefonsignal, digitalisiert dieses wenn nötig, komprimiert es, teilt es in Pakete auf und überträgt es über das IP-Netz. Beim Empfang von Daten aus dem IP-Netz führt das Gateway die Aufgaben in umgekehrter Reihenfolge aus: komprimierte Sprachdaten werden dekomprimiert und an das Telefonnetz geleitet. Die bevorzugten Betriebssysteme für den Einsatz in VoIP-Gateways sind Windows NT und UNIX [Shar97]. Während Computer-zu-Telefon-Systeme (bzw. Telefon-zu-Computer-Systeme) mit einem Gateway zu realisieren sind, sind für Telefon-zu-Telefon-Systeme mindestens zwei Gateways nötig. VoIP-Gateways können eingesetzt werden, um die Nebenstellenanlage eines Unternehmens mit dem Internet zu verbinden, um die Funktionalität der Homepage eines Unternehmens zu erweitern oder um Telearbeiter mit ihrem Büro zu verbinden. Abb. 4.2 zeigt die Bestandteile eines VoIP-Gateways.

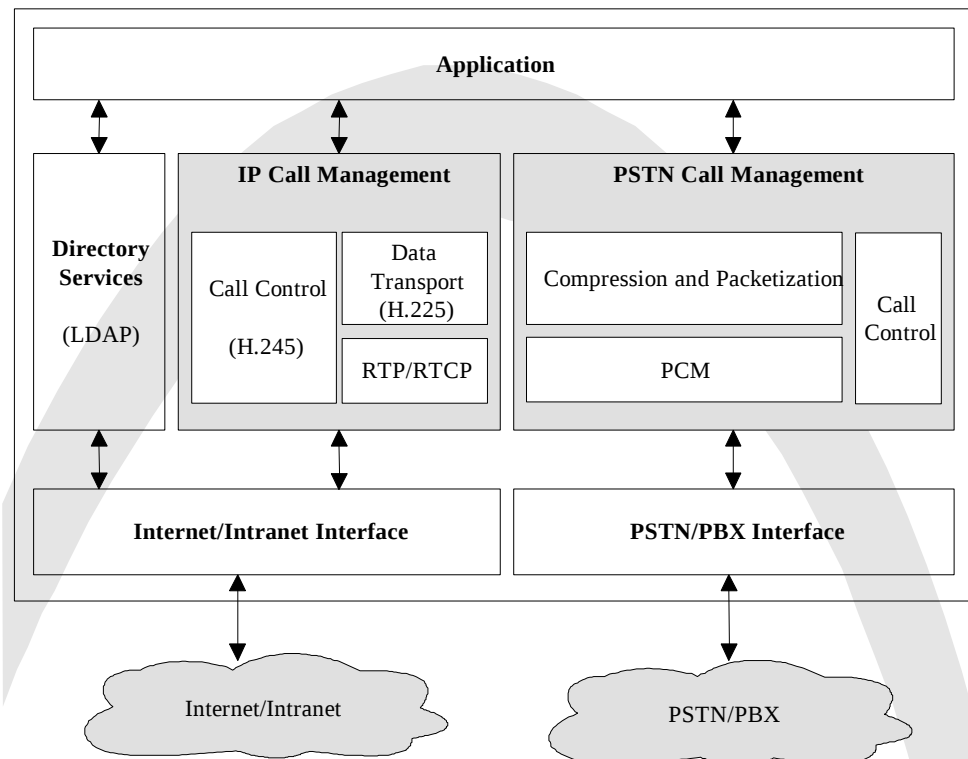


Abb. 4.2: Aufbau eines Gateways (vergl. [Hugh97, S. 84])

☒ **Application**

Die Anwendung verwaltet die Verbindungen und sorgt für die Umwandlung zwischen Telefonnummer und IP-Adresse. Weitere Aufgaben, die von der Anwendung übernommen werden können, sind die Organisation von Datenbankzugriffen, die Gebührenverwaltung, das Führen von Verbindungsnachweisen und das Protokollieren von Fehlern [Hugh97, S. 84].

☒ **Directory Services**

Dieser Teil des Gateways ist zuständig für den Zugriff auf dynamische Datenbanken, um potentielle Gesprächspartner zu ermitteln. Eine solche Datenbank kann beispielsweise die normale Telefonnummer, die Mobilfunknummer, die Nummer eines Pagers oder die IP-Adresse eines gesuchten Teilnehmers enthalten. Für den Bereich Verzeichnisdienste entwickelt

sich der LDAP-Standard der IETF (s. Kapitel 10) zum De-facto-Standard [Hugh97, S. 84].

☒ IP Subsystem

Das IP-Subsystem ist für die Verbindungskontrolle und den Datentransport über das IP-Interface zuständig [Hugh97, S. 84]. Es basiert auf dem H.323-Standard der ITU (s. Kapitel 8).

Die Verbindungskontrolle ist für den Auf- und Abbau von Verbindungen über das IP-Netz verantwortlich. Sie basiert auf dem H.323-Standard H.245. Kontrollinformationen werden mit TCP übertragen. Der Bereich Datentransport ist für die Übertragung der Daten über das IP-Netz zuständig und basiert auf dem H.323-Standard H.225. Dieser setzt RTP und das zugehörige Kontrollprotokoll RTCP ein, um die Daten in Echtzeit über UDP und IP zu übertragen. RTP und RTCP gehören ebenfalls zu H.323 und werden in Kapitel 9 detailliert behandelt.

☒ PSTN Subsystem

Die Aufgaben des PSTN-Subsystems liegen in den Bereichen Verbindungskontrolle, Datenkomprimierung und Paketierung der Sprache.

Die Verbindungskontrolle initiiert bzw. beendet Anrufe, die über die Telefonschnittstelle ein- und ausgehen. Die Funktionalität der Verbindungskontrolle wird durch das *Application Program Interface* (API) des Telefonboards geliefert. Die S.100-API des ECTF (*Enterprise Computer Telephony Forum*) zeichnet sich als künftiger Standard ab [Hugh97, S. 84]. Die Datenkomprimierung und Paketierung komprimiert pulscodemodierte Sprachdaten (PCM, s. Kapitel 7) aus dem Telefonnetz, teilt sie in Pakete auf und gibt sie weiter an die Anwendung. Komprimierte Sprachsignale aus dem IP-Netz werden in unkomprimierte PCM-Sprachsignale umgewandelt und über die Telefonschnittstelle an das Telefonnetz geleitet. Das PSTN-Subsystem beinhaltet die implementierten Codierverfahren. Das VoIP-Forum favorisiert das G.732.1-Codierverfahren als Standard für den Bereich Internet-Telefonie (s.

Kapitel 7 und 8). Weitere Aufgaben, das PSTN-Subsystem übernehmen kann sind Echounterdrückung oder die Faxübermittlung (FoIP) [Hugh97, S. 84].

Um die Interoperabilität zwischen den Gateways verschiedener Hersteller sicherzustellen, wurde vom VoIP-Forum ein sogenanntes *Implementation Agreement* verabschiedet, das festlegt, welche Funktionalitäten und Protokolle ein Gateway unterstützen muß. Die Vereinbarung basiert in erster Linie auf dem ITU-Standard H.323, der um VoIP-spezifische Aspekte ergänzt wurde [Hugh97, S. 83].

Die Schnittstelle zum Telefonnetz muß von wenigen Leitungen bis zu mehreren Tausend Leitungen ausbaubar sein, um den Anforderungen in großen Unternehmen gerecht zu werden. Die ersten Gateway-Lösungen erlaubten lediglich kleine Systeme mit einigen wenigen Ports [Hugh97, S. 83].⁴ Gateways sind meist mit ein bis vier analogen oder S₀-Schnittstellen ausgerüstet, was für große Systeme nicht ausreichend ist. Systeme mit einer oder mehreren S2M-Schnittstellen sollen bis zur Cebit '98 erhältlich sein [Sten97]. Auf die Skalierbarkeit von Gateway-Systemen wird im folgenden genauer eingegangen.

☒ Codierung durch die CPU vs. Codierung durch DSP-Boards

Die erste Generation von Gateways übertrug der CPU alle anfallenden Aufgaben (z.B. Codierung, Kompression, *Call Control*). Dadurch stießen diese Produkte schnell an ihre Grenzen. Der limitierende Faktor in einem solchen Gateway ist die Geschwindigkeit der CPU. Beispielsweise kann VocalTecs Gateway mit einer Pentium-CPU mit 200 MHz nur bis zu acht Ports gleichzeitig verwalten. Intel empfiehlt die Verwendung eines Pentiums mit 100 MHz je Port beim Einsatz des G.723 Codecs [Hugh97, S. 84].

Die zweite Generation von Gateways verwendet DSP-Boards zur Entlastung der CPU. Das Board wird zwischen Netzwerkkarte und Telefonboard eingebaut (s. Abb. 4.3). Es erhält vom Telefonboard unkomprimierte PCM-Sprachdaten

⁴ Die meisten Hersteller verwenden den Begriff Port, um anzugeben, wieviele logische Verbindungen gleichzeitig realisierbar sind [Gree97b].

mit 64 Kbps pro Port. Das DSP-Board komprimiert diese Daten und teilt sie in Pakete auf. Anstatt der unkomprimierten PCM-Daten werden so komprimierte Daten über den Datenbus des Gateways gesendet [Hugh97, S. 85].

In der Regel verfügt ein DSP-Board über mehrere DSP-Prozessoren, von denen jeder einzelne mehrere Ports bewältigen kann. Die Kapazität des Gateways ist durch zusätzliche DSP-Karten erweiterbar. Allerdings wird mit steigender Anzahl von DSP-Karten die CPU zunehmend belastet [Hugh97, S. 85].

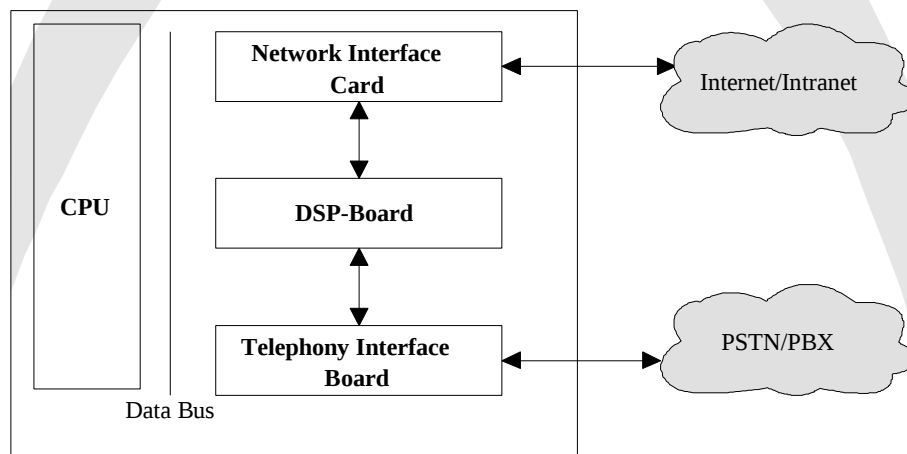


Abb. 4.3: Gateway mit DSP-Board-basierter Codierung [Hugh97, S. 85]

☒ Spezielle H.323-Prozessoren

Häufig kommen in Gateways einfache Ethernetkarten zum Einsatz, deren Kapazität zur Ausführung von TCP/IP ausreicht. Die Ausführung der Protokolle und Standards von H.323 wird von der CPU des Gateways übernommen. Mit steigender Anzahl der Ports im Gateway stößt diese bald an ihre Grenzen (etwa zwischen 24 und 30 Ports). Eine Lösung in einem zusätzlichen Prozessor liegen, der ausschließlich für die Ausführung des H.323-Protokollstapels zuständig ist. Bei einer Erweiterung der Portzahl kann das System um weitere Prozessor erweitert werden [Hugh97, S. 85].

☒ Belastung des Datenbusses

Auch bei der Auswahl des Busses (ISA, PCI, TDM) geht es um die Belastung der CPU und nicht um die Bandbreite des Busses. Verfügt der Bus über eine höhere Bandbreite können die Daten aller Ports auf einmal übertragen werden (und nicht nacheinander). Eine effiziente Lösung wäre es, die Sprachdaten nicht an die CPU zu leiten, sondern über ein DSP-Board zwischen Netzwerkkarte und Telefonboard zu übertragen. Dann würde die CPU nach der Etablierung eines Anrufs nicht mehr belastet werden [Hugh97, S. 86].

In Zukunft werden Gateways nicht mehr nur auf die Übertragung von Sprache beschränkt sein. Die Entwicklung geht in Richtung Multimedia. Künftige Gateways werden Video, Faxe und andere Arten von Daten übertragen. Im Bereich Internet-Fax sind wie bei der Internet-Telefonie massive Kosteneinsparungen möglich. Zudem besteht der Vorteil, daß Faxe in der Regel nicht verzögerungsfrei übertragen werden müssen (s. Kapitel 16) [Gree97b].

1.2.2 Gespräche zwischen Computer und Telefon

Bei dieser Variante verwendet einer der Teilnehmer einen Computer und spricht mit einem Teilnehmer an einem herkömmlichen Telefon (das an das Telefonnetz oder eine Nebenstellenanlage angeschlossen ist). Den Übergang vom Internet ins Telefonnetz realisiert ein VoIP-Gateway. Die Sprachdaten werden digitalisiert, codiert und als Pakete über eine TCP/IP-Verbindung zum Gateway geleitet. Dort werden die Pakete in einen kontinuierlichen Datenstrom rückverwandelt, decodiert und in ein Telefonsignal umgewandelt. Dieses wird über das Telefonnetz zum Telefon des Empfängers weitergeleitet. Damit ist weltweit jeder Telefonanschluß erreichbar. Für den Anrufer entfällt bei dieser Variante (wie auch bei der Telefon-zu-Telefon-Variante) das Problem, den anderen Teilnehmer ausfindig machen zu müssen. Er wählt einfach dessen normale Telefonnummer. Abb. 4.4 zeigt den Aufbau eines einfachen Gateway-Systems.

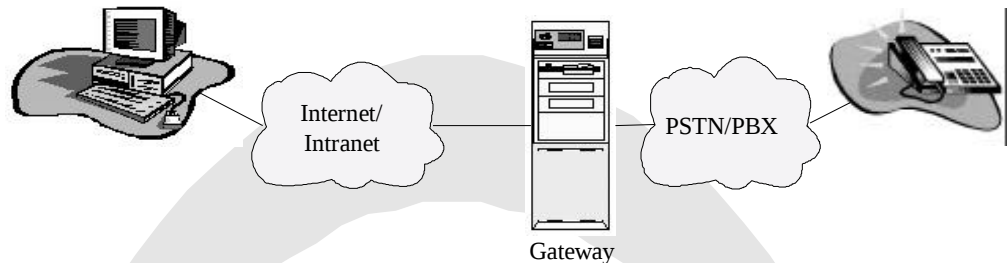


Abb. 4.4: Einfaches Gateway-System

Gespräche zwischen einem Telefon und einem Computer, sind ebenfalls möglich. Dabei besteht das Problem darin, dem Gateway die “Telefonnummer” des Computers mitzuteilen. Derzeitige Systeme erwarten häufig vom Anrufer die Eingabe der IP-Adresse des Zielcomputers über die Tastatur des Telefons.

☒ **Beispiel 1: Web-enabled Call Center**

Der potentielle Kunde “surft” im Internet und klickt auf einer entsprechend gestalteten Web Page eines Anbieters auf einen Button und wird direkt mit einem Operator verbunden. VocalTecs *Internet Phone* verfügt über eine sogenannte *Surf&Call*-Funktion, mit der ein Benutzer beispielsweise mit einem Call Center verbunden werden kann. Der Kunde muß die bestehende Verbindung nicht unterbrechen, um auf einen Rückruf eines Agenten zu warten.

☒ **Beispiel 2: Gateway-Lösungen auf der Cebit '97 und der Systems '97**

Während der Cebit '97 wurden probeweise alle Telefonanschlüsse in Hannover an ein Telefon-Gateway angeschlossen, so daß alle Telefonteilnehmer der Stadt sowie alle Messestände und 0130-Servicenummern über das Internet erreichbar waren [Stra97a]. Während der Systems '97 verband ein VoIP-Gateway alle Telefonanschlüsse in München mit dem Internet [Baus97].

Hauptmotivation für den Einsatz dieser Variante sind nach Einschätzung der ITU wieder die möglichen Einsparungen bei den Telefongebühren. Die Zahl der möglichen Anwender liegt im Computersektor bei etwa 10 Mio. Teilnehmern, auf Seite der Telefonteilnehmer liegt die Zahl bei über 700 Mio. potentiellen Nutzern.

Potentielle Gewinner sind neben den Herstellern von Hard- und Software, die Anwender und die Service Provider. Auf der Verliererseite sieht die ITU auch hier in erster Linie die traditionellen Telefongesellschaften [KeGi96].

1.2.3 VoIP zwischen herkömmlichen Telefonen

Bei dieser Variante werden die Gespräche zwischen zwei herkömmlichen Telefonen geführt (s. Abb. 4.5). An den Übergangspunkten zwischen Internet und Telefonnetz arbeiten Telefon-Gateways. Bei Internet-Telefonaten zwischen Telefonen werden die Daten zunächst über das Telefonnetz an ein VoIP-Gateway in der Nähe des Anrufers geleitet. Von dort werden sie über das Internet zum Zielgateway in der Nähe des Empfängers übertragen. Die Auswahl des Zielgateways kann aus unterschiedlichen Gründen erfolgen (z.B. Zuverlässigkeit, Geschwindigkeit oder Kosten der Verbindung). Das Zielgateway stellt die Verbindung ins das öffentliche (oder private) Telefonnetz her und leitet die Daten zum Empfänger weiter.

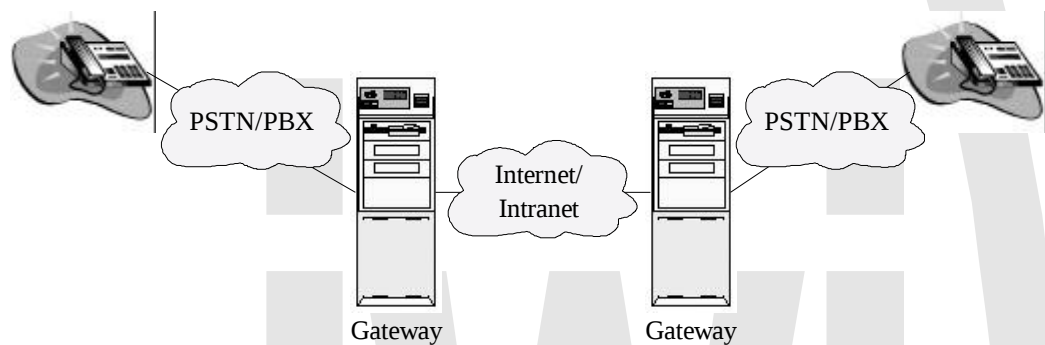


Abb. 4.5: Einfaches Telefon-zu-Telefon-System

☒ Beispiel 1: Das T-NetCall-Angebot der Deutschen Telekom

Die Deutsche Telekom ermöglichte Ende 1997 in einem Pilotprojekt ausgewählten Kunden das Führen von Telefonaten über das Internet. Während der Testphase wählten sich die Teilnehmer über eine 01803-Rufnummer in das T-NetCall-Gateway ein. Dort wurde der Kunde durch ein Ansagemenü geleitet. Im Tonwahlverfahren gab er die gewünschte Telefonnummer ein. Konnte die

Verbindung aufgebaut werden, wurde der Anrufer aufgefordert, seine persönliche Identifikationsnummer einzugeben. Dann wurde die Verbindung aufgebaut. Die Testteilnehmer bezahlten nur die Kosten für die Einwahl in das Gateway (12 Pfennige je angefangene 30 Sekunden). Mit T-NetCall waren nur bestimmte Rufnummern in Deutschland, Japan, Kanada und den USA erreichbar [DeTe97b]. Bei diesem Projekt arbeitete die Deutsche Telekom mit dem Internet-Telefonie-Pionier VocalTec zusammen (siehe auch Kapitel 14 und 15).

☒ Beispiel 2: Kooperation zwischen Lucent Technologies und dem ABC

Bücherdienst

Die deutsche ABC Bücherdienst GmbH (Regensburg) setzt in einem Pilotprojekt ein VoIP-Gateway-System des amerikanischen Unternehmens Lucent Technologies ein, um Telefongespräche zwischen Standorten in Deutschland und den USA über das Internet zu leiten. Neben internen Gesprächen werden nach 18:00 Uhr eingehende Kundenanrufe bei der deutschen Bestell-Hotline in die USA geleitet und dort von deutschsprachigen Mitarbeitern entgegengenommen. Auf diese Weise sind die Leitungen der Bestell-Hotline rund um die Uhr besetzt. Die Gespräche werden via *Least Cost Routing* über das Internet geführt. Die Qualität der Verbindungen wird von Seiten des deutschen Unternehmens positiv beurteilt [ABC97a, ABC97b].

Wie bei den vorangegangenen Varianten, stehen derzeit bei der Telefon-zu-Telefon-Variante mögliche Kosteneinsparungen im Vordergrund. Potentielle Dienstanbieter sind neben den traditionellen Telefongesellschaften Unternehmen wie IDT, Global Exchange oder Delta Three, die als sogenannte *Internet Telephony Service Provider* (ITSP) VoIP-Dienste anbieten und sich zu den Telefongesellschaften der nächsten Generation entwickeln könnten. Als in Betracht kommende Kunden für deren Dienste sieht die ITU die über 700 Mio. Telefonteilnehmer. Auf der Gewinnerseite sieht die ITU Netzbetreiber und Telefongesellschaften (sofern diese mehr Daten senden als empfangen). Die traditionellen Telefongesellschaften stehen wegen Einbußen im normalen Geschäft auch auf der Verliererseite [KeGi96].

1.1.1 Beispiel für ein integriertes System

Die drei verschiedenen VoIP-Varianten können in einem integrierten Kommunikationssystem kombiniert werden. Ein System, in dem mehrere Gateways zu einem großen System verbunden sind, wird auch als *Virtual Unified Network* bezeichnet [Hugh97, S. 83].

Abb. 4.6 zeigt ein Beispiel für ein integriertes System. Es besteht aus den beiden (stark vereinfacht dargestellten) Kommunikationssystemen A und B (beispielsweise die Systeme zweier Niederlassungen eines Unternehmens). Die zwei Systeme sind über Nebenstellenanlagen an das Telefonnetz und an VoIP-Gateways angeschlossen. Die Gateways sind sowohl über ein Intranet als auch das Internet miteinander verbunden. Auf die Darstellung von VoIP-Computern in den Systemen A und B wurde verzichtet. Dafür enthält das Beispiel exemplarisch einen H.323-kompatiblen Computer, der beispielsweise von einem Außendienstmitarbeiter genutzt werden kann, um Gespräche mit seinem Büro zu führen. Über das VoIP-Gateway eines Service Providers können Teilnehmer (z.B. Unternehmenskunden), die über kein eigenes Gateway verfügen, Gespräche führen oder Faxe übertragen. Über das Gateway eines Call Centers sind dessen Agenten via Internet erreichbar. Auf den Einsatz von VoIP in einem Call Center wird in Kapitel 6 noch genauer eingegangen, daher wird es im Beispiel als Black Box dargestellt. Das dargestellte System im Beispiel läßt sich beliebig erweitern.

Ein Gespräch zwischen den Teilnehmern X und Y kann wie folgt ablaufen: Teilnehmer X in System A wählt die Telefonnummer von Teilnehmer Y in System B. Ein Signal wird an die Nebenstellenanlage A geschickt. Diese entscheidet bzw. erkennt, ob das Gespräch über das Telefonnetz oder über eines der beiden IP-Netze geführt werden soll (z.B. kann der Netzwerkadministrator festlegen, daß Gespräche immer über das Internet geleitet werden, während Faxe über das Intranet übertragen werden). Im Falle einer Internetverbindung nimmt Nebenstellenanlage A Verbindung auf mit dem lokalen Gateway. Dieses ermittelt die IP-Nummer des Zielgateways in System B und etabliert eine Verbindung. Das Zielgateway weist die angeschlossene Nebenstellenanlage an, den Anruf zum

Teilnehmer Y durchzustellen. Die Systeme A und B sind zusätzlich über das öffentliche Telefonnetz verbunden, damit Gespräche bei Überlastung oder Ausfall des IP-Netzes über das Telefonnetz geleitet werden können. Auch besonders wichtige Telefongespräche werden möglicherweise prinzipiell nur über das Telefonnetz geführt.

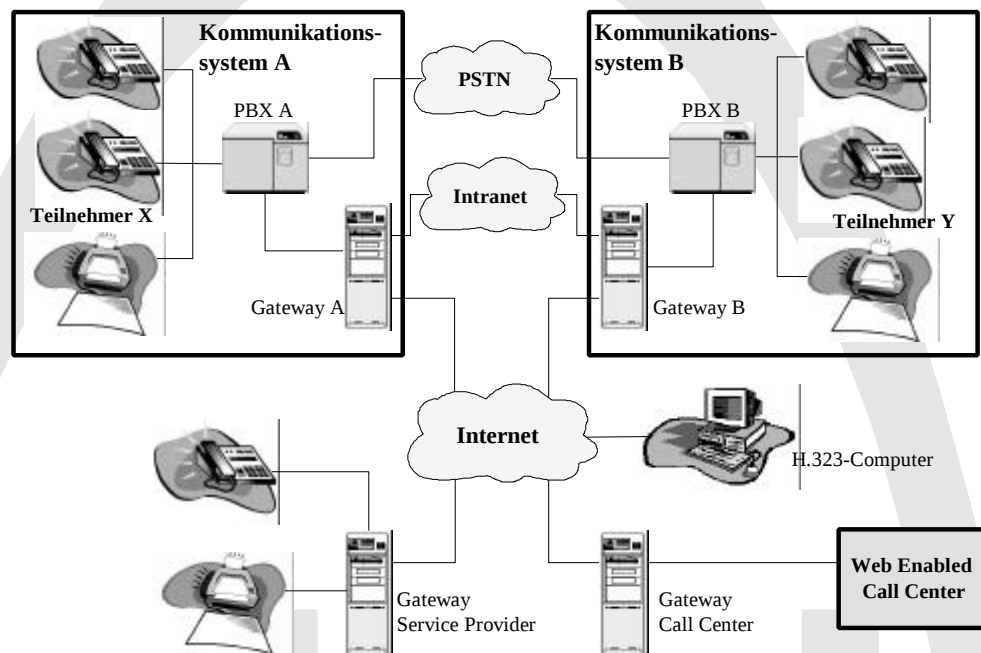


Abb. 4.6: Beispiel für ein integriertes System

Nachdem in diesem Kapitel auf die verschiedenen Varianten von Internet-Telefonie eingegangen wurde, beschäftigt sich das nächste Kapitel mit den Problemen, mit denen sich VoIP-Lösungen derzeit noch auseinanderzusetzen haben.