



Kopplung von TK-Anlagen über ein IP-Netz

Eduard Siemens, Helmut Pralle

Lehrgebiet Rechnernetze und Verteilte Systeme (RVS)
Universität Hannover
siemens@rvs.uni-hannover.de

Zusammenfassung Dieser Artikel beschreibt einige Aspekte der Kopplung von Telekommunikationsanlagen über das Gigabit-Wissenschaftsnetz (G-WiN). Derartige Realisierungen ermöglichen eine kostengünstige Nutzung vorhandener IP-Infrastruktur für die Echtzeit-Sprachübertragung. Es wird ein Rahmenwerk für derartige Kopplungen dargestellt. Ferner werden die in diesem Zusammenhang entstehenden Quality of Service- und Verfügbarkeitsprobleme des Dienstes erläutert.

1 Motivation und Voraussetzungen für die Kopplung von TK-Anlagen über ein IP-Netz

Die in vielen Einrichtungen eingesetzten Telekommunikationsanlagen (TK-Anlagen) sind in aller Regel an das öffentliche Netz des lokalen Netzbetreibers angeschlossen. Eines der wesentlichen Merkmale solcher Anlagen ist, dass Telefonate zwischen einzelnen angeschlossenen Teilnehmern keine zeitabhängigen Kosten verursachen. Desweiteren besteht die Möglichkeit zur Kopplung mehrerer TK-Anlagen über Querverbindungen. Eine grundlegende Voraussetzung für eine derartige Kopplung ist die Verfügbarkeit von Leitungen, über die eine synchrone Übertragung von $nx144\text{ kbps}$ (S_0) bzw. $nx2\text{ Mbps}$ (S_{2M}) digitaler Kanäle möglich ist. Realisiert man eine derartige Kopplung standortübergreifend, so sind die Kosten für diese Standleitung oft ausschlaggebend.

Unternehmen und Organisationen setzen für den Datenaustausch zunehmend IP-Netze ein. Dabei übertreffen die Anforderungen an Datenrate für den Datentransfer in der Regel vielfach die benötigte Datenrate für Sprachverbindungen. Bei der Nutzung des Inter- bzw. Intranets zur Sprachübertragung ist wegen unterschiedlicher Tagesverlaufs-Statistiken zwischen Telefon- und Datenverkehr durchaus ein Gewinn durch das statistische Multiplexen dieser Ströme erreichbar. Folglich verspricht die Nutzung eines IP-Netzes für die Realisierung von Querverbindungen zwischen TK-Anlagen wirtschaftliche Vorteile.

2 Das Strukturmodell einer VoIP-Kopplung

Querverbindungen zwischen TK-Anlagen werden in Europa in der Regel mit Hilfe des QSig-Protokolls realisiert. QSig ist ein Mitte der 80-er Jahre entstandenes Signalisierungsprotokoll, auf dem sich mehrere große Hersteller von TK-Anlagen geeinigt haben. Dieses ist dem EDSS1-Protokoll der ITU-T [1] und ETSI [2] ähnlich, sollte aber zusätzliche Leistungsmerkmale für die Teilnehmer bereitstellen. Das Protokoll enthält aber viele Freiheitsgrade für proprietäre Implementierungen. Im Wesentlichen kann man zwischen 3 Teilen des Qsig-Protokolls unterscheiden:



1. **QSig - Basic Call (QSig BC).** Dieser Teil des Protokolls kontrolliert den rudimentären Verbindungsauf- und -abbau samt Wegewahl. Alle QSig-unterstützenden Anlagen müssen QSig BC implementiert haben.
2. **QSig Generic Functions (QSig GF).** Die Generic Functions beschreiben das Rahmenformat für die Übermittlung von herstellerspezifischen Leistungsmerkmalen. Somit können unterschiedliche Anlagen Rufe untereinander vermitteln und unbekannte Leistungsmerkmale lediglich tunnelt.
3. **Herstellerspezifische Funktionen.** Es gibt eine Reihe weiterer Leistungsmerkmale, die jeweils von einzelnen Herstellern vorgeschlagen und realisiert werden. Diese Merkmale werden nur unterstützt, wenn auf dem gesamten Pfad zwischen den Kommunikationsendpunkten Vermittlungsknoten derselben Herstellers installiert sind.

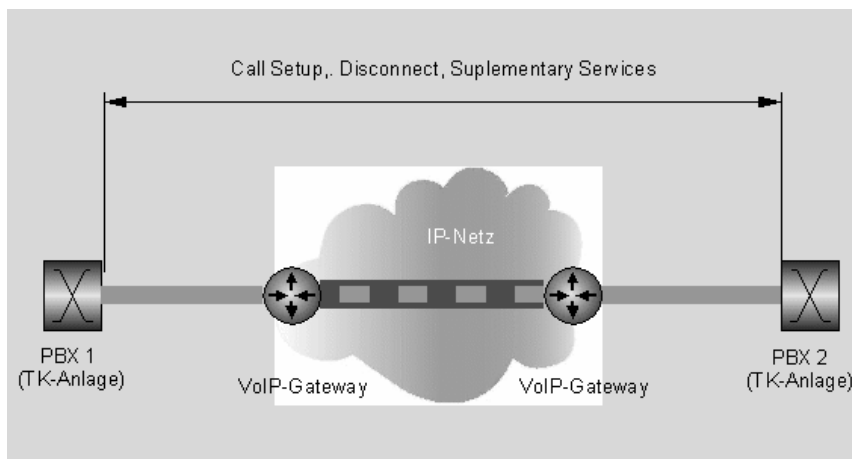


Abbildung 1. IP-Netz als transparente Übertragungsstrecke

Das Kernstück einer Voice over IP-Kopplung ist ein Voice-over-IP-Gateway (VoIP-Gateway). Seine Hauptaufgabe ist es, einen synchronen Sprachdatenstrom in einen asynchronen Paketstrom umzuwandeln. Da der Sprach-Datenstrom hohe Anforderungen an die Dienstgüte des IP-Netzes stellt, sind in der Regel zusätzliche QoS-Maßnahmen im Netz vorzunehmen. Es können – müssen aber nicht zwangsläufig – zusätzliche QoS-Mechanismen im VoIP-Gateway implementiert werden. In Abhängigkeit vom gewählten Modell der Kopplung können zusätzliche ISDN-Funktionalitäten der Schicht 3 des OSI-Modells im VoIP-Gateway realisiert werden.

Nachfolgend werden die drei mögliche Strukturmodelle beschrieben. Danach werden einzelne Aspekte einer solchen Realisierung diskutiert bzw. die Ergebnisse einer praktischen Realisierung erörtert.

1. Das IP-Netz wird als bittransparente digitale Übertragungsstrecke benutzt, siehe Bild 1. Es wird im Gateway weder die Signalisierung ausgewertet noch eine Wegewahl

getroffen. Außerdem hat das Gateway in diesem Fall keine Kenntnis über die Art der zu übertragenen Daten. Folglich kann keine Kompression dieser Daten vorgenommen werden. Es kann auch keine Rücksicht auf den Zustand der IP-Strecke bei der Wegegwahl in der TK-Anlage getroffen werden. Diese Kopplungsart ist vom Protokollablauf simpel und kann am einfachsten realisiert werden. Die bei der Kommunikation beteiligten TK-Anlagen behandeln das zwischenliegende Netz als eine Standleitung mit einer bestimmten Dienstgüte. Wesentliche Merkmale einer Verbindung sind die mittlere Laufzeit der Datenpakete, Jitter und die Häufigkeit der Paketverluste.

2. Bei einer Sprachübertragung in digitalen Telefonnetzen werden Abtastwerte des Sprachsignals alle $125 \mu s$ synchron auf die Leitung gegeben. Damit der Overhead im IP-Netz minimiert wird, werden mehrere Abtastwerte im VoIP-Gateway gepuffert und in ein IP-Paket eingekapselt. Zusätzlich können so gebildete Rahmen nach einem Verfahren komprimiert werden. Dadurch werden zusätzliche Verzögerungen verursacht. Die übliche Paketierungsverzögerung liegt bei 20-60 ms je Richtung. Diese Art der Kopplung ist unabhängig vom in den TK-Anlagen eingesetzten Signalisierungsprotokoll.
3. Das eingesetzte VoIP-Gateway ist am Verbindungsauf- und -abbau beteiligt, siehe Bild 2. Es verhält sich aus Sicht der TK-Anlagen wie ein zwischengeschalteter Vermittlungsknoten. Dafür muss in den Gateways der Qsig-Basic-Call implementiert sein. Alle Signalisierungsnachrichten, die zum Basic Call gehören, werden vom Gateway verarbeitet und ggf. beantwortet. Informationselemente der Generic Functions werden ohne Auswertung zum Endknoten durchgereicht. Diese Lösung weist folgende Vorteile gegenüber der ersten vor:

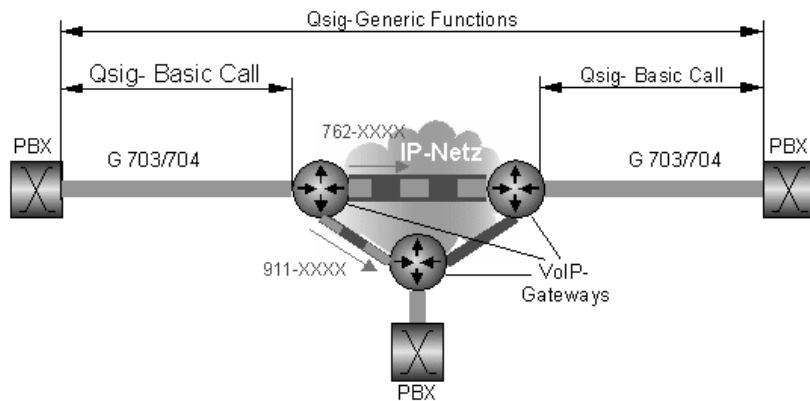


Abbildung 2. VoIP-Gateways als Vermittlungsknoten

- Es kann eine Wegewahl im IP-Netz anhand der gewählten Rufnummer vorgenommen werden.
 - Es kann eine “Least Cost Routing”- Funktionalität über das IP-Netz realisiert werden.
 - Die QoS-Parameter der IP-Strecke können überwacht werden. Sind bestimmte vorgegebene Grenzwerte überschritten, so wird versucht über alternative Wege eine Verbindung aufzubauen. Bestehende Verbindungen sind davon nicht betroffen.
 - Zusätzliche Leistungsmerkmale können über Generic Functions realisiert werden.
4. Ein Gateway kann den Sprachstrom komprimieren um mit einer geringeren Datenrate über das IP-Netz zu übertragen. Damit beim Einsatz komprimierender Codecs eine Faxübertragung ermöglicht wird, kann ein Fax-Relaying im Gateway realisiert werden. Für das Fax-Relaying existiert ein entsprechender ITU-Standard [9]. Derartige Voice-over-IP-Gateways besitzen in der Regel eine vollständige IP-Router-Funktionalität.

Bei der dritten Variante einer TK-Kopplung besitzt das VoIP-Gateway den vollen Funktionsumfang einer Vermittlungsstelle. Es können alle Leistungsmerkmale einer Telekommunikationsanlage an die Gegenstelle übermittelt werden. Solche Gateways sind in der Regel als Interface einer TK-Anlage realisiert. Da die speziellen Leistungsmerkmale in der Regel proprietär sind, können hierbei auch nur gleichartige Anlagen miteinander gekoppelt werden.

3 QoS-Aspekte einer VoIP-Realisierung

Wie bereits oben erwähnt, bietet das IP-Netz eine kostengünstige Infrastruktur zur Übertragung von Sprachdaten. Andererseits stellt die Übertragung von Sprachdaten hohe Anforderungen auf die Einhaltung bestimmter Dienstgüte. Einige davon sind in den Standards ITU-T G.113 und G.114 [3],[4] festgelegt. Besonders zu erwähnen sind hier die Paketverluste sowie die Verfügbarkeit des Dienstes. Die International Telecommunication Union gibt als Richtwert für die maximale Fehlerrate 2% an. Dabei geht man vom Verlust eines einzigen Samples (8Bit) aus. Geht dagegen ein IP-Paket auf der IP-Strecke verloren, so entsteht eine Lücke von 20 bis 60 ms im empfangenen Sprachsignal. Die Auswirkung solcher Burst-Fehler ist noch Gegenstand weiterer Untersuchungen.

Zur Einhaltung bestimmter Dienstgüte im IP-Netz können fortschrittliche QoS-Techniken wie IntServ samt RSVP bzw. DiffServ [5]-[7] eingesetzt werden. Es kann zum Beispiel mit Hilfe von RSVP vor einem Verbindungsaufbau die Verfügbarkeit der Ressourcen im gesamten IP-Netz auf der Strecke zwischen den Anlagen überprüft werden, siehe [10], Appendix II. Stehen nicht ausreichend Ressourcen im Netz zur Verfügung, so kann über eine entsprechende Nachricht im QSig [8] ein Rerouting der Telefonverbindung über alternative Strecken (z.B. über das öffentliche Telefonnetz) aktiviert werden.

Sowohl die IntServ- als auch die DiffServ-Architektur beeinflusst lediglich das Queueing in den Netzkomponenten. Sie haben keinerlei Auswirkung auf das IP-Routing im Netz. In der Realität finden aber in IP-Netzen mehr oder weniger kurzzeitige Unterbrechungen der Verbindungen durch Änderungen der Routen im Netz statt. Bei solchen “Störungen”

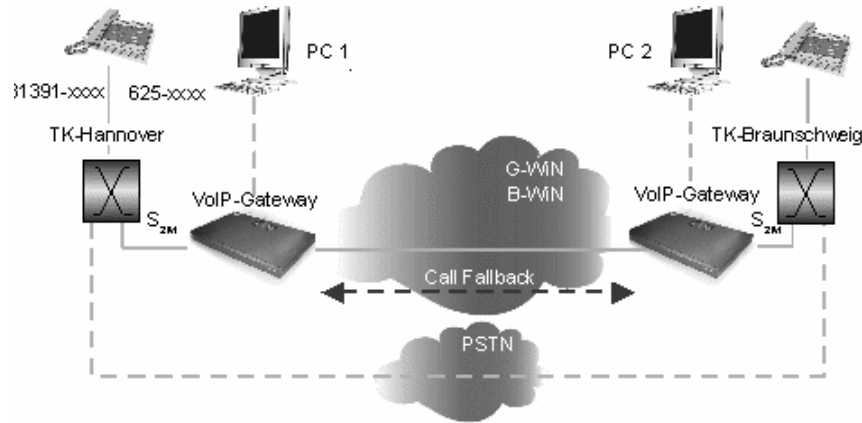


Abbildung 3. Strukturbild der TK-Anlagen-Kopplung zw. Hannover und Braunschweig

versagt sowohl das IntServ- als auch das DiffServ-Verfahren. Betreibt man Telefonverbindungen über das IP-Netz, so ist, nach unserer Auffassung, dafür Sorge zu tragen, dass die Umschaltzeiten bei Änderung der Routen deutlich unterhalb einer Sekunde liegen.

Kann eine gewisse Dienstgüte über die gesamte IP-Strecke nicht gewährleistet werden, so ist die Verbindungsqualität zwischen den Gateways zu überwachen und im Falle zu geringer Qualität ein Routing über alternative Wege in der TK-Anlage vorzunehmen.

4 Realisierung einer Kopplung zwischen der Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig

Nach dem im Abschnitt 2, Punkt 2 beschriebenen Modell ist eine Kopplung zwischen der Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig realisiert worden. Bild 3 zeigt das Strukturbild dieser Realisierung. Als VoIP-Gateways kommen Voice Ports der Firma Cisco Systems in den Routern Cisco 2611 bzw. 2621 zum Einsatz. Dabei agieren die VoIP-Gateways als zwischengeschaltete Vermittlungsknoten, siehe Bild 2. Das zwischenliegende G-WiN-Netz bietet eine hohe Dienstgüte durch Overprovisioning. Zur genaueren Überwachung der Strecke ist an jedem VoIP-Gateway zusätzlich ein PC angeschlossen. Zwischen den PCs wird dauerhaft ein synthetischer Sprachdatenstrom ausgetauscht und analysiert. Bilder 4 und 5 stellen beispielhaft die über 2,5 Tage aufgenommene Umlaufzeit-Auswertungen dar. Jeder Messpunkt stellt jeweils eine 5-minütige Charakteristik dar. Man kann also feststellen, dass die Laufzeiten zwischen den Gateways für eine Sprachübertragung vertretbar sind. Die Paketverluste lagen im selben Zeitraum im Mittel bei ca. 5×10^{-5} . Es traten aber Unregelmäßigkeiten in der Verfügbarkeit auf – an mehreren Tagen war die Gegenstelle über eine Dauer von 30 s bis 4-5 Minuten nicht erreichbar. Da es bei einem Overprovisioning-Prinzip keine Garantien der Verfügbarkeit bzw. der Qualität des Dienstes gibt, wurde eine Fallback-Lösung in den Gateway-Systemen implementiert. Dafür wird die Strecke zwischen den VoIP-Gateways überwacht und die Parameter

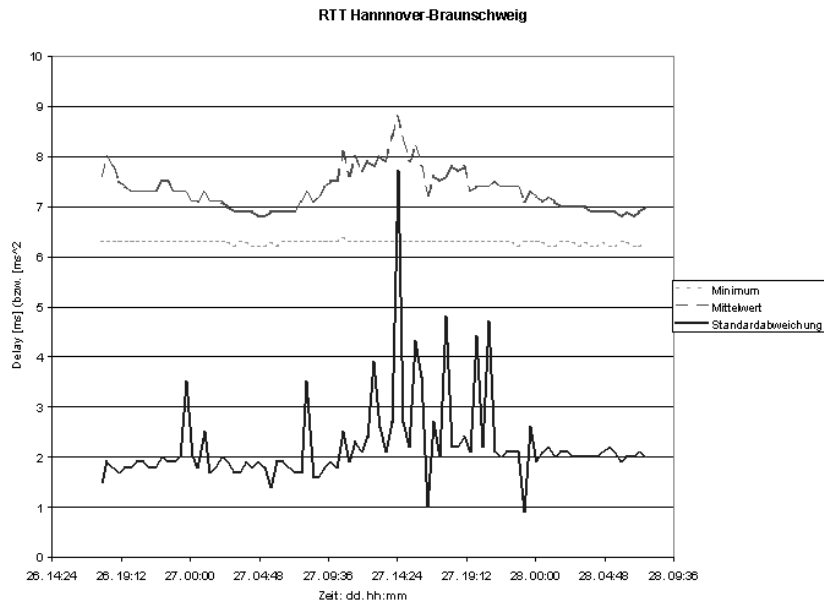


Abbildung 4. Minimale und mittlere Laufzeiten der Datenpakete

mit den konfigurierten Grenzwerten verglichen. Kommt eine neue Verbindungsanforderung an und es sind die Grenzwerte der Verzögerung bzw. der Verlustrate überschritten, so wird eine entsprechende Meldung an die TK-Anlage übermittelt, anhand welcher ein Verbindungsversuch über das öffentliche Telefonnetz vorgenommen wird. Verbessern sich die Parameter der Strecke so werden neue Verbindungsanforderungen wieder über das IP-Netz geroutet.

5 Zusammenfassung

Das dargestellte Modell zur Vernetzung von Telekommunikationsanlagen stellt eine kostengünstige Alternative zur Kopplung über Festverbindungen. Der Testbetrieb der Strecke zwischen Hannover und Braunschweig zeigt, dass auch ein Betrieb ohne einer im IP-Netz realisierten garantierten Dienstgüte möglich ist. In so einem Fall müssen aber zusätzliche Maßnahmen zur Überwachung sowie zur Umlenkung der Verbindungen vorgenommen werden. Desweiteren stellt die Übertragung von zeitkritischen Daten über das IP-Netz neue Herausforderungen bezüglich des Routing und des Netzmanagements an die Netzbetreiber. Steigt die Anzahl an Zeitkritischen Daten im IP-Netz, so ist die Einführung von QoS-Mechanismen im Netz zu erwägen.

Literatur

- [1] ITU-T, Rec. Q.921 "ISDN user-network interface - Data link layer specification", Sep.1997

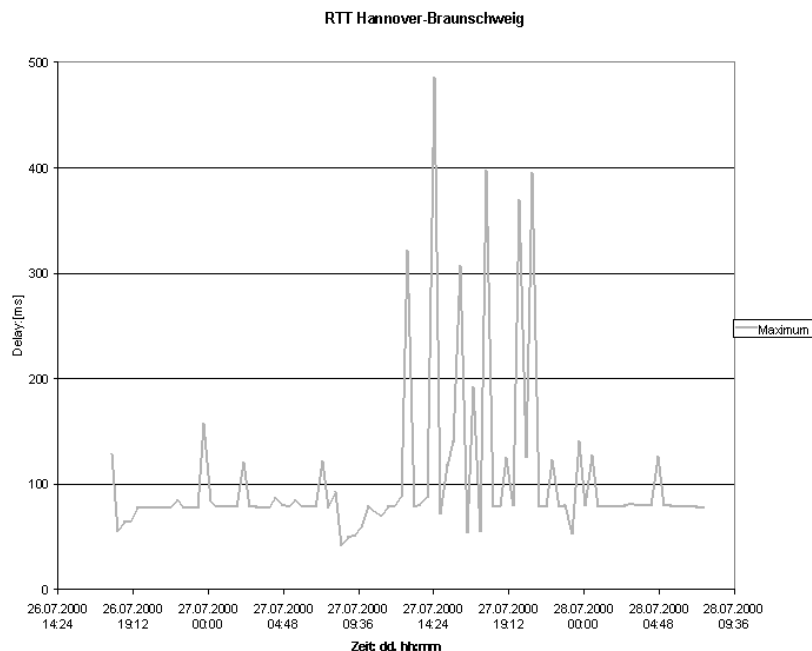


Abbildung 5. Maximale Laufzeiten der Datenpakete

- [2] ISDN-ETSI, www.etsi.org
- [3] ITU-T, Rec. G.113, "Transmission Impairments", Feb. 1996
- [4] ITU-T, Rec. G.114, "One-Way Transmission Time", Feb. 1996
- [5] IETF, RFC 1633, "Integrated Services in the Internet Architecture", Jun 1994
- [6] IETF, RFC 2205, "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) – Version 1 Functional Specification", Sep. 1997
- [7] IETF FRC 2475, "An Architecture for Differentiated Services", Dec. 1998
- [8] ITU-T, Rec. Q.931, "ISDN user-network interface layer 3 specification for basic call control", May 1998
- [9] ITU-T, Rec. T.38, "Procedures for real-time Group 3 facsimile communication over IP networks", June 1998
- [10] ITU-T, Rec. H.323, "Packet-based multimedia communications systems" Sept. 99