Systementwicklungsprojekt

Produktevaluation von VoIP-Lösungen bei der BMW AG

- Aufgabensteller:

Prof. Dr. H.-G. Hegering

- Bearbeiter:

Andreas Dirscherl	(Studiengang Diplom-Informatik, TU München)
Csaba Korényi	(Studiengang Diplom-Informatik, TU München)

- Betreuer:

Udo-Michael Fredel	(BMW AG, FZ 431)
Markus Lill	(BMW AG, FZ 431)
Markus Garschhammer	(LMU / TU München)
Bernhard Kempter	(LMU / TU München)

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 5
2 Theoretische Grundlagen 8
2.1 Einführung in die TK-Technologie 8
2.1.1 ISDN-Dienste 8
2.1.2 ISDN-Architektur 8
2.1.3 ISDN-Schnittstelle 10
2.1.4 Rahmenaufbau bei S_0 und S_{2M} 11
2.1.5 Standardisierte D-Kanal-Signalisierungsprotokolle 12
2.2 Allgemeine TK-System-Ausstattungsmerkmale 13
2.2.1 Komponenten eines TK-Systems 13
2.2.2 TK-System-Verbundnetze 14
2.3 Das Q.SIG-Protokoll 15
2.3.1 Allgemeines 15
2.3.2 Ziele von Q.SIG 16
2.3.3 Beteiligte Kommissionen und Standardisierungsgremien 17
2.3.4 Historie von Q.SIG 17
2.3.5 Q.SIG-Standards 18
2.4 Standards und Konzepte im VoIP-Umfeld 21
2.4.1 Der H.323-Standard 21
2.4.2 Das SIP-Protokoll 24
2.4.3 SIP vs. H.323 26
3 Grundsätzliche Problemstellungen beim VoIP-Einsatz 28
3.1 Grundsätzliche Problematik 28
3.2 Einsatz einer Quality-of-Service-Architektur 29
3.3 Paradigmenwechsel 30
3.4 Integration in bestehende Systemverbünde 31
3.5 Migrationsszenarien 32
4 Spezifische Anforderungen der BMW AG an ein VoIP-System 33
4.1 Allgemeines 33
4.2 Angaben zur Werksstruktur und Verkabelung 33
4.3 Beschreibung des Voice-Systems 33
4.4 Vorgestellte Lösungen 33
5 Testkriterien 33
6 Aufbau der Testumgebungen 33
7 Funktionalitätstests 33
7.1 Hardwarekomponenten 33
7.2 Leistungsmerkmale 33

7.3 Integration in die vorhandene Infrastruktur 33
8 Management und Betrieb 33
8.1 Managementarchitekturen 33
8.2 Konfigurationsmanagement 33
8.3 Fehlermanagement 33
8.4 Accountingmanagement 33
8.5 Performancemanagement 33
8.6 Sicherheitsmanagement 33
9 Bewertung 33
9.1 technologische Bewertung 33
9.2 wirtschaftliche Bewertung 34
10 Fazit 34
A. Q.SIG Leistungsmerkmale 35
B. Abkürzungsverzeichnis 37
C. Literaturverzeichnis 38

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: ISDN-Beispielkonfigurationen [TAN00] 9
Abbildung 2.2: a) ISDN-Basisanschluss b) ISDN-Primärmultiplexanschluss [TAN00] 10
Abbildung 2.3: S_0-Frameaufbau [TAN00] 12
Abbildung 2.4: S_{2M}-Frameaufbau [TAN00] 12
Abbildung 2.5: Referenzpunkte von Q.SIG und ISDN 16
Abbildung 2.6: Q.SIG-Standards 18
Abbildung 2.7: Beispielszenario für das Generic Functional Protocol 19
Abbildung 2.8: Funktionsweise des Generic Functional Protocols 19
Abbildung 2.9: H.323-Bestandteile 22
Abbildung 2.10: Der H.323-Protokoll-Stack 24
Abbildung 2.11: Trennung von Signalisierungs- und Mediendaten 25
Abbildung 3.1: Prinzip der Nachrichtenvermittlung 28
Abbildung 3.2: Prinzip der Leitungsvermittlung 28
Abbildung 3.3: Aufbau klassischer TK-Technik 30
Abbildung 3.4: VoIP-Aufbau 30

1 Einleitung

Seit der Erfindung des Fernsprechers 1861 durch Johann Philipp Reis hat sich die Telefontechnologie in den über 140 Jahren seit ihrer Erfindung immer weiter entwickelt und ihren Siegeszug um die Welt angetreten:
Seit Anfang des 20. Jahrhunderts existiert ein weltumspannendes Fernsprechnetz, mit dem es möglich ist, (fast) jeden Winkel der Erde telefonisch zu erreichen. Dieses Netz basierte bis weit in das 20. Jahrhundert hinein auf Analogtechnik, hatte und hat aber eine Verfügbarkeit von beinahe 100%, was für eine derartig komplexe technische Anwendung ein außerordentlich guter Wert ist.

Seit der Entwicklung der Computertechnologie und neuer Verkabelungsverfahren wurden die Telefonnetze (zumindest in den Industrienationen) seit Anfang der 1980er-Jahre zu einem Großteil digitalisiert, was der Telefontechnik einen neuen Schub durch die neuen Möglichkeiten und Komfortverbesserungen gegeben hat.
Bis heute existiert für die Telefonie weltweit ein eigenes Netz, während sich auch die Datennetze für die Rechnerkommunikation durch die Einführung des Internets in den letzten Jahren rasant weltumspannend entwickelt haben.

Seit einigen Jahren laufen Bestrebungen, diese beiden Netze (langfristig) zu vereinen. Hierzu wurde für das Internet ein Dienst entwickelt, der es erlauben soll, Telefondienstleistungen über das Internet abzuwickeln: Voice-over-IP (VoIP).

Anfangs bestanden große Probleme in Bezug auf die Sprachqualität von VoIP, da sich das Telefonnetz und das Internet hinsichtlich der Vermittlungstechnik gravierend unterscheiden. Durch die Entwicklung von Strategien zur bevorzugten Behandlung von Sprachdaten und neuer Standards haben sich diese Anfangsprobleme aber deutlich gebessert.
Außerdem besteht die Problematik der Integration von VoIP in das Telefonnetz, da die Unternehmen und Kunden nicht bereit sind, ihre (teilweise) erst seit einigen Jahren in Betrieb befindliche Telekommunikationstechnik auf einmal auszutauschen (Investitionsschutz).

In den letzten Jahren ist die Entwicklung von VoIP-Systemen (auch unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte) sehr weit fortgeschritten. Mittlerweile werden solche VoIP-Systeme in immer größerem Umfang produktiv von Unternehmen eingesetzt. Dabei erfolgt die Telefonie innerhalb des Unternehmens nicht auf herkömmlicher Weise über eine eigene TK-Verkabelung, sondern über das firmeneigene IP-Netz.
Die Integration von VoIP erfolgt derzeit also nur punktuell, nämlich in der letzten Ebene des Telefonnetzes: beim Endkunden. Dies hat als Hintergrund, dass diese neue Technologie erst einmal in kleineren Einheiten eingeführt werden soll, um neu auftretende grundsätzliche Problemstellungen im großflächigen Praxiseinsatz erkennen und beheben zu können.

Die BMW AG hat sich in Zuge eines Werksneubaus entschieden, an diesem neuen Produktionsstandort ein VoIP-System einzusetzen.

Hierfür wurde eine beschränkte Ausschreibung durchgeführt, in der diverse Anbieter gebeten wurden, Lösungsmöglichkeiten für die VoIP-Ausstattung des neuen Werkes vorzustellen. Da die Anbieter unter Umständen unterschiedliche Strategien und Konzepte bei der Entwicklung und Struktur von VoIP-Anlagen nutzen, ist es notwendig, die angebotenen Systeme einem gründlichen Test hinsichtlich den in der Ausschreibung geforderten Kriterien zu unterziehen.

Im Rahmen dieses Systementwicklungsprojekts werden diese Tests von den Autoren in einem eigenen Testcenter der BMW AG an zwei angebotenen Systemen durchgeführt und die Ergebnisse in dieser Dokumentation dargestellt und bewertet.

Die Teilbereiche des Projektes lassen sich hierbei wie folgt gliedern:

- Einarbeitung in die Thematik (Teilnahme an Workshops sowie Selbststudium)
- Einarbeitung in den Aufbau und die Funktion der gelieferten Testumgebungen
- Evaluierung der VoIP-Lösungen hinsichtlich eines Kriterienkatalogs, der in Kapitel 5 vorgestellt wird

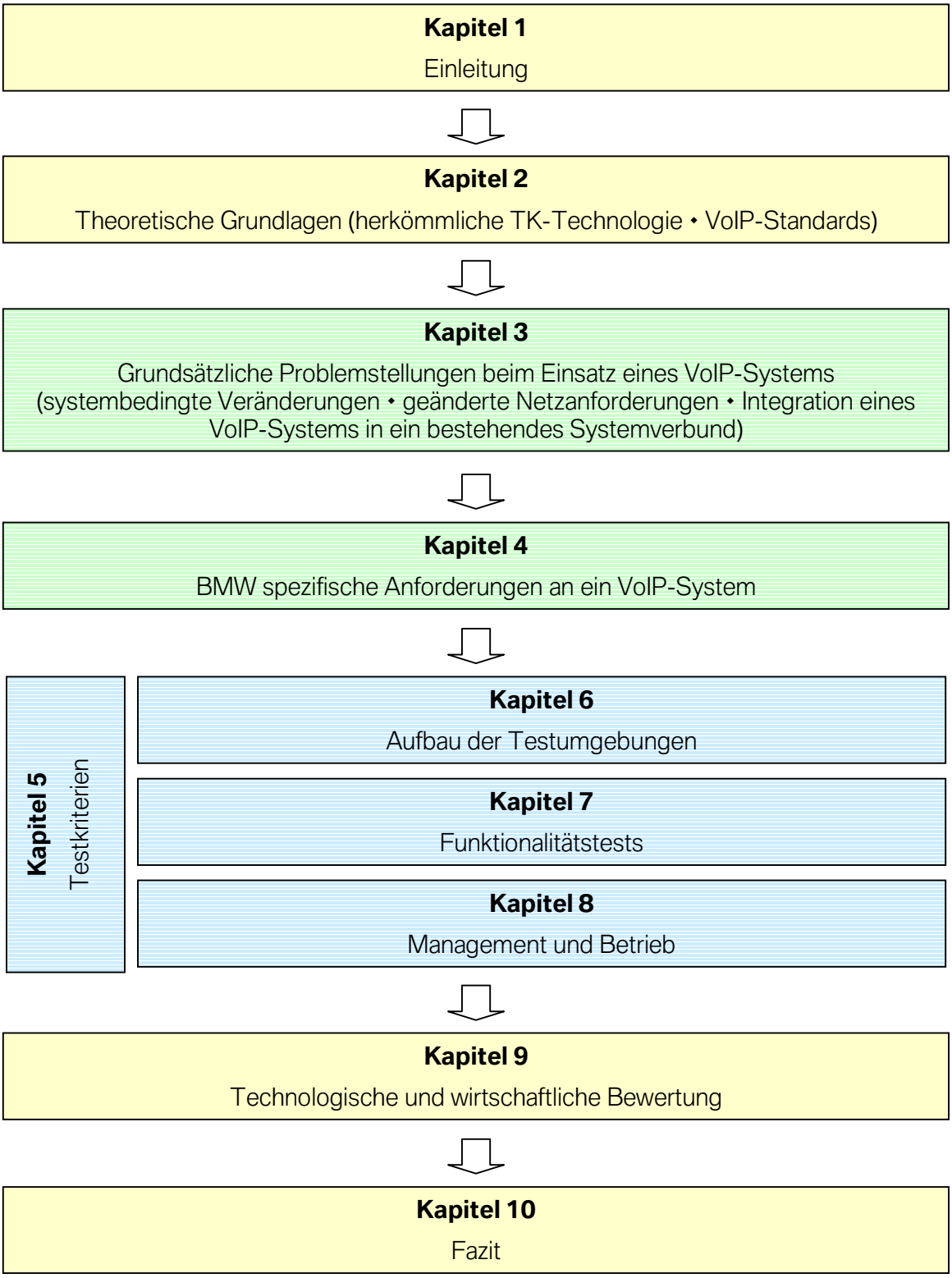
Ziele:

- Untersuchung der für die Anforderungen relevanten Angebotsbereiche
- Feststellung der Grenzbereiche der angebotenen VoIP-Systeme
- Entscheidungshilfen für die BMW AG zur Wahl des Anbieters

Die Struktur der vorliegenden Dokumentation gliedert sich wie folgt:

Kapitel 2 beschreibt grundlegende Elemente der klassischen TK-Technologie und stellt Standards und Konzepte im VoIP-Umfeld vor. Kapitel 3 erläutert allgemein grundsätzliche Problemstellungen, die – basierend auf den in beim Kapitel 2 beschriebenen Standards und Technologien – beim Einsatz von VoIP auftreten.
Unter Zugrundelegung der bisherigen abstrakten Technologien und Problemstellungen erfolgt in Kapitel 4 die Darstellung der spezifischen Anforderungen der BMW AG an ein VoIP-System hinsichtlich des Werksneubaus. Außerdem wird die grundsätzliche Struktur und Systemarchitektur der beteiligten Anbieter vorgestellt. Basierend auf den in Kapitel 4 aufgestellten Anforderungen und den detaillierteren Kriterien der Ausschreibung zeigt Kapitel 5 einen Kriterienkatalog, auf dessen Grundlage die Tests durchgeführt worden sind. In Kapitel 6 werden der konkrete Aufbau und Konfiguration der Testumgebungen im Testcenter beschrieben.
Die darauf folgenden zwei Kapitel dokumentieren die Testergebnisse, wobei Kapitel 7 den Schwerpunkt auf die einzelnen Elemente des VoIP-Systems legt und Kapitel 8 sich mit managementrelevanten Fragestellungen und laufenden Betriebsprozessen auseinandersetzt.
In Kapitel 9 erfolgt eine Bewertung der getesteten Systeme und von VoIP allgemein sowohl in wirtschaftlicher als auch technologischer Hinsicht. Kapitel 10 zieht eine abschließende Bilanz über den Einsatz von VoIP.

Die folgende Abbildung legt den inhaltlichen und logischen Aufbau dieser Dokumentation nochmals schematisch dar.



Alle Abkürzungen, die in der vorliegenden Dokumentation verwendet werden, sind im Abkürzungsverzeichnis (Anhang B) erläutert.

2 Theoretische Grundlagen

Heutzutage ist die herkömmliche TK-Technologie zu einer selbstverständlichen, aber unverzichtbaren Komponente unseres täglichen Lebens geworden. Jedoch ist nur eine Minderheit der Bevölkerung mit den grundlegenden Konzepten dieser Technologie vertraut.

Um die Probleme und Möglichkeiten von VoIP zu verstehen, befasst sich dieses Kapitel mit den Elementen und Standards der klassischen TK-Technologie und legt dabei einen besonderen Schwerpunkt auf die Interoperabilität von TK-Systemen verschiedener Hersteller, da das Zusammenwirken einer VoIP-Lösung mit einem bestehenden TK-System-Verbund – unabhängig von den beim VoIP-System verwendeten Standards und Mechanismen – ein sehr wichtiges Entscheidungskriterium darstellt.

Darüber hinaus werden elementare Standards von VoIP erläutert. Hierbei wird besonderer Schwerpunkt auf die Gatewayfunktionalität zwischen dem klassischen TDM-basierten Netz und einem nachrichtenvermitteltem Netz gelegt.

2.1 Einführung in die TK-Technologie

Moderne TK-Systemverbünde basieren auf digitaler Übertragungstechnik. Der Durchbruch für diese Übertragungsform war die Standardisierung von ISDN ab dem Jahre 1984. Das vorrangige Ziel von ISDN besteht in der Sprach- und Datenintegration.

2.1.1 ISDN-Dienste

Der wichtigste Dienst ist auch bei ISDN die Sprachübermittlung, allerdings mit vielen neuen Funktionen gegenüber der analogen Übertragung. Bezeichnend für ISDN sind verschiedene spezifische Leitungsmerkmale, wie z. B.:

- Mehrfachrufnummer
- Übermittlung der Rufnummer
- Umleitung eingehender Anrufe
- geschlossene Benutzergruppen
- Dreierkonferenz
- Anklopfen
- Fangschaltung
- Makeln
- Parken
- Subadressierung
- Übermittlung von Tarifinformationen

2.1.2 ISDN-Architektur

ISDN stellt eine digitale Übertragungsform dar, die sowohl synchron als auch transparent ist. Hauptunterscheidung zu analoger Übertragungstechnik ist die Outband-Signalisierung, d. h. die Signalisierung erfolgt unabhängig von den Nutzdaten ([TAN00]).

ISDN basiert auf einer "digitalen Bit-Pipeline", die mehrere unabhängige Kanäle durch Anwendung des Zeitmultiplexverfahrens (TDM) auf den Bitstrom legt. Das Format der Pipeline und das Multiplexen des Bitstroms sind in der ISDN-Schnittstellenspezifikation definiert.

Für diese Bit-Pipeline wurden zwei grundsätzliche Standards ausgearbeitet:

- ein Standard mit niedriger Bandbreite für Privathaushalte (S_0)
- ein Standard mit höherer Bandbreite für kommerzielle Nutzer (S_{2M})

Desweiteren kann man sich auch mehrere ISDN-Anschlüsse einrichten lassen, falls die Kapazitäten über einen ISDN-Basisanschluss hinausgehen.

In Abbildung 2.1 a) ist die Standardkonfiguration für den ISDN-Basisanschluss zu sehen (NT1 wird auch als NTBA – Netzabschluss – bezeichnet.

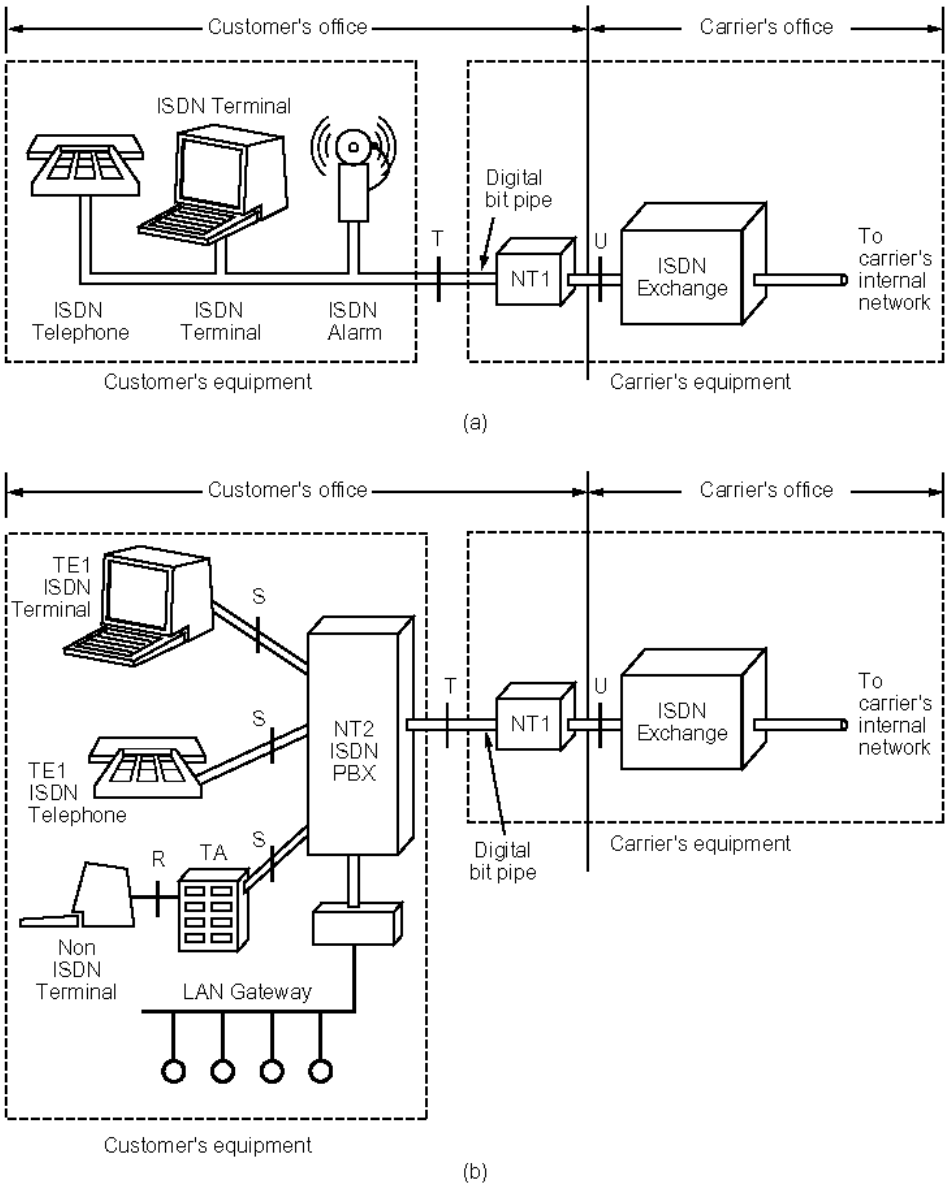


Abbildung 2.1: ISDN-Beispielkonfigurationen [TAN00]

Für größere Unternehmen ist das Modell in Abbildung 2.1 a) ungeeignet, da normalerweise mehr Telefongespräche geführt werden, als der Bus verkraften kann. Für sie eignet sich das

Modell in Abbildung 2.1 b). Bei diesem Modell ist ein NT2-Anschluss, genannt PBX, mit NT1 verbunden und bietet die Schnittstelle für Telefone, Terminals und andere Geräte.
CCITT hat zwischen den verschiedenen Geräten die vier Referenzpunkte R, S, T und U definiert. Diese Referenzpunkte sind in Abbildung 2.1 gekennzeichnet.

Referenzpunkt U ist die Verbindung zwischen ISDN-Vermittlung beim Netzbetreiber und dem NT1-Anschluss des Kunden. Das ist entweder ein verdrilltes Kabelpaar oder ein Glasfaserkabel. Referenzpunkt T ist das, was der Stecker an NT1 dem Kunden übergibt. Referenzpunkt S ist die Schnittstelle zwischen der ISDN-PBX und den ISDN-Endgeräten, währen Referenzpunkt R die Verbindung zwischen dem Terminaladapter und Endgeräten ohne ISDN herstellt. Am Referenzpunkt R werden viele verschiedene Schnittstellenarten benutzt.

2.1.3 ISDN-Schnittstelle

Die ISDN-Pipeline unterstützt mehrere Kanäle, die durch das Zeitmultiplexverfahren (TDM) aufgeteilt werden [TAN00]. Mehrere Kanaltypen wurden hier standardisiert:

A	analoger Telefonkanal (4 kHz)
B	digitaler PCM-Kanal für Sprache oder Daten (64 kbps)
C	digitaler Kanal (8 oder 16 kbps)
D	digitaler Kanal für bandexterne Zeichengabe (Signalisierung) (16 kbps)
E	digitaler Kanal für interne Signalisierung (64 kbps)
H	digitaler Kanal (384, 1.536 oder 1.920 kbps)

Bisher wurden von der CCITT drei Kombinationen von Kanälen standardisiert:

- Basisanschluss: 2B + 1D
- Primärmultiplexanschluss: 30B + 1D (Europa)
- Hybridanschluss: 1A + 1C

Die Kanäle des Basis- und Primärmultiplexanschlusses sind in Abbildung 2.2 dargestellt.

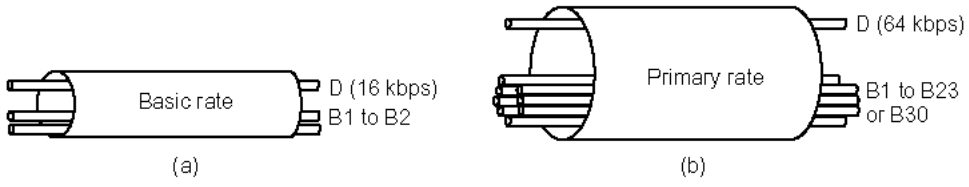


Abbildung 2.2: a) ISDN-Basisanschluss b) ISDN-Primärmultiplexanschluss [TAN00]

Der Basisanschluss (auch S_0-Schnittstelle) genannt) kann als Ablösung des konventionellen Telefondienstes (POTS) für Privathaushalte oder kleinere Firmen betrachtet werden. Jeder B-Kanal mit 64 kbps unterstützt einen PCM-Sprachkanal mit 8-bit-Mustern, die 8.000mal pro Sekunde abgetastet werden. Die Signalisierung, also die Übertragung der ISDN-Dienst- bzw. Leistungsmerkmale (siehe 2.1.1), erfolgt auf einem getrennten D-Kanal mit 16 kbps, sodass dem Nutzer die vollen 64 kbps zur Verfügung stehen.

Die S_0-Schnittstelle ist eine 4-Draht-Schnittstelle, d.h. die Installation eines Basisanschlusses in Form eines passiven Busses besteht aus einem Kabel mit zwei verdrillten Adernpaaren. Alle drei Kanäle (2 B-Kanäle und 1 D-Kanal) garantieren, dass die zu übertragenden Bitströme im Vollduplex-Betrieb ausgetauscht werden können. Weiterhin hat jedes Endgerät die Möglichkeit, die beiden B-Kanäle für Misch- oder Mehrfachkommunikation zu nutzen (z.B. Ferngespräch und Datenübertragung). Alle Endgeräte können gleichzeitig auf den D-Kanal zugreifen, um eigene Steuerungen vorzunehmen. Es ergibt sich also für die Übertragung über die S_0-Schnittstelle eine Nettobitrate von 144 kbps (64 + 64 + 16).

Der Primärmultiplexanschluss (auch S_{2M}-Schnittstelle genannt) ist dem Referenzpunkt T von Unternehmen mit einer privaten Nebenstellenanlage gedacht. Er hat 30 B-Kanäle und einen D-Kanal (64 kbps) (Europa). Für die Kombination von 30B + 1D hat man sich entschieden, damit ein ISDN-Rahmen angenehm in das 2.048-Mbps-System der CCITT passt. Die Zeitschlitze von 30 Sekunden im CCITT-System werden für die Rahmenbildung und die allgemeine Netzwartung benutzt. Die Anzahl von D-Kanälen pro B-Kanal im Primärmultiplexanschluss ist viel geringer als beim Basisanschluss, da in diesem Bereich prozentual weniger Signalisierungsdaten anfallen.
Die Netto-Übertragungskapazität beträgt 1.984 kbps. Daher rührt auch die Abkürzung S_{2M}, die auf S2Mbit/s zurückzuführen ist.

S_0- und S_{2M}-Schnittstellen können (und werden) neben dem Anschluss an das PSTN auch zur internen Vernetzung von TK-Systemen verwendet.

Somit ist es möglich, einen TK-Systemverbund, der sich z. B. über verschiedene Standorte oder abgesetzte TK-Anlagen erstreckt, zu erzeugen (weitere Einzelheiten siehe in 2.2.2).

2.1.4 Rahmenaufbau bei S_0 und S_{2M}

Wie bereits in 2.1.3 erläutert, erfolgt bei ISDN 8000mal pro Sekunde, d. h. alle 125 µs, ein Abtastvorgang. Bei jedem Abtastvorgang wird ein Rahmen (sog. "Frame") erstellt, der an die Gegenseite übermittelt wird. Die beiden folgenden Abschnitte zeigen den Rahmenaufbau bei S_0 und S_{2M}.

2.1.4.1 Frameaufbau bei S_0

Ein S_0-Frame besteht, wie es Abbildung 2.3 zeigt, aus 2 B-Kanälen zu je 8 bit (8 bit x 8.000/s = 64 kbps), einem D-Kanal zu 2 bit (2 bit x 8.000/s = 16 kbps) sowie einem Kanal zu 6 bit (6 bit x 8.000/s = 48 kbps), der Steuerinformationen enthält, aufgebaut ([TAN00]).

Die B-Kanäle und der D-Kanal wurden bereits in 2.1.3 erklärt. Die Steuerinformationen dienen zur Rahmensynchronisation der Frames und zur Zugriffssteuerung der Geräte auf den D-Kanal. Zur Framesynchronisation wird die Bitfolge "101010101..." verwendet; die Synchronisation hat den Zweck, dass sich aus dem Takt geratene Endstellen schnell wieder synchronisieren können (also die Framegrenzen wieder erkennen können), indem sie nach dem genannten Bitmuster suchen. Somit ist eine rasche Synchronisation möglich.

Die S_0-Schnittstelle erfordert demnach eine Bruttodatenrate von 192 kbps (24 bit x 8.000/s), wovon 128 kbps (die beiden B-Kanäle) effektiv nutzbar sind (wenn man von einer möglichen Mitnutzung des D-Kanals für Nutzdatenübertragung absieht).

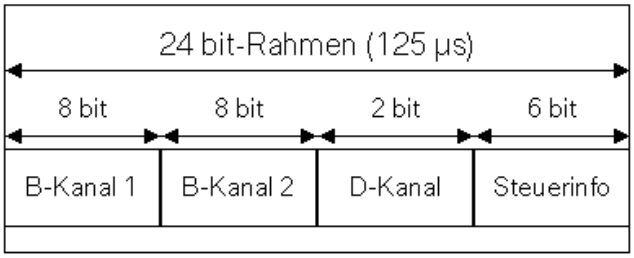


Abbildung 2.3: S_0-Frameaufbau [TAN00]

2.1.4.2 Frameaufbau bei S_{2M}

Ein S_{2M}-Frame beinhaltet folgende Komponenten (Gesamtlänge 256 bit, siehe Abbildung 2.4):

- 30 B-Kanäle (je 8 bit bzw. 64 kbps)
- 1 D-Kanal (8 bit bzw. 64 kbps)
- 1 Kanal für Steuerinformationen (8 bit bzw. 64 kbps) dieselbe Funktion und Aufbau wie bei S_0)

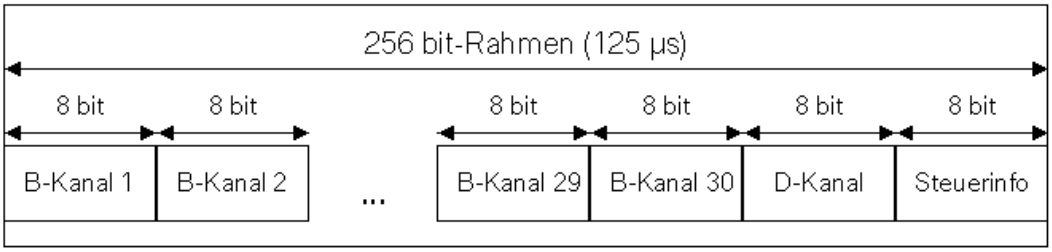


Abbildung 2.4: S_{2M}-Frameaufbau [TAN00]

Somit benötigt die S_{2M}-Schnittstelle eine Bruttodatenrate von 2.048 kbps (256 bit x 8.000/s), von denen hier 1.984 kbps effektiv nutzbar sind (30 B-Kanäle), wenn man auch hier von einer Mitnutzung des D-Kanals absieht.

2.1.5 Standardisierte D-Kanal-Signalisierungsprotokolle

2.1.5.1 DSS1-Protokoll (Digital subscriber system no. 1)

Auf ITU-T I.411 (ETS 300 102) basierendes europäisches ISDN-Protokoll für den D-Kanal des paneuropäischen Euro-ISDN ([SIE03]). Das Euro-DSS1-Protokoll löst das von der Deutschen Telekom benutzte 1TR6-Protokoll ab. In Europa haben sich die meisten Netzbetreiber in fast allen europäischen Staaten zu der Einführung des DSS1 verpflichtet.
Die beiden Protokolle DSS1 und 1TR6 sind in den Schichten 1 und 2 vollkommen identisch, ebenso gibt es keine wesentlichen Unterschiede beim Protokollaufbau. Die Hauptunterschiede liegen in den Leistungsmerkmalen und der Signalisierung. DSS1 bietet Bearer Capability, Lower Layer Compatibility und Higher Layer Compatibility. Das europäische D-Kanal-Protokoll kann u. a. im Gegensatz zum nationalen 1TR6-Protokoll die Rufnummernübermittlung in beiden Richtungen hin zum Angerufenen und vom Angerufenen zum Anrufer. Beim Euro-Protokoll DSS1 gibt es keine Endgeräte-Auswahlziffern mehr, allerdings können für einen Basisanschluss Mehrfachnummern vergeben werden. Für jede einzelne Rufnummer können unabhängig voneinander ISDN-Leitungsmerkmale definiert werden.

Mit dem DSS1-Protokoll ist ein Datentransfer mit paketorientierter Übertragung im D-Kanal möglich. Die Übertragungsgeschwindigkeit kann bis zu 9,6 kbit/s betragen. Diese Datenübertragung wird dadurch möglich, indem die paketorientierter X.25-Datenendeinrichtung über eine fest eingestellte Schicht-2-Adresse über einen Terminal-Adapter (TA X.25) mit einem Frame-Handler verbunden ist. Durch diese Maßnahme entfallen die ISDN-typischen Zeichengabeprozeduren in der Vermittlungsschicht.
Das DSS1-Protokoll unterscheidet zwischen vier Codesätzen für Informations-Elementen. Der Codesatz 0 entspricht dem Regelcodesatz nach Q.931, der Codesatz 5 dem ETSI-Codesatz, der Codesatz 6 ist für nationale Anwendungen und der Codesatz 7 für private Anwendungen über die Nebenstellenanlage. Das Netz verwendet derzeit nur den Codesatz 0.

2.1.5.2 Q.931

Q.931 ist das von der ITU standardisierte Protokoll für die Signalisierung im D-Kanal von Euro-ISDN, das dem Verbindungsaufbau, Verbindungsabbau sowie der Verbindungskontrolle dient [SIE03].

2.2 Allgemeine TK-System-Ausstattungsmerkmale

2.2.1 Komponenten eines TK-Systems

Wenn man die TK-Anlage als "black box" (und diverse Zusatzkomponenten und Applikationen, wie z.B. ein Unified-Messaging-System außer Acht lässt) betrachtet, bietet ein TK-System folgende Dienste an:

- externe Verbindungen:
  - Verbindungen in das PSTN (Amtsanschlüsse)
    - Realisierung über S_0- bzw. S_{2M}-Schnittstellen
    - D-Kanal-Signalisierungsprotokoll: Q.931 oder DSS1
  - Verbindungen zu anderen TK-Anlagen in einem Systemverbund
    - Realisierung über S_0- bzw. S_{2M}-Schnittstellen
    - D-Kanal-Signalisierungsprotokoll: Q.931/DSS1 oder Q.SIG (Erläuterung in 2.3) oder proprietäres Signalisierungsprotokoll

- interne Verbindungen:
  Teilnehmeranschlüsse mittels
  - Analoganschlüssen: a/b-Ports (z. B. Faxgeräte Typ G3, analoge Teilnehmer)
  - ISDN-Anschlüssen: S_0-Ports (z. B. Faxgeräte Typ G4, Datendienste)
  - Teilnehmeranschlüssen: U_{P0}- (zumeist proprietär) oder sonstigem Signalisierungsprotokoll für digitale Systemteilnehmer

Definition U_{P0}-Schnitstelle [SIE03]:

Die U_{P0}-Schnittstelle ist wie alle U-Schnittstellen eine Zweidrahtschnittstelle und wurde vom ZVEI festgelegt. Die Übertragung über diese Schnittstelle erfolgt im Halbduplex-Betrieb. Die Sende- und Empfangsdaten werden zeitlich getrennt in 125-Mikrosekunden-Rahmen übertragen. Um sowohl die zwei B-Kanäle mit jeweils 64 kbit/s, einen D-Kanal mit 16 kbit/s als auch zusätzliche Synchronisationssignale und Schutzzeitperioden zu garantieren, beträgt die Dauer eines Binärsignals ca. 2 Mikrosekunden. Dies schränkt die Reichweite der Schnittstelle auf ca. 2 bis 4 km ein.

Somit sind bei einer U_{P0}-Schnittstelle alle ISDN-Merkmale möglich, wobei hier nur zwei Drähte verwendet werden (im Gegensatz zu S_0, das 4 Drähte benötigt, siehe 2.1.3). Dies stellt den Hauptvorteil dar, da bei einer Digitalisierung der Teilnehmernebenstellen – der Umstellung von Analogbetrieb, der auch nur 2 Drähte benötigt – eine bestehende TK-Verkabelung nicht geändert werden muss.

2.2.2 TK-System-Verbundnetze

In 2.2.1 wurden TK-Systemverbünde bereits kurz angesprochen. Sie stellen eine Vernetzung von TK-Systemen über Festverbindungen dar, die (normalerweise) nicht über das PSTN sondern über eigene Festverbindungen geroutet werden, und werden heute sehr häufig von Unternehmen eingesetzt. Diese Festverbindungen müssen somit in Eigenregie betrieben und bezahlt werden.

Welche Vorteile bieten diese Verbundnetze trotz der u. U. hohen Kosten, die für die Wartung und Betrieb dieser Verbundnetze anfallen?

Im Folgenden werden die wichtigsten Vorteile eines solchen Verbundnetzes angeführt:

- Ein Vorteil ist die **gemeinsame Nutzung zentraler Dienste** und die hiermit verbundene **Kosteneinsparung durch Synergieeffekte**: Bestes Beispiel hierzu ist die Telefonvermittlung. Angenommen, ein Unternehmen besitzt 3 Standorte mit jeweils etwa gleich vielen Mitarbeitern pro Standort. Durch die Schaffung eines Systemverbundes, der die TK-Systeme dieser drei Standorte miteinander vernetzt, ist nur eine zentrale Telefonvermittlung erforderlich (die die Vermittlungstätigkeit für die drei Standorte erledigt), die prozentual deutlich weniger Personalkapazitäten bindet (durch gemeinsame Vermittlungstätigkeit und geringere Personalreserven für urlaubs- und krankheitsbedingte Personalfehlzeiten) und so weniger Personal- und Infrastrukturkosten verursachen also bei einer nicht intern (sondern nur über das PSTN) vernetzten Variante.
- Ein weiterer Vorteil besteht in der **Einsparung von Telefongebühren** für netzinterne Gespräche: Durch ein TK-Verbundnetz können (bei korrekter Definition der Routingmechanismen, z. B. in LCR-Tabellen) Gesprächskosten für netzinterne Telefonate entfallen, die sonst an den jeweiligen Telefonnetz-Carrier zu zahlen gewesen wären. (Ohne Vernetzung hätte jeder Standort eine eigene Amtskopfnummer und wäre somit nur über das PSTN zu erreichen.)
- Hinsichtlich des **Corporate-Identity-Gedankens** hat für viele Unternehmen auch das **äußere Erscheinungsbild** und die Wahrnehmung in der Öffentlichkeit eine große Bedeutung:
  Durch den Einsatz von Verbundnetzen ist es möglich (einen passende Rufnummernplan für die Teilnehmernebenstellen vorausgesetzt), das Unternehmen für Außenstehende als Einheit darstellen zu können, d. h. alle Nebenstellen (egal wie weit entfernt die Standorte liegen) können über eine Amtskopfnummer erreicht werden. Ohne Vernetzung hätte jeder Standort eine eigene Amtskopfnummer, was zu großer Verwirrung bei Kunden, Geschäftspartnern und Investoren führen würde.

Diese Vorteile wiegen in den meisten Fällen die Kosten für den Betrieb des Verbundnetzes auf; daher haben sich viele Unternehmen zur Errichtung interner Verbundnetze entschieden.

2.3 Das Q.SIG-Protokoll

2.3.1 Allgemeines

Wie in 2.2.1 und in 2.2.2 erläutert, ist es für Unternehmen u. U. sinnvoll, ein eigenes Verbundnetz aufzubauen. Dies geschieht hierbei (abhängig von der Anzahl der zwischen den Standorten benötigten B-Kanäle) mittels S_0- bzw. S_{2M}-Strecken. Hierbei kommt dem verwendeten D-Kanal-Signalisierungprotokoll (siehe 2.1.4 und 2.1.5) eine besondere Bedeutung zu:
Abhängig vom verwendeten Protokoll sind nur bestimmte Leistungsmerkmale möglich (so sind z. B. bei Verwendung von DSS1 nur die ISDN-Leistungsmerkmale - siehe 2.1.1 - verfügbar). Die Vorteile des Verbundnetzes entfalten aber nur bei Vorhandensein zusätzlicher Leistungsmerkmale (wie z. B. Rückruf, netzweite Anrufweiterleitung, ...) ihre volle Wirkung. Da die Unternehmen aber größtenteils TK-Anlagen verschiedener Hersteller einsetzen, ergibt sich folgendes Problem:
Vor der Entwicklung von Q.SIG arbeitete jeder Telefonanlagenhersteller mit einem proprietären D-Kanal-Signalisierungsprotokoll (bei Siemens war es zum Beispiel das Protokoll "CorNet"). Das bedeutet, dass die im proprietären Signalisierungsprotokoll implementierten Leistungsmerkmale zwar netzweit im Verbund von TK-Anlagen des gleichen Herstellers verfügbar waren. Sobald aber ein TK-System eines Fremdherstellers in den TK-Verbund integriert wurde, musste auf den Verbindungsstrecken zur TK-Anlage des Fremdherstellers auf den kleinsten gemeinsamen Nenner zurückgegriffen werden. Dies war und ist ISDN.

Sobald das System des Fremdherstellers tangiert war, waren damit aber die Vorteile des gemeinsamen Netzes nicht mehr vorhanden, da nur noch der Minimalstandard der ISDN-Leistungsmerkmale übertragen wurde (nicht einmal die Namensübermittlung war somit möglich.)

Da jedoch viele Unternehmen im TK-Bereich keine Ein-Marken-Strategie und damit die Abhängigkeit von einem einzigen Hersteller toleriert haben und der Druck zum Handeln wegen der Marktmacht der Kunden immer größer wurde, wurde mit der Entwicklung eines Standards für Vernetzungsprotokolle begonnen: dem Q.SIG-Standard.

Das Q.SIG-Protokoll (Q-Interface Signalling Protocol) ist ein internationaler von der ECMA definierter Signalisierungsstandard für die logische Signalisierung zwischen zwei privaten Vermittlungsknoten, z.B. TK-Anlagen. Damit soll Betreibern von Corporate Networks die Möglichkeit gegeben werden, verschiedene TK-Systeme zu einem heterogenen Netz zusammenzuschalten und anlagenübergreifend Leistungsmerkmale, wie die automatische Rufumleitung, zu nutzen.

Das Signalisierungssystem ist so konzipiert, dass es alle Netzwerkstrukturen wie beispielsweise Sterntopologie, Bustopologie, vermaschtes Netz oder Baumtopologie unterstützt, ebenso wie eine beliebige Anzahl an Knotenrechnern.
Q.SIG basiert auf dem D-Kanal-Protokoll nach dem ITU-T-Standard der Q.93x-Serie für Basic Call und der Q.95x-Serie für die Leistungsmerkmale. Damit ist sichergestellt, dass Q.SIG und ISDN kompatibel in ihren Leistungsmerkmalen sind und ISDN-Applikationen bzw. -Zusatzdienste der öffentlichen ISDN-Netze auch in einem privaten Netz genutzt werden können.

Die Architektur von QSIG entspricht im wesentlichen der ISDN-Architektur, wobei allerdings neben den *N-, T- und S-Bezugspunkten* (Kommunikation zwischen zwei Netzknoten, Netzknoten und Basisanschluss und S_0-Geräte) zwei neue Referenzpunkte hinzukommen, der *Q-Punkt* und der *C-Punkt* (siehe Abbildung 2.5).

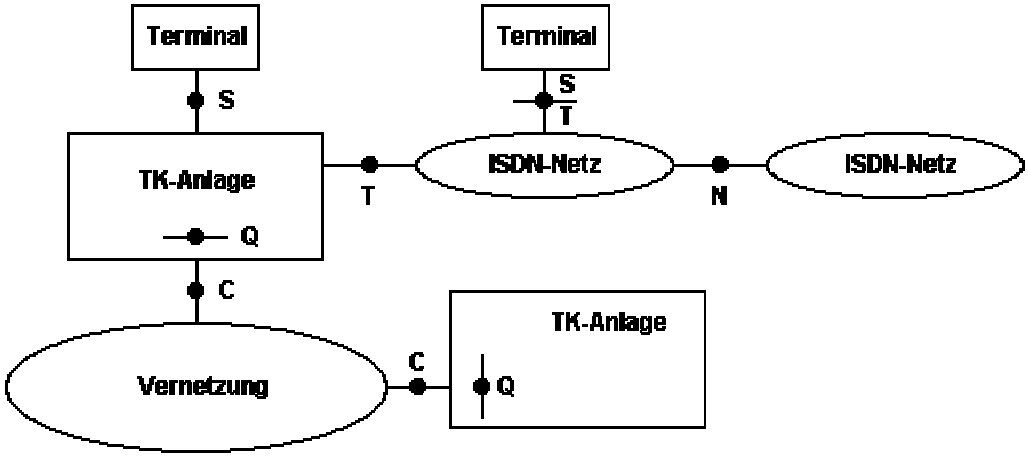


Abbildung 2.5: Referenzpunkte von Q.SIG und ISDN

Der Q-Referenzpunkt ist der logische Signalisierungspunkt zwischen zwei privaten Nebenstellenanlagen, d.h. jede PBX besitzt einen solchen Referenzpunkt, über den die Kommunikation mit den anderen PBX und ihren Q-Referenzpunkten stattfindet. Der C-Referenzpunkt bildet den Bezugspunkt für die physikalische Verbindung. Das soll heißen, die Kommunikation zwischen zwei Q-Referenzpunkten findet über den C-Referenzpunkt statt. Der Q.SIG-Standard spezifiziert ein Signalisierungs-Protokoll am Q-Referenzpunkt, das primär auf jedem gewöhnlichen Kanal benutzt werden kann. Beide orientieren sich am bereits genannten OSI-Referenzmodell und arbeiten auf OSI-Schicht 3.

2.3.2 Ziele von Q.SIG

Allgemeine Daten [SIE04]:

- Q.SIG = Signalisierung am Q-Referenzpunkt
- 1988 durch Europäische Kommission initiiert
- herstellerunabhängiger internationaler Standard
- Ziel: Der offene Markt.
  "Jeder kann mit jedem", der Kunde kann frei wählen
- heterogene Firmennetze mit Leistungsmerkmalen sollen möglich werden
- Standard auf S_0/S_{2M}-Basis für die ISDN-Welt
- Basierend auf ITU-T-Empfehlungen für die Basisverbindungen

Gründe für heterogene PBX-Netze:

- Firmen fusionieren, Organisationen bilden internationale Verbunde
- Netze mit Zweitlieferant aus politischen Gründen
- Erstlieferant nicht mehr auf dem Markt

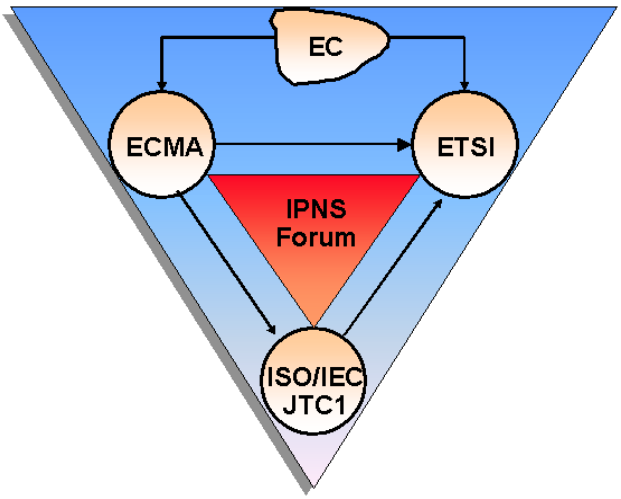
Vorteile von Q.SIG:

- Fremd- / Spezialprodukte in Verbindung mit Nebenstellenanlagen können angeschaltet werden (z.B. Multiplexer, Sprachspeichersysteme (VMS), Anrufverteilsysteme (ACD))
- Fortschreibung des Standards entsprechend dem technischen Fortschritt und der Einführung neuer Funktionen

Nachteil von Q.SIG:

- Die diversen Q.SIG-Normen lassen sehr viel Interpretationsspielraum zu

2.3.3 Beteiligte Kommissionen und Standardisierungsgremien



EC : European Commission
ECMA : European association for standardizing information and communication systems, founded in 1960 as 'European Computer Manufacturers Association'
ETSI : European Telecommunication Standards Institute
ISO : International Standards Organization
IEC : International Electrotechnical Commission
JTC1 : Joint Technical Committee on Information Technology
IPNS : ISDN PBX Networking Specification

Die Q.SIG-Standards wurden durch ETSI und ISO zu europäischen und internationalen Standards erhoben. Die ISO hatte zeitgleich mit der ETSI einen Q.SIG-Standard unter der Bezeichnung PSS1 entwickelt, veröffentlicht ihren Standard, dem sich die ETSI angepasst hat, unter der Bezeichnung ISO-Q.SIG.

Mitglieder des IPNS-Forums:

- Alcatel Business Systems
- Ascom Business Systems
- Bosch Telecom
- Ericsson
- Lucent Technologies (AT&T)
- Matra Communication
- NORTEL
- Philips Communication Systems
- Siemens

2.3.4 Historie von Q.SIG

- 1980er: Entwicklung von ISDN, ITU-T-Empfehlungen
- 1984-88: Ergebnis dieser Studienperiode des ITU-T im Blue Book.

Erkenntnis, dass private Netze höheren Funktionsbedarf haben.
- 1988: Europäische Kommission gibt erste Anstöße für einen Standard am Referenzpunkt Q.
- Standardisierungsauftrag zunächst an CENELEC (European Electrotechnical Standards Committee). Diese beauftragt ECMA.
- CENELEC übergibt Auftrag an ETSI → Zusammenarbeit von ETSI und ECMA.
- 1990: Gründung des IPNS-Forums für die Unterstützung und Beschleunigung der Standardisierungsarbeit, hervorgehend aus einer Siemens-Alcatel-Initiative
- 1990: Erste Standards von ECMA
- 1992: Veröffentlichung erster Standards von ETSI
- 1993: Erster ISO Standard IS 11572 wird veröffentlicht
- 1994: Memorandum of Understanding der IPNS-Forumsmitglieder tritt in Kraft
- seit 1994: Veröffentlichung neuer Leistungsmerkmale und Weiterentwicklung der bestehenden Standards

2.3.5 Q.SIG-Standards

Die folgende Abbildung 2.6 zeigt die Q.SIG-Standards, die nacheinander entwickelt wurden [SIE04].

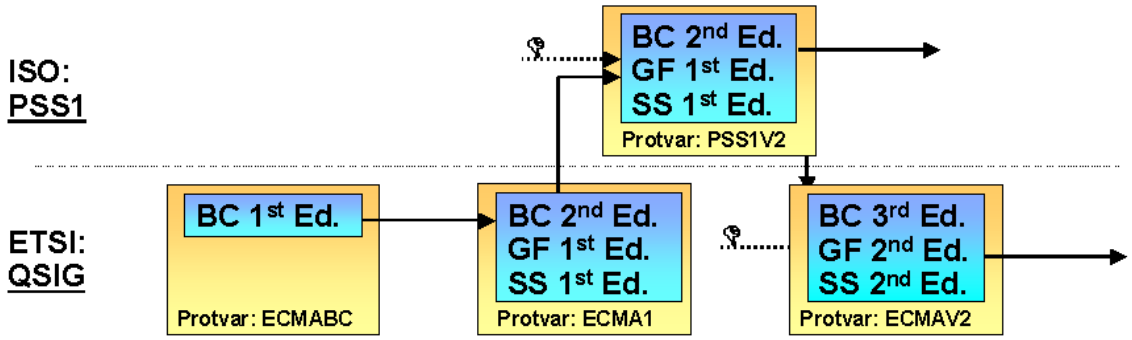


Abbildung 2.6: Q.SIG-Standards

Erläuterungen:
BC: Basic Call
GF: Generic Functions
SS: Supplementary Services

Grundsätzlich bietet Q.SIG mit den sog. Generic Functions ein solides Fundament, um, ähnlich einem Baukastenprinzip, unterschiedliche Leistungsmerkmale auf dem Basic Call aufzusetzen.

2.3.5.1 Basic Call

Der Basic Call hat als Basisverbindung dieselben Leistungsmerkmale wie bei ISDN.

2.3.5.2 Generic Functions

Zu den Generic Functions gehören die Bereiche Namensanzeige, Rückruf sowie Gebührenanzeige.

Eine Besonderheit der Generic Functions ist das Generic Functional Protocol (GFP):
Es dient dazu, Systeme *eines* Herstellers mit proprietären Protokollelementen im heterogenen Netz über Transitknoten *anderer* Hersteller miteinander zu verbinden ([SIE04]).

Voraussetzungen:

- Die proprietären Protokollelemente des *einen* Herstellers müssen gemäß dem GFP "verpackt" sein.
- Der Transitknoten des *anderen* Herstellers muss GFP-Transitfunktionalität implementiert haben.

Die folgende Abbildung 2.7 verdeutlicht dies. Da noch nicht alle Elemente des Siemens-proprietären Protokolls CorNet NQ in Q.SIG standardisiert sind, ist es möglich, über die Alcatel-4400-Anlage (die das GFP implementiert haben muss) die proprietären CorNet-Protokollelemente transparent mittels des GFP zu übertragen.

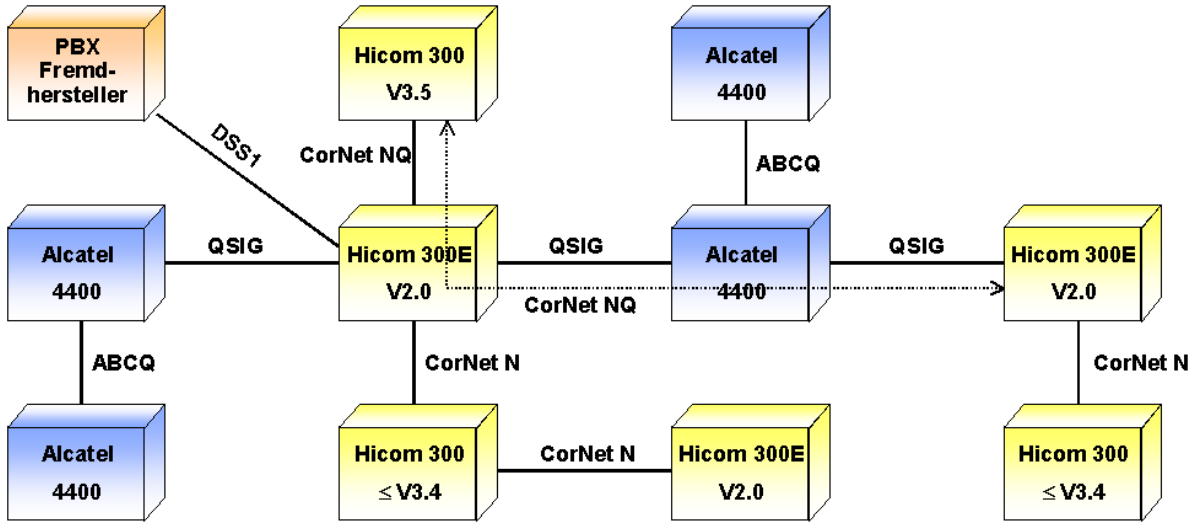


Abbildung 2.7: Beispielszenario für das Generic Functional Protocol

Die Wirkungsweise des GFP wird in Abbildung 2.8 nochmals verdeutlicht.

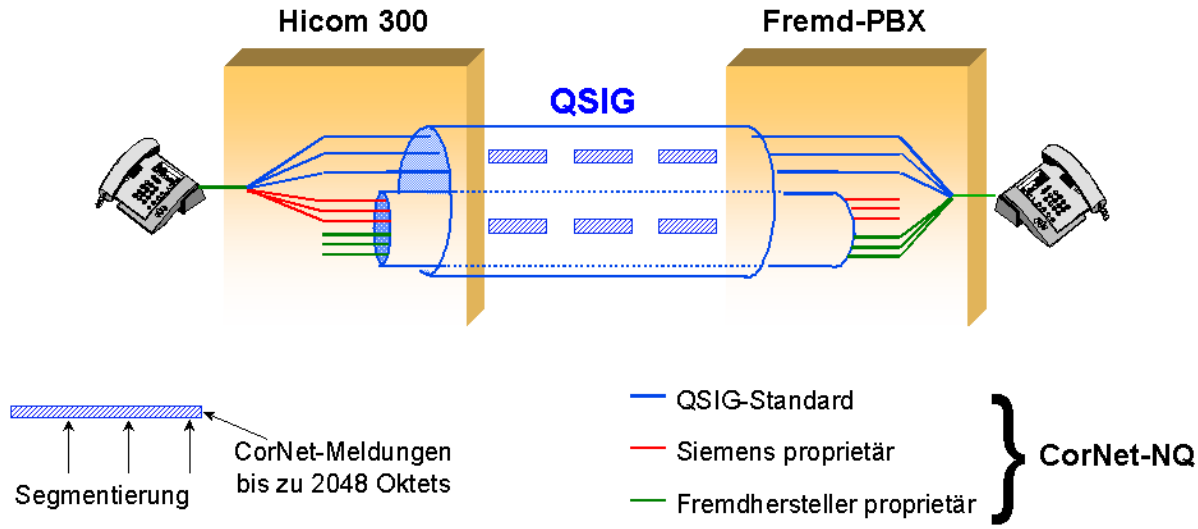


Abbildung 2.8: Funktionsweise des Generic Functional Protocols

2.3.5.3 Supplementary Services

Die Supplementary Services stellen diverse Leistungsmerkmale dar, die grundsätzlich für Ressourcen schonende B-Kanal-Nutzung gebraucht werden. Der Nutzer merkt von ihnen so gut wie nichts. Das wichtigste Leistungsmerkmal aus diesem Bereich ist "Path Replacement" (Wegeoptimierung). Die Funktion und der Nutzen wird in Kapitel 7.3 erläutert.

Eine Aufstellung aller derzeit in Q.SIG veröffentlichen Standards ist im Anhang A zu finden.

2.4 Standards und Konzepte im VoIP-Umfeld

Die heutigen Standards und Protokolle im VoIP-Umfeld wurden und werden immer noch zum größten Teil von zwei Vereinigungen erarbeitet.

Zum einen von der IETF - der *Internet Engineering Task Force* - einer Gemeinschaft von Ingenieuren und Informatikern, die sich primär mit dem Standardisieren von Protokollen für die Internetwelt beschäftigen.

Zum anderen von der ITU - der *International Telecommunications Union* - einer internationalen Organisation innerhalb der Vereinten Nationen durch die Regierungen und der private Sektor die Weiterentwicklung und Standardisierung von globalen TK-Netzen und TK-Diensten koordinieren.

Die heute zwei wichtigsten Standards im VoIP-Umfeld sind H.323 und das SIP-Protokoll. Daneben gibt es noch einige weitere von der IETF entwickelte Protokolle wie MGCP und Megaco mit denen wir uns aber hier aufgrund ihrer dezimierten Verbreitung nicht weiter beschäftigen werden.

Im Folgenden werden der H.323-Standard und das SIP-Protokoll genauer vorgestellt.

2.4.1 Der H.323-Standard

2.4.1.1 Grundlegendes über H.323

Dieser von der ITU (International Telekommunikations Union) definierte Standard legt fest, wie PCs untereinander kommunizieren, um Audio- und Videodatenströme innerhalb von Computernetzwerken - z. B. im Intranet oder Internet - zu übertragen.

H.323 beschreibt die Struktur eines Videokonferenzsystems über paketbasierte Netzwerke und nimmt dabei auf verschiedene andere Standards (u. a. H.225 und H.245) Bezug. Man kann somit bei H.323 von einer "Sammlung von Standards" sprechen.

Die erste Version von H.323 wurde im Jahr 1996 unter dem Namen "Packet based Multimedia Communication Systems" veröffentlicht und ermöglichte multimediale Kommunikation über lokale Netzwerke (LAN). Zwei Jahre später erfolgte mit der zweiten Version von H.323 eine Erweiterung auf alle IP-basierten Netzwerke. Dazu gehören Local Area Network (LAN), Metropolitan Area Network (MAN) und Wide Area Network (WAN). Die zweite Version von H.323 wird heute häufig für VoIP-Lösungen verwendet.

Zusammen mit anderen Standards bildet H.323 eine Protokoll-Familie für Multimediakommunikation über verschiedene Netzwerke. So gibt es Spezifikationen für die Kommunikation über ISDN (H.320), ATM (H.321) und PSTN (H.324). Alle diese Systeme sind darauf ausgelegt, dass ihre Komponenten mit Endgeräten der anderen Konferenzsystemklassen kooperieren können. Der Standard spezifiziert sowohl Punkt-zu-Punkt-Verbindungen als auch Mehrpunkt-Verbindungen.

2.4.1.2 Die H.323-Architektur

2.4.1.2.1 Bestandteile von H.323

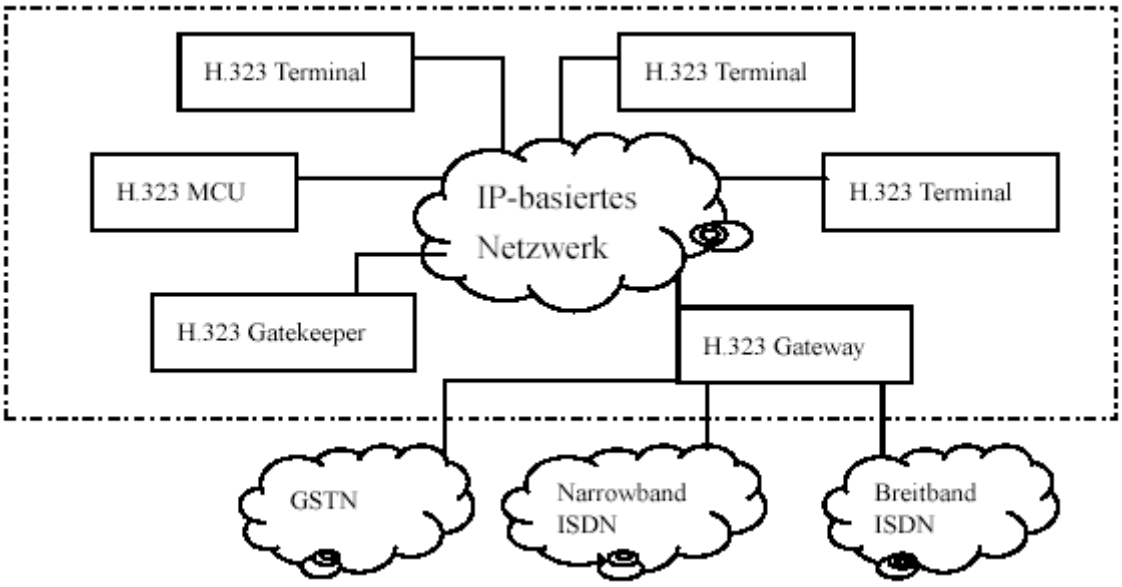


Abbildung 2.9: H.323-Bestandteile

H.323 spezifiziert vier logische Komponenten: Terminals, Gateways, Gatekeeper und Multipoint Control Units (MCUs). Terminals, Gateways und MCUs werden als Endpunkte bezeichnet. Das Hauptziel von H.323 ist, den Austausch des Medienstroms zwischen den H.323-Endpunkten zu ermöglichen.

Im Folgenden werden die vier logischen Komponenten von H.323 näher beschrieben:

• H.323-Terminal

Ein H.323-Terminal ist ein Netz-Endpunkt für die Echtzeitkommunikation mit anderen H.323-Endpunkten. Ein Terminal muss mindestens einen Audio-Codec unterstützen. Die meisten H.323-Terminals unterstützen jedoch mehrere Audio- und Video-Codecs.

• H.323-Gateway

Ein H.323-Gateway ist ein Netz-Endpunkt, der einen Übersetzungsdienst zwischen H.323-Netzwerk und Netzwerken anderer Typen anbietet. Eine Seite des Gateways unterstützt H.323-Signalisierung und beendet die Paketübertragung nach der Anforderung von H.323. Die andere Seite des Gateways ist die Schnittstelle zu einem leitungsvermittelten (circuit-switched) Netzwerk und unterstützt dessen Übertragungseigenschaften und Signalisierungsprotokolle.

Auf der H.323-Seite hat der Gateway die Eigenschaft eines H.323-Terminals. An der leitungsvermittelten Seite hat der Gateway die Eigenschaft eines Knotens des entsprechenden Netzes.

Ein H.323-Gateway bietet unterschiedliche Dienste an, die in der H.246-Empfehlung spezifiziert sind:

- Übersetzung zwischen Übertragungsformaten (z.B. H.225 zu H.221) und zwischen Kommunikationsprozeduren (z.B. H.245 zu H.242).
- Verbindungsaufbau und -abbau, sowohl auf der Netzwerk- als auch auf der PSTN-Seite
- Übersetzung zwischen unterschiedlichen Video-, Audio- und Datenformaten

• H.323-Gatekeeper

Ein Gatekeeper ist ein optionaler Bestandteil im H.323-Netzwerk. Wenn vorhanden, steuert der Gatekeeper einige H.323-Terminals, Gateways und MCs (Multipoint Controllers). Steuerung heißt, dass der Gatekeeper den Netzwerkzugang von einem oder mehreren Endpunkten autorisiert und z.B. Calls von einem Endpunkt unter seine Kontrolle erlauben oder ablehnen kann.

Die Gruppe von Terminals, Gateways und MCs, die ein Gatekeeper kontrolliert, wird als Zone des Gatekeepers bezeichnet. Zu beachten ist, dass ein Gatekeeper Endpunkte, die sich in mehreren Subnetzen befinden, als eine Zone behandelt.

• MC, MP und MCU

Ein Multipoint Controller (MC) ist ein H.323-Endpunkt, der Multipoint-Konferenzen zwischen zwei oder mehreren Terminals und/oder Gateways verwaltet.

Ein Multipoint Prozessor (MP) ist hingegen Teil einer MCU und empfängt Audio-, Video- und Datenströme von Endpunkten in zentralen Multipoint-Konferenzen und sendet diese nach erfolgter Verarbeitung zu den Endpunkten zurück.

Eine Multipoint Control Unit (MCU) nimmt einen zentralen Stellenwert in der Mehrpunktkommunikation ein, da sie die Unterstützung für Multipoint-Konferenzen anbietet. Sie besteht aus einem MC und kann durch ein oder mehrere MPs ergänzt werden.

2.4.1.2.2 Der H.323-Protokoll-Stack

Abbildung 1.10 zeigt den H.323-Protokoll-Stack. Man unterscheidet zuverlässige und unzuverlässige Transportprotokolle. In einem IP-Netz sind diese entsprechend das TCP- (Transport Control Protocol) und das UDP-Protokoll (User Datagram Protocol).

Aus dieser Abbildung ist zu entnehmen, dass der Austausch von Medieninformationen bei H.323 durch Benutzung von RTP über UDP erfolgt.

Über die Protokolle H.225 und H.245 erfolgt die Echtzeitübertragung der Nachrichten, die zwischen H.323-Endpunkten ausgetauscht werden.

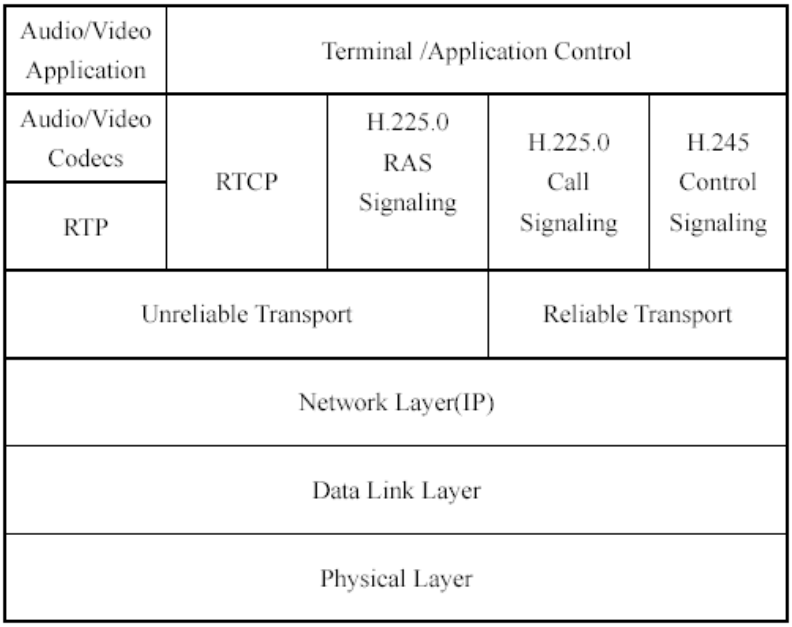


Abbildung 2.10: Der H.323-Protokoll-Stack

2.4.2 Das SIP-Protokoll

2.4.2.1 Grundlegendes über das SIP-Protokoll

Das von der IETF (Internet Engineering Task Force) standardisierte SIP-Protokoll (Session Initiation Protocol) nach RFC-2543 ist ein Signalisierungsprotokoll zum Aufbau, zur Verwaltung und zum Abbau von Multimediasitzungen. Dazu gehören z.B. IP-Telefonie und Multimediakonferenzen.

Es ist ebenfalls das Protokoll für die Mobilkommunikation der dritten Generation (3G) des Universal Mobile Telecommunications Systems (UMTS) in der zweiten Phase der Netzrealisierung.

Im Vergleich zu "H.323" ist "SIP" die Bezeichnung für ein spezielles Protokoll. "H.323" hingegen ist die Bezeichnung für den gesamten H.323-Stack mit RAS, H.225, H.245 bzw. den entsprechenden Codecs. Aus diesem Grund spricht man auch von "SIP-Protokoll" und "H.323-Standard".

2.4.2.2 Das SIP-Protokoll innerhalb der IETF-Architektur

SIP wurde von der IETF als Teil einer umfassenden Multimedia-Daten- und Kontrollarchitektur entwickelt, die im Vergleich zur H.323-Protokoll-Familie der ITU ein *Light Weight Session Model* darstellt.

SIP kann mit einer ganzen Reihe anderer IETF-Protokolle effizient "zusammenspielen". Dabei ist SIP nicht von einem dieser Protokolle – die im Folgenden aufgelistet sind – abhängig, sie dienen lediglich zur Unterstützung.

- Session Announcement Protocol (SAP): Protokoll für die Anzeige von Multimediasitzungen über Multicast (RFC-2974)

- Session Description Protocol (SDP): Protokoll für die Beschreibung von Multimediasitzungen (RFC-2327)
- Resource Reservation Protocol (RSVP): Signalisierungsprotokoll zur Ressourcenreservierung (RFC-2205)
- Real-Time Transport Protocol (RTP): Echtzeitprotokoll für den Transport von isochronen Datenströmen und QoS-Rückmeldungen (RFC-1889)
- Real-Time Streaming Protocol (RTSP): Protokoll für die Kontrolle von Streaming Media (RFC-2326)

SIP ist für den Aufbau, die Kontrolle und die Terminierung einer Multimediasitzung zuständig. Es beschreibt, zusammen mit anderen Protokollen, die Eigenschaften und die Teilnehmer einer Sitzung. Prinzipiell kann ein beliebiges Transportprotokoll für den Transport von Medien in einer SIP-Sitzung benutzt werden, jedoch ist RTP das am meisten benutzte Protokoll.

SIP-Nachrichten und die eigentlichen Sitzungsdaten werden zumeist durch das selbe physikalische Verbindungsmedium transportiert, jedoch sollte die SIP-Signalisierung separat behandelt werden. Abbildung 1.11 zeigt die logische Struktur von Signalisierungs- und Sitzungsdaten.

Diese Trennung ist wichtig, da die Signalisierung mithilfe eines oder mehrerer Proxy- oder Redirect-Server am Ziel ankommen kann, während die Datenströme durch einen viel direkteren Pfad das Ziel erreichen. Diese Strategie ist analog zur Trennung von Signalisierungs- und Mediendaten bei H.323.

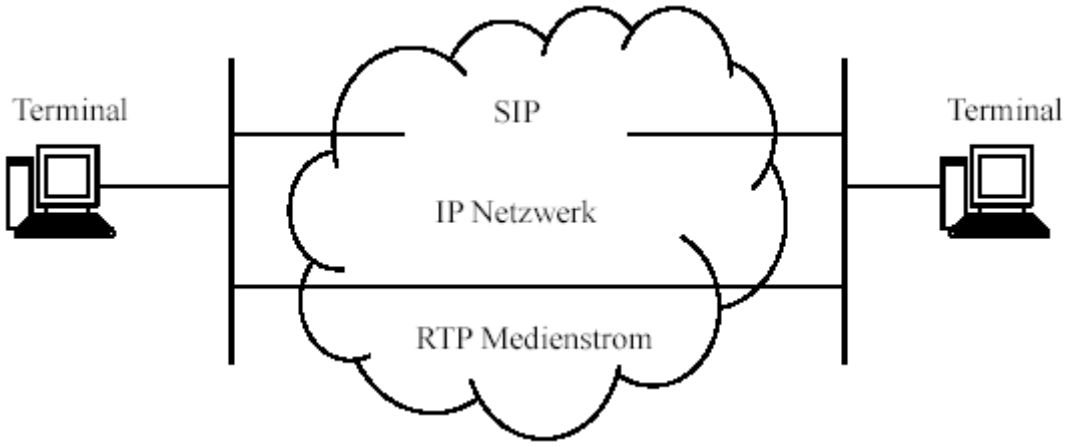


Abbildung 2.11: Trennung von Signalisierungs- und Mediendaten

Das SIP-Protokoll hat eine Client-Server-Struktur. D.h. der Client stellt eine Anfrage an den Server, der Server bearbeitet die Anfrage und schickt die Antwort an den Client zurück oder leitet die Anfrage an einen anderen Server weiter. (In diesem Fall spielt der Server in der Weiterleitung wieder die Rolle eines Clients.) Anschließend sendet er die vom anderen Server kommenden Antworten an den Client zurück.

2.4.3 SIP vs. H.323

Das erst im Jahre 1999 erstmals veröffentlichte SIP-Protokoll stellt eine ernstzunehmende Alternative gegenüber dem "älteren Bruder" H.323 für den Aufbau, die Kontrolle und die Terminierung für Multimediasitzungen dar.

In diesem Bereich gibt es bereits seit vielen Jahren zahlreiche Anwendungen, die auf H.323 aufgesetzt worden sind. Zum Beispiel die in der Windows-Welt recht bekannte Applikation "Netmeeting".

Viele Hersteller steigen jedoch momentan von H.323 auf SIP um. Die Gründe hierfür werden durch die folgende Gegenüberstellung beider Protokolle verdeutlicht.

Architektur

H.323 beschreibt nicht ein bestimmtes Protokoll, sondern ist eine monolithische Zusammenfassung von mehreren Protokollen, u. a. H.225 und H.245. Es definiert die Regeln für das Zusammenwirken dieser Protokolle. Die Architektur von H.323 ist vertikal. Die drei Signalisierungsgruppen gewährleisten verschiedene Aufgaben in einer Sitzung. Jede Änderung der Funktionalität in einer Signalisierungsgruppe hat unmittelbare Auswirkungen auf die anderen Signalisierungsgruppen. Somit ist die Erweiterung von Features einer Anwendung enorm aufwendig. Falls irgendein Fehler in einer Signalisierungsgruppe existiert, besteht sogar die Gefahr, dass die gesamte Anwendung nicht benutzbar wird.

Im Vergleich zu H.323 ist SIP ein speziell für die Multimediakommunikation entwickeltes Protokoll. Es hat eine modulare Architektur, wodurch die Erweiterbarkeit deutlich unproblematischer ist als bei H.323. Zum Beispiel kann die Information über die zu übertragenden Medien über SDP beschrieben und anschließend bei SIP in den Nachrichtenteil integriert werden, während bei H.323 eine solche Beschreibung in einer separaten H.245-Nachricht verfasst werden muss.

Codec-Unterstützung

Unter H.323 können nur Audio- und Video-Codecs nach den ITU-Standards verwendet werden. Eine solche Beschränkung gibt es bei SIP nicht. Da bei SIP die Codec-Informationen in SDP beschrieben werden können und damit keine dem Medienformat entsprechende Änderung in den SIP-Nachrichten gemacht werden muss, besteht nur das Problem, ob beide Gesprächsparteien über eine Applikation zur Bearbeitung der Medien verfügen. Deswegen sind mit SIP alle Codecs benutzbar.

Transport

Im Gegensatz zu H.323 kann SIP sowohl mit TCP als auch mit UDP arbeiten. Die Verwendung von UDP führt bei Paketverlusten zu einer geringeren Systembelastung. Somit ist UDP für den Transport von Echtzeit-Daten besser geeignet als TCP. Da TCP sicherstellt, dass die Pakete vollständig und in der richtigen Reihenfolge beim Ziel kommen, wird durch Paketverluste eine große Zeitverzögerung im Netz verursacht, was für Echtzeit-Kommunikation unerwünscht ist. UDP gewährleistet im Vergleich zu TCP keinerlei Sicherheit für ein erneutes Senden der verlorenen Pakete. Als Resultat ist nur eine bedingte Verschlechterung der Qualität festzustellen.

Bei H.323 muss der Gatekeeper, welches für das Routing von Gesprächen zuständig ist, für die Dauer des Gesprächs die Datenströme verarbeiten und bei mehreren Teilnehmern mehrere TCP-Verbindungen halten.

Im Vergleich dazu gibt es bei SIP keine Netzwerkkomponente, die unbedingt mit TCP arbeiten muss.

Konferenzmodell

Bei SIP kann jeder Benutzer Anfragen an Multicast-Adressen verschicken, ohne spezielle Netzwerkkomponenten zu benötigen. Im Vergleich dazu ist bei der Benutzung von H.323 für die Realisierung einer Mehrparteienkonferenz eine MCU oder eine MC sowie ein MP unverzichtbar.

Das Konferenzmodell ist somit bei SIP verteilt und bei H.323 zentralisiert. Obwohl mit Hilfe einer MCU eine dezentralisierte Konferenz auch beim H.323-Standard realisiert werden kann, wird dieses "dezentralisierte" Modell zerstört, falls die MCU die Konferenz verlässt.

3 Grundsätzliche Problemstellungen beim VoIP-Einsatz

Dieses Kapitel soll die grundsätzlichen Problemkreise darstellen, die sich bei der Planung und dem Einsatz von VoIP (bei jeder Einsatzvariante) ergeben.

Wenn man sich als Unternehmen für den Einsatz eines VoIP-Systems entscheidet, bedeutet dies, dass von bisher gewohnten Standardkonfigurationen hinsichtlich TK- und Netzwerk-Technologie abgewichen werden muss.

Bei der klassischen TK-Technik wurde das gesamte Design des TK-Netzes von der TK-Anlage selbst bestimmt, d.h. es war prinzipiell egal, welche Endgeräte verwendet werden und wie das Leitungsnetz strukturiert ist. Hauptsache war, dass (mindestens) ein Kupferadernpaar zum Endgerät vorhanden war.

3.1 Grundsätzliche Problematik

VoIP bedeutet, dass die Sprachendaten über ein IP-Datennetz (Internet) geleitet werden. IP-basierte Netze verwenden Nachrichtenvermittlung (message switching, store-andforward) als grundlegendes Vermittlungsverfahren und sind deswegen verbindungslos.
Hierbei nimmt jedes Transitsystem entlang des Weges die komplette Nachricht entgegen und speichert diese zwischen. Falls das nächste Wegstück nicht belegt ist, wird die Nachricht weitergesendet, sonst muss gewartet werden, bis dieses Wegstück frei ist. Das Prinzip der Nachrichtenvermittlung ist in Abbildung 3.1dargestellt.

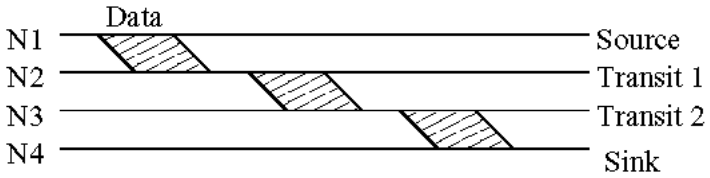


Abbildung 3.1: Prinzip der Nachrichtenvermittlung

Demgegenüber wird bei herkömmlicher TK-Technologie Leitungsvermittlung (Durchschaltung, circuit switching) verwendet.
Das bedeutet, dass das Verbindungsaufbausignal gemäß eines Wegewahlalgorithmus durch das Netz zum Zielsystem geleitet wird. Es teilt dabei den Transitsystemen den Ressourcenbedarf mit. Nach einer positiven Quittung steht für die gesamte Verbindungszeit ein dedizierter Übertragungskanal zur Verfügung (verbindungsorientiert). Abbildung 3.2 zeigt dieses Prinzip:

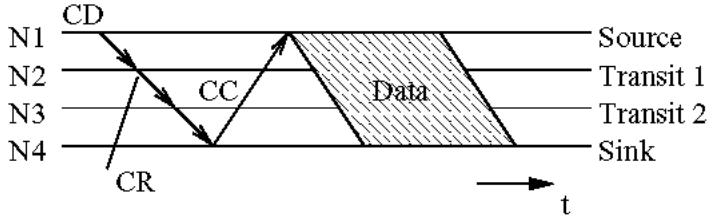


Abbildung 3.2: Prinzip der Leitungsvermittlung

Erläuterung der Bezeichnungen:
CD: Connection delay: Wegewahl und Warten auf freien Port
CR: Connection Request
CC: Connection Confirm

Somit stellt VoIP die Herausforderung dar, die Charakteristika eines verbindungsorientierten Netzes in einem verbindungslosen Netz zu bieten.

Es ergibt sich nämlich die Problematik, dass die Sprachdaten im IP-Netz nicht von dem sonstigen Datenverkehr zu unterscheiden.
Telefonie stellt nämlich folgende Anforderungen für eine ordnungsgemäße Sprachqualität:

- Dauer des Verbindungsaufbaus: die Zeit, die von der Anforderung einer Verbindung bis zum Eintreffen der Bestätigung beim Benutzer des Transportdienstes benötigt wird (einige Zehntelsekunden).
- Durchsatz: gibt an, wieviele Bytes bzw. Bits pro Sekunde übertragen werden können. Bei digitaler TK-Technik sind es pro B-Kanal 64 kbps.
- Jitter: Abweichung der einzelnen Übertragungszeit vom Mittelwert aller Übertragungszeiten. Im Telefonbereich sollte die Abweichung vom Mittelwert nicht mehr als 20-30 ms betragen, da sonst Qualitätseinbußen bei den Sprachdaten auftreten (es ist unmöglich, länger als eine bestimmte Zeitspanne auf verspätet eintreffende Pakete zu warten, da sonst die bidirektionale Echtzeitkommunikation gestört wird; verspätete Pakete sind daher zu verwerfen). Somit gilt grundsätzlich: Je kleiner der Jitter, desto besser.
- Übertragungsverzögerung: Die vom Sendemoment bis zum Empfang der Nachricht benötigte Zeitspanne. Hinsichtlich des Mediums ist dieses Kriterium (fast) egal, da auf jedem Medium die Daten immer mit einem hohen Prozentsatz der Lichtgeschwindigkeit übermittelt werden (etwa 70-80 % der Lichtgeschwindigkeit). Hinsichtlich der Vermittlungskomponenten spielt die Übertragungsverzögerung aber eine große Rolle, da mit zunehmender Zahl dieser Komponenten die Übertragungsverzögerung zunimmt (dieser Effekt basiert darauf, dass die Vermittlungskomponenten eine gewisse Verarbeitungszeit benötigen). Außerdem ist zu berücksichtigen, mit welchem zugrunde liegenden Algorithmus die Vermittlung erfolgt.

Diese Anforderungen stellen für ein verbindungsloses Netz, wie es die Internettechnologie darstellt, eine große Herausforderung dar, da sie nach dem „Best-Effort"-Prinzip arbeitet, d.h. alle Datenpakete werden (ohne irgendeine Vorrangbehandlung durchführen zu können), in der Reihenfolge des Eingangs bearbeitet und weitergeleitet. Somit kann nicht garantiert werden, wann alle Nachrichten ihr Ziel erreichen.
Dies ist natürlich hinsichtlich der beim Telefonverkehr (und sonstiger bidirektionaler Echtzeitkommunikation) immanenten Bedingung eines minimalen Jitters nicht tolerierbar.

3.2 Einsatz einer Quality-of-Service-Architektur

Die in 3.1 aufgezeigten zeitkritischen Anforderungen zwingen die Betreiber von VoIP-Systemen dazu, sich hinsichtlich der Sicherstellung dieser Kriterien festzulegen. Hierzu gibt es einige Lösungsmöglichkeiten:

Erster Ansatz ist der Einsatz einer Overprovisioning-Strategie, d.h. die Bandbreite aller Verbindungen wird überdimensioniert, sodass keine Verzögerung in der Weiterleitung entstehen sollte. Diese Strategie sollte (wenn man sie überhaupt einsetzt) nur in Bereichen eingesetzt werden, in denen sichergestellt werden kann, dass hinsichtlich zur Verfügung stehender Bandbreite kein „Flaschenhals" existiert. Somit eignen sich hierfür Netzabschnitte, die unter eigener Verwaltung und Management stehen; man muss erwähnen, dass diese Strategie extrem risikobehaftet ist, da das Auftreten extrem hoher Datenraten („Bursts"), die die gesamte Bandbreite beanspruchen, nicht verhindert werden kann.
Größter Nachteil des Overprovisioning-Ansatzes sind aber die Kosten, die bei der Anmietung von Leitungsstrecken mit dieser Bandbreitenanforderung anfallen, wobei erwähnt werden

muss, dass diese laufenden Kosten nicht entstehen, wenn es sich um Leitungsstrecken handelt, die auf eigenem Territorium mit eigenen Mitteln verlegt sind und betrieben werden.

Zweiter Ansatz ist der Einsatz einer Quality-of-Service(QoS)-Architektur; in der IP-Welt gibt es hierfür derzeit zwei grundlegende Technologien:

- Integrated Services (IntServ): Reservierung und garantierte Bereitstellung der benötigten Ressourcen
- Differentiated Services (DiffServ): Vorrangbehandlung einiger Datenpakete bzw. Datenströme

Zu beiden Verfahren ist anzumerken, dass sie (insbesondere) für große Umgebungen noch keine vollkommene Lösung sind, da die erwähnten Probleme immer noch auftreten können, dass mit ihnen aber erste Ansätze zur Vorrangbehandlung in IP-Netzen gemacht sind.

Für beide Verfahren ist es nötig, alle vorkommenden Datenströme in Kategorien aufzuteilen, also eine Klassifizierung vorzunehmen.
Bei VoIP ist eine Einteilung in folgende Kategorien sinnvoll:

- Sprachdaten des IP-Telefons (UDP)
- Signalisierungs- und sonstige Steuerdaten (TCP)
- daneben existiert noch der Datenverkehr der sonstigen Netzteilnehmer

Weitere Einzelheiten über QoS-Architekturen sowie IntServ und DiffServ sind [DK02] und [CR02] zu entnehmen.

3.3 Paradigmenwechsel

Beim Einsatz von VoIP ändern sich im Vergleich zu klassischer TK-Technologie einige Aspekte grundlegend:

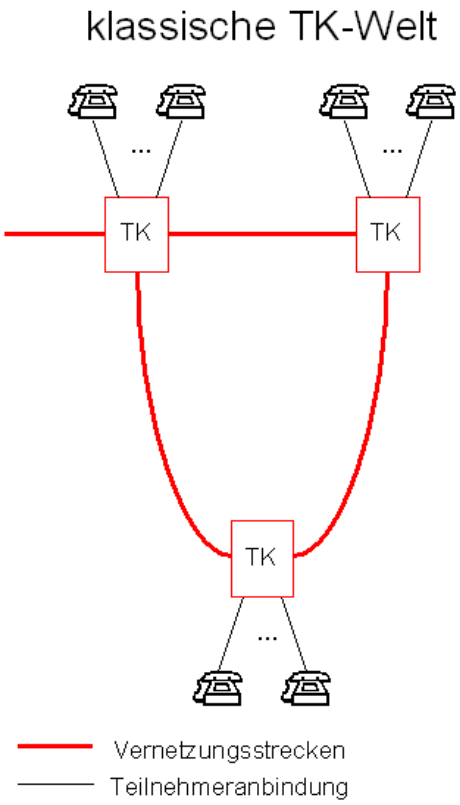


Abbildung 3.3: Aufbau klassischer TK-Technik

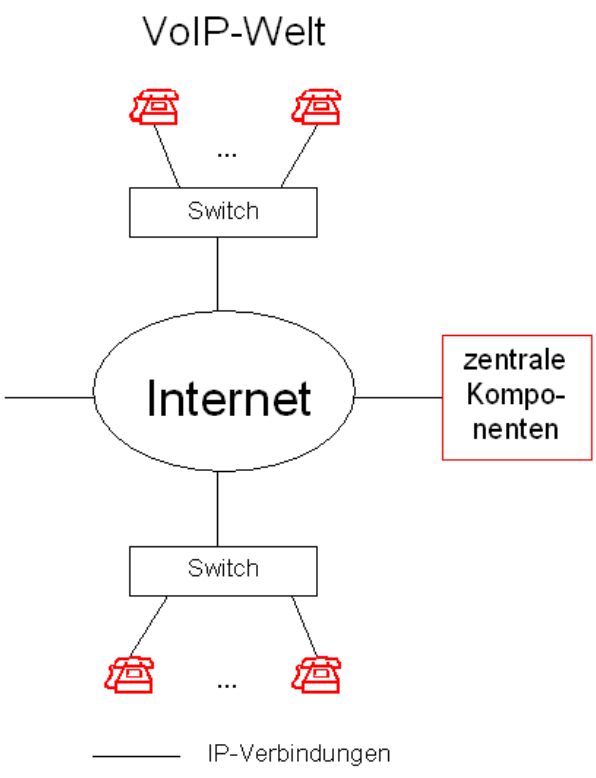


Abbildung 3.4: VoIP-Aufbau

Hinweis: In den beiden Abbildungen sind die „intelligenten“ Komponenten jeweils in rot dargestellt.

Bei klassischer TK-Technik liegt die eigentliche Intelligenz des gesamten Netzes in den TK-Anlagen und den Vernetzungsstrecken, d. h. der gesamte Informationsaustausch des Systems geschieht durch Signalisierung über die Vernetzungsstrecken (siehe Abbildung 3.3). Die Endgeräte (also z. B. Telefone) spielen hierbei keine Rolle, in ihnen sind keinerlei Konfigurationsdaten und sonstige relevanten Informationen (wie z. B. Kurzwahllisten, ...) gespeichert. Dies ist alles in der TK-Anlage hinterlegt. Das bedeutet auch, dass bei einem Austausch des Endgeräts nichts konfiguriert werden muss.

Demgegenüber befindet sich die gesamte Intelligenz eines VoIP-Systems zum einen in den zentralen Komponenten (Gatekeeper, etc.) und zum anderen in den IP-Telefonen. Dies bedeutet, dass die IP-Telefone deutlich aufgewertet wurden (sie stellen nun ein vollwertiges Datenendgerät dar), was durch die Verbindungslosigkeit und Nachrichtenvermittlungstechnik eines IP-Netzes bedingt ist. Durch diese funktionale Aufwertung der IP-Telefone zum Datenendgerät ergibt sich als Folgerung, dass auch diese Geräte gemanagt werden müssen, was hinsichtlich des laufenden Betriebs Aufwand hinsichtlich der Quantität und Komplexität der zu managenden Endgeräte nach sich zieht.

Das bedeutet im Gegenzug, dass das IP-Netz keine telefoniespezifischen Aufgaben übernehmen muss (einem IP-Paket ist nicht per se anzusehen, ob es Sprachdaten oder sonstigen Datenverkehr enthält).
Im Gegensatz zur klassischen TK-Technik geschieht die Signalisierung bei VoIP nicht über TK-Anlagen bzw. zentralen Systeme, sondern direkt zwischen den beteiligten Endgeräten (einige zentrale Aufgaben wie Abrechnungsmanagement müssen bei den zentralen Komponenten verbleiben).

Somit stehen sich mit beiden Systemen diametral unterschiedliche Ansätze gegenüber, die miteinander verzahnt bzw. integriert werden müssen, da ein kompletter Umstieg meistens nicht möglich ist. Diese Integration bringt somit große Problemfelder, von denen ein Teil in den nächsten Abschnitten angesprochen wird.

3.4 Integration in bestehende Systemverbünde

Bei der Integration eines VoIP-Systems in eine bestehende TK-Infrastruktur müssen zwei grundlegend verschiedene Philosophien miteinander gekoppelt werden (siehe 3.1 und 3.3).

Allgemein gefasst bietet die Integration in einen Systemverbund unterschiedliche Integrationstiefen, wobei jeder der folgenden Aspekte in einem weitem Spektrum von voller Integration bis Separation weite Spielräume lässt:

- Integration in die vorhandene Hardware
- Integration in die Funktionalität des Systemverbunds
- Integration in das Management des Systemverbunds

Die wichtigsten Merkmale hierbei sind:

- Eine der wichtigsten Anforderungen hierbei ist die Aufrechterhaltung der bisher am häufigsten genutzten Leistungsmerkmale, da die verwendete Technologie für die Nutzer transparent sein soll. Voraussetzung hierfür ist ein standardisiertes Signalisierungsprotokoll. Dies bedeutet, dass bei Systemen verschiedener Hersteller ein Signalisierungsprotokoll verwendet werden muss, das die beteiligten Systeme verarbeiten können. Zu diesem Zweck wurde Q.SIG konzipiert und entwickelt; genaue Ausführungen hierzu sind in 2.3 ersichtlich.
- Ein weiterer bei dieser Problemstellung hinsichtlich von Synergieeffekten (Konfigurations- und Pflegeaufwand - allgemeiner: Managementaufwand – sowie

Kosteneinsparung bei einmaligen Kosten) zu beachtender Punkt ist die Einbeziehung bereits vorhandener zentraler Komponenten, wie z. B.:
    - Telefonvermittlung
    - Ansagedienste
    - Unified-Messaging-System
- Außerdem muss das System hinsichtlich LCR-Tabellen und Teilnehmerberechtigungen voll in den bestehenden TK-Verbund eingebunden werden können (so muss es z. B. möglich sein, bestimmte Nummerngruppen (wie 0190/0900er-Vorwahlen) anlagenweit oder auch teilnehmerbezogen sperren zu können). Das bedeutet, dass alle bisherigen Standards und Vorgaben auch bei dem VoIP-System möglich sind.

3.5 Migrationsszenarien

Einen weiteren Problemkreis beim Einsatz von VoIP stellt die Migration vorhandener TK-Systeme dar. Oberste Maxime bei einer Migration ist, dass die Telefonfunktionalität möglichst lange zur Verfügung steht, d. h. Mitarbeiter, Kunden und sonstige Personen sollten nicht bemerken, dass die TK-Technik geändert worden ist.

Für eine Migration gibt es grundsätzlich zwei Szenarien:
- „Big bang“: Umstellung des Systems (bzw. größerer Einheiten eines Verbundnetzes) auf einmal
- gleitende Umstellung: Migration „Teilnehmer für Teilnehmer“

Der Hauptvorteil der ersten Alternative besteht darin, dass zu keinem Zeitpunkt ein Parallelbetrieb des alten und neuen Systems notwendig ist. Nachteilig ist die Unterbrechnungsdauer bei der Migrationsdurchführung, die bei kritischen Systemen nicht eintreten darf. Eine solche Umstellung sollte (wenn es aus betrieblicher Sicht möglich ist) auf arbeitsfreie Tage gelegt werden.

Der Hauptvorteil der gleitenden Umstellungsphase besteht in der garantierten Verfügbarkeit des Telefondienstes, wohingegen im Umstellungszeitraum ein Parallelbetrieb von mehreren Systemen und ein höherer Personaleinsatz durch die schrittweise Migration notwendig ist.

Vor der Durchführung einer Migration wird dringend empfohlen, einen Praxistest mit einer kleinen (erfahrenen) Benutzerzahl durchzuführen, der die gröbsten Problemfelder im voraus identifizieren und beseitigen hilft.

Die Entscheidung für eine der beiden Migrationsstrategien muss aber auf jeden Fall spezifisch je Unternehmen getroffen werden. Eine generelle Empfehlung kann hier nicht gegeben werden.

Die bisher behandelten Kapitel haben zum einen Konzepte und Standards im TK- und VoIP-Bereich erläutert und allgemeine Problemstellungen beim Einsatz von VoIP aufgezeigt.

In den folgenden Kapiteln folgt nun die konkrete Anwendung auf die spezifische Projektstellung der BMW AG.

4 Spezifische Anforderungen der BMW AG an ein VoIP-System
...

4.1 Allgemeines
...

4.2 Angaben zur Werksstruktur und Verkabelung
...

4.3 Beschreibung des Voice-Systems
...

4.4 Vorgestellte Lösungen
...

5 Testkriterien
...

6 Aufbau der Testumgebungen
...

7 Funktionalitätstests
...

7.1 Hardwarekomponenten
...

7.2 Leistungsmerkmale
...

7.3 Integration in die vorhandene Infrastruktur
...

8 Management und Betrieb
...

8.1 Managementarchitekturen
...

8.2 Konfigurationsmanagement
...

8.3 Fehlermanagement
...

8.4 Accountingmanagement
...

8.5 Performancemanagement
...

8.6 Sicherheitsmanagement
...

9 Bewertung
...

9.1 technologische Bewertung
...

9.2 wirtschaftliche Bewertung

...

10 Fazit

...

A. Q.SIG Leistungsmerkmale

QSIG Service Name (english)	QSIG Service Name (deutsch)	ECMA name	ECMA Standard and date of publication	ETSI Standard and date of publication	ISO/IEC Standard and date of publication
Basic Call (64kb/s unrestricted, 3.1kHz audio and speech bearer services)	Basisverbindung (64kb/s unbeschränkt, 3.1kHz Audio- und Sprachübertragung)	BC	ECMA-143 3. edition Juni 1997	EN 300 172 v1.4.1 September 1997	ISO/IEC 11572 2. edition 1997
Calling Line Identification Presentation	Anzeige der Rufnr. des rufenden Teilnehmers	CLIP	ECMA-148 3. edition Juni 1997	ETS 300 173 2. edition Mai 1996	ISO/IEC 14136 1995
Connected Line Identification Presentation	Anzeige der Rufnr. des verbundenen Teilnehmers	COLP	ECMA-148 3. edition Juni 1997	ETS 300 173 2. edition Mai 1996	ISO/IEC 14136 1995
Calling / Connected Line Identification Restriction	Unterdrückung der Rufnr. des rufenden / verbundenen Teilnehmers	CLIR / COLR	ECMA-148 3. edition Juni 1997	ETS 300 173 2. edition Mai 1996 Note 1	ISO/IEC 14136 1995
Calling Name Identification Presentation	Anzeige des Namens des rufenden Teilnehmers	CNIP	ECMA-164 3. edition September 1997	ETS 300 237 2. edition Mai 1996 ETS 300 238 2. edition Nov. '95	ISO/IEC 13868 1995
Connected Name Identification Presentation	Anzeige des Namens des verbundenen Teilnehmers	CONP	ECMA-164 3. edition September 1997	ETS 300 237 2. edition Mai 1996 ETS 300 238 2. edition Nov. '95	ISO/IEC 13868 1995
Calling / Connected Name Identification Restriction	Unterdrückung des Namens des rufenden / verbundenen Teilnehmers	CNIR	ECMA-164 3. edition September 1997	ETS 300 237 2. edition Mai 1996 ETS 300 238 2. edition Nov. '95	ISO/IEC 13868 1995
Generic Functional Procedures	Basisfunktionen für Leistungsmerkmale	GFP	ECMA-165 3. edition Juni 1997	ETS 300 239 2. edition Nov. '95	ISO/IEC 11582 1995
Call Forwarding Unconditional	Rufweiterschaltung ständig / sofort	CFU	ECMA-174 2. edition Juni 1997	ETS 300 256 2. edition Mai 1996 ETS 300 257 2. edition Nov. '95	ISO/IEC 13873 1995
Call Forwarding Busy	Rufweiterschaltung bei Besetzt	CFB	ECMA-174 2. edition Juni 1997	ETS 300 256 November 1993 ETS 300 257 2. edition Nov. '95	ISO/IEC 13873 1995
Call Forwarding No Reply	Rufweiterschaltung im Freifall	CFNR	ECMA-174 2. edition Juni 1997	ETS 300 256 November 1993 ETS 300 257 2. edition Nov. '95	ISO/IEC 13873 1995
Call Deflection	Rufweiterschaltung während des Rufes	CD	ECMA-174 2. edition Juni 1997	ETS 300 256 November 1993 ETS 300 257 2. edition Nov. '95	ISO/IEC 13873 1995
Path Replacement	Wegeoptimierung	PR	ECMA 176 2. edition September 1997	ETS 300 258 2. edition May 1996 ETS 300 259 2. edition Nov. '95	ISO/IEC 13874 1995
Call Transfer	Umlegen	CT	ECMA-178 2. edition September 1997	ETS 300 260 2. edition Mai 1996 ETS 300 261 2. edition Nov. '95	ISO/IEC 13869 1995
Call Completion to Busy Subscriber	Automatischer Rückruf bei Besetzt	CCBS	ECMA-186 2. edition Juni 1997	ETS 300 365 2. edition Mai 1996 ETS 300 366 2. edition Nov. '95	ISO/IEC 13870 1995
Call Completion on No Reply	Automatischer Rückruf bei Frei	CCNR	ECMA-186 2. edition Juni 1997	ETS 300 365 2. edition Mai 1996 ETS 300 366 2. edition Nov. '95	ISO/IEC 13870 1995

QSIG Service Name (english)	QSIG Service Name (deutsch)	ECMA name	ECMA Standard and date of publication	ETSI Standard and date of publication	ISO/IEC Standard and date of publication
Call Offer	Anklopfen	CO	ECMA-192 3. edition Juni 1997	EN 300 362 v1.2.1 März 1999	ISO/IEC 14843 1996
Do Not Disturb / Override	Ruhe vor dem Telefon / Aufheben	DNDO	ECMA-194 3. edition Juni 1997	EN 300 364 v1.2.1 März 1999	ISO/IEC 14844 1996
Call Intrusion	Aufschalten	CI	ECMA-203 3. edition Juni 1997	EN 300 426 v1.2.1 März 1999	ISO/IEC 14846 1996
Advice of Charge, Start of Call	Gebührensanzeige vor der Verbindung	AOC-S	ECMA-212 2. edition Juni 1997	EN 301 264 v1.1.1 Oktober 1998	ISO/IEC 15050 1997
Advice of Charge, During Call	Gebührensanzeige während der Verbindung	AOC-D	ECMA-212 2. edition Juni 1997	EN 301 264 v1.1.1 Oktober 1998	ISO/IEC 15050 1997
Advice of Charge, End of Call	Gebührensanzeige nach der Verbindung	AOC-E	ECMA-212 2. edition Juni 1997	EN 301 264 v1.1.1 Oktober 1998	ISO/IEC 15050 1997
Recall	Rückruf	RE	ECMA-214 2. edition Juni 1997	EN 301 258 v1.1.1 Oktober 1998	ISO/IEC 15052 1997
Call Interception	Abhören	CINT	ECMA-221 2. edition Juni 1997	EN 301 265 v1.1.1 Oktober 1998	ISO/IEC 15054 1997
Transit Counter	Anzahl der Übermittlungsknoten	TC	ECMA-225 2. edition Juni 1997	EN 301 048 v1.1.1 September 1997	ISO/IEC 15056 1997
Message Waiting Indication	Briefkastenlampe	MWI	ECMA-242 2. edition September 1997	EN 301 255 v1.1.1 Oktober 1998	ISO/IEC 15506 1997
Common Information	Allgemeine Informationen	CMN	ECMA-251 2. edition Dezember 1998	EN 301 820 v1.1.1 Oktober 2000	ISO/IEC 15772 1998
Call Priority Interruption / Protection	Anrufprioritätsunter-brechung / -schutz	CPIP	ECMA-264 2. edition Dezember 1998	EN 301 656 v1.1.1 August 1999	ISO/IEC 15992 1998
PUM (Personal User Mobility) Registration	PUM (Personal User Mobility) Registrierung	PUMR	ECMA-282 3. edition Dezember 2001	EN 301 821 v1.1.1 Oktober 2000	ISO/IEC 17876 2000
PUM (Personal User Mobility) Call Handling	PUM (Personal User Mobility) Anrufhandling	PUMCH	ECMA-284 3. edition Dezember 2001	EN 301 657 v1.2.1 Juni 2003	ISO/IEC 17877 2000

Quelle: www.qsig.ie/qsig/updates/index.htm

B. Abkürzungsverzeichnis

a/b	Bezeichnung für analoge Ports
CCITT	Comité Consultatif International de Téléphonie et Télégraphie (Teil der ITU)
DSS1	Digital Signalling System Number 1
GDE	Gesprächsdatenerfassung
GDV	Gesprächsdatenverarbeitung
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IEEE	Institue of Electrical and Electronic Engineers
IETF	Intenet Engineering Task Force
ISDN	Integrated Services Digital Network
ITU	International Telecommunications Union
LCR	Least Cost Routing
MGCP	Media Gateway Control Protocol
PBX	Private Branch Exchange
PCM	Pulscodemodulation: Verfahren zur Sprachdigitalisierung
POTS	Plain Old Telephone System
PSTN	Public Switched Telephone Network (öffentliches Telefonnetz)
Q.SIG	Q-Interface Signalling Protocol
Q.931	D-Kanal-Signalisierungsprotokoll der ITU
TDM	Time Division Multiplexing – Zeitmultiplexverfahren
U_{P0}-Schnitstelle	proprietäre Schnittstelle zur Teilnehmersignalisierung

C. Literaturverzeichnis

[CR02] Mara Clerico, Anja Ranft, Dienstgüte in Class-of-Service-Architekturen, Seminarvortrag im Hauptseminar “Aktuelle Trends in Kommunikationsnetzen”, WS 2002/2003

[DK02] Andreas Dirscherl, Csaba Korényi, Dienstgüte in Quality-of-Service-Architekturen, Seminarvortrag im Hauptseminar “Aktuelle Trends in Kommunikationsnetzen”, WS 2002/2003

[HEG99] Heinz-Gerd Hegering, Sebastian Abeck, Bernhard Neumair, Integriertes Management vernetzter Systeme, 1. Auflage, 1999, dpunkt-Verlag

[SIE03] Siemens AG, Teilbereich ICN, Online-Lexikon (http://w3.siemens.de/solutionprovider/_online_lexikon/)

[SIE04] Siemens AG, Teilbereich ICN, Präsentation "Q.SIG – Das Protokoll für heterogene Netze", 03/1999

[TAN00] Andrew S. Tanenbaum, Computernetzwerke, 3. Auflage, 2000, Pearson Studium-Verlag

[ZX03] L. Zhang, X. Xu, H.323 und SIP - Internetprotokolle für die Multimediakommunikation, 2003