



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische
und elektronische Berufe

Informationstechnik, Kommunikation, Neue Netze

8. Auflage

Herausgegeben von Bernhard J. Hauser

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 36217

Autoren von Informationstechnik, Kommunikation, Neue Netze:

Christian Duhr	Oberstudienrat	Rednitzhembach
Bernhard J. Hauser	Dipl.-Ing.	Bisingen
Marc Schulz		Bochum
Gerd Siegmund	Prof. Dr.-Ing.	Stuttgart

Lektorat: Bernhard J. Hauser

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel GmbH & Co. KG, Ostfildern

8. Auflage 2018

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-3665-0

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2018 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald
Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt
Druck: Dardedze Holografija, LV-1063 Riga (Lettland)

Vorwort

Die Entwicklung der Kommunikationsnetze nimmt kein Ende. Im Gegenteil – die Netze entwickeln sich immer rascher. Vom analogen Telefonnetz haben sie sich über gemultiplexte Netze bis zu den heutigen Hochgeschwindigkeits-Datennetzen weiterentwickelt. Lag der Fokus lange Zeit auf der Telefonie, kam mit der Zeit auch die Datenkommunikation hinzu. Mittlerweile sind wir bei hocheffizienten Datennetzen angelangt – die quasi nebenher auch noch der Telefonie dienen. Der Fokus hat sich grundlegend verändert.

Die Grenze zwischen lokalen Netzen (LANs) und Fernverkehrsnetzen (WANs) verschwimmt zunehmend.

Die Glasfaser hat als neues Leitungsmedium die Kupferleitung in LANs und in WANs bereits teilweise ersetzt. Als Anschlussleitung, also die letzten Meter von einem Netzwerkknoten bis zum Endgerät, wird großteils noch Kupfer eingesetzt. Die Zahl der mobilen Endgeräte steigt stetig, wodurch diese letzte Strecke Kupfer immer mehr durch Funkanbindung ersetzt wird.

In diesem Buch werden Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik soweit behandelt, dass eine gute Basis für weitergehende Inhalte vorhanden ist. Das gleiche gilt für den Aufbau von Rechnern und Speichern. Die Grundlagen der Übertragungsnetze bereiten auf die großen Themengebiete Weitverkehrsnetze und lokale Netzwerke vor.

Die inhaltliche Konzeption des Buches ist so angelegt, dass es auch über den Berufsschulunterricht hinaus als Fachinformation verwendet werden kann.

Die geltenden Normen für Fachbegriffe, Bezeichnungen und Schaltzeichen wurden beachtet. Die dargestellten Sachverhalte wurden in Wort und Bild so beschrieben, dass sie auch im Selbststudium erarbeitet werden können. Dies betrifft insbesondere die Themen, die im Unterricht nicht in diesem Umfang behandelt werden können. Teilweise sind am Ende der Kapitel Übungsaufgaben zum Repetieren und Vertiefen des Stoffes enthalten. Die Lösungen dazu sind online verfügbar. Sie können auf der Verlags-Homepage www.europa-lehrmittel.de heruntergeladen werden.

Autoren und Verlag sind allen Anwendern dieses Fachbuches dankbar für Hinweise und Anregungen, damit die künftige Entwicklung und Anpassung des Buches auch weiterhin gelingt. Schreiben Sie uns unter lektorat@europa-lehrmittel.de.

Sommer 2018

Die Verfasser

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen	9	2	Digitaltechnik	49
1.1	Informationsübertragung und Energieversorgung	9	2.1	Einführung in die Digitaltechnik	49
1.2	Elektrischer Stromkreis	12	2.2	Kombinatorische Elemente	49
1.2.1	Elektrische Größen	13	2.2.1	UND-Element	50
1.2.2	Ohmsches Gesetz	15	2.2.2	ODER-Element	51
1.2.3	Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad	16	2.2.3	NICHT-Element	52
1.2.4	Reihenschaltung	16	2.2.4	NAND-Element (NOT-AND)	53
1.2.5	Reale Spannungsquelle	17	2.2.5	NOR-Element (NOT-OR)	53
1.2.6	Parallelschaltung	18	2.3	Schaltalgebra	55
1.2.7	Spannungsteiler und Brückenschaltung	19	2.3.1	Rechenregeln	55
1.2.8	Anpassung	20	2.3.2	Gesetz von De Morgan	56
1.2.9	Übertragen von Spannungen, Stromstärken und Widerstandswerten	21	2.3.3	Anwendungsbeispiele	57
1.2.10	Gabelschaltung	22	2.4	Zahlensysteme	58
1.2.11	Betriebsspannungsversorgung	23	2.4.1	Dezimalsystem	58
1.2.12	Gleich-, Wechsel und Mischspannungen	24	2.4.2	Dualsystem	59
1.2.13	Sinus- und nichtsinusförmige Spannungen	24	2.4.3	Oktal- und Sedezimalsystem	59
1.3	Bausteine zur Signalverarbeitung	25	2.4.4	Umwandlung: Dezimalzahlen in Dualzahlen	60
1.3.1	Kondensator	25	2.4.5	Rechnen mit Dualzahlen	61
1.3.2	Spule	29	2.5	Binärcodes	62
1.3.3	Tiefpass, Hochpass und Bandpass ..	31	2.5.1	BCD-Code (BCD: binär codierte Dezimalziffer) ..	62
1.3.4	Resonanzkreise	32	2.5.2	Gewichtete Codes	62
1.3.5	Bandfilter	33	2.5.3	Ungewichtete Codes	62
1.3.6	Transistor	34	2.5.4	Fehlererkennende Codes	63
1.3.7	Operationsverstärker	35	2.6	Grundlegende Schaltnetze	64
1.4	Optoelektronik	37	2.6.1	Addierer	64
1.4.1	Allgemeines zur Optoelektronik	37	2.6.2	Arithmetisch-Logische-Einheit (ALU)	66
1.4.2	Empfänger-Bauelemente	37	2.6.3	Äquivalenz-Element (lat.: Gleichwertigkeit)	67
1.4.3	Emitter-Bauelemente	38	2.6.4	Pseudotetraden-Erkennen	67
1.5	Installation elektrischer Betriebsmittel	40	2.6.5	Zahlen-Komparator	68
1.5.1	Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie	40	2.6.6	Bustreiber, 3-state-Treiber	69
1.5.2	Dokumentationsunterlagen für die Elektroinstallation	41	2.7	Codierer	70
1.5.3	Schutzmaßnahmen	43	2.7.1	Dezimal-BCD(8421)-Codierer	70
1.5.4	Bemessung von Leitungen und Sicherungen	46	2.7.2	BCD(8421)-Dezimal-Codierer	71
1.5.5	Prüfen von Schutzmaßnahmen	47	2.7.3	Binär-Gray-Codierer	72
1.5.6	Projekt: Installation einer Energieversorgung für 24 PCs	48	2.8	Multiplexer, Demultiplexer	73
			2.8.1	Multiplexer (MUX)	74
			2.8.2	Demultiplexer (DMUX)	74

2.9	Bistabile Elemente, Flipflops	75	3	Arbeitsplatzrechner	108
2.9.1	RS-Flipflop	75	3.1	Allgemeines	108
2.9.2	D-Flipflop	77	3.1.1	Möglichkeiten der Vernetzung	108
2.9.3	Einflankengesteuerte Flipflops	78	3.1.2	Aufbau eines Arbeitsplatzrechners	109
2.9.4	Umwandlung von Flipflops	79	3.2	PC-Gehäuseformen	110
2.9.5	Zweisppeicher-Flipflop (Master-Slave-Flipflop)	80	3.2.1	Stationäre Geräte	110
2.9.6	Codeumsetzer	81	3.2.2	Mobile Geräte	110
2.10	Zählschaltungen	82	3.3	Aufbau eines Arbeitsplatzrechners	111
2.10.1	Asynchron-Zähler	82	3.3.1	Mikroprozessor (CPU)	111
2.10.2	Synchron-Zähler	84	3.3.2	Hauptplatine (Motherboard, Mainboard)	112
2.10.3	Integrierte Zählschaltungen	85	3.3.3	Kenngößen	113
2.11	Register	87	3.3.4	Chipsatz	114
2.11.1	Schieberegister	87	3.3.5	Arbeitsspeicher	115
2.11.2	Parallel-Seriell-Umsetzer	89	3.3.6	Interne Bussysteme	117
2.11.3	Seriell-Parallel-Umsetzer	90	3.4	Eingabe und Ausgabe	118
2.11.4	Scrambler, Descrambler	90	3.4.1	Tastatur	118
2.11.5	Latch	92	3.4.2	Maus	119
2.12	Rechenwerke	92	3.4.3	Touchpad	119
2.12.1	Seriellles Addierwerk	92	3.4.4	TrackPoint	119
2.12.2	Seriellles Subtrahierwerk	93	3.4.5	Periphere Schnittstellen	120
2.12.3	Seriellles Multiplizierwerk	95	3.4.6	Grafikkarten	122
2.12.4	Paralleler Addierer	96	3.4.7	Monitore	123
2.13	Digital-Analog-Umsetzer	97	3.4.8	Möglichkeiten der Eingabe-Ausgabe-Kommunikation	124
2.13.1	DA-Umsetzer mit gestuften Widerständen	97	3.5	Massenspeicher	124
2.13.2	DA-Umsetzer mit Widerstandskettenleiter/R2R-Netzwerk	98	3.5.1	Festplatten	124
2.14	Analog-Digital-Umsetzer	100	3.5.2	Partitionieren und Formatieren	125
2.14.1	AD-Umsetzer mit Widerstandsnetzwerk	100	3.5.3	Anschlüsse von Festplatten	128
2.14.2	AD-Umsetzer nach dem Sägezahnverfahren	101	3.5.4	RAID-Systeme	129
2.14.3	AD-Umsetzer nach dem Wägeverfahren	102	3.5.5	Optische Aufzeichnungssysteme	131
2.14.4	AD-Umsetzer nach dem Parallelverfahren	103	4	Übertragungsnetze	133
2.14.5	AD-Umsetzung durch Delta-Modulation	103	4.1	Übertragungstechnik	134
2.15	Halbleiterspeicher	104	4.1.1	Informationstechnische Grundlagen	134
2.15.1	Festwertspeicher	104	4.1.2	Übertragungsverfahren	135
2.15.2	Schreib-Lese-Speicher	105	4.1.3	Übertragungswege	136
2.16	Rechnerarchitektur	106	4.1.4	Signalarten	136
2.16.1	Von-Neumann-Architektur	106	4.1.5	Elektroakustik	137
2.16.2	Harvard-Architektur	106	4.2	Leitungsgebundene Signalübertragung	143
2.16.3	Mikrocontroller-Architektur	106	4.2.1	Übertragungskabel mit Kupferadern	143

4.2.2	Lichtwellenleiterkabel (LWL-Kabel)	146	5	Weitverkehrsnetze	223
4.2.3	Kabelnetzaufbau	149	5.1	Einführung	223
4.2.4	Grundgrößen einer Leitung	151	5.2	Transportnetz	224
4.2.5	Dämpfung auf Leitungen	162	5.2.1	Multiprotocol Label Switching (MPLS)	224
4.2.6	Pegel	165	5.2.2	Software-defined Networking	225
4.2.7	Übertragungsstörungen	168	5.2.3	Data Center	236
4.3	Mehrfachausnutzung von Übertragungswegen	174	5.3	Netze der nächsten Generation – NGN	241
4.3.1	Verfahren zur Mehrfachausnutzung	174	5.3.1	Grundlagen	241
4.3.2	Modulationsverfahren	176	5.3.2	IP Multimedia Subsystem IMS	248
4.3.3	Modulationsarten bei Sinusschwingungen	177	5.3.3	Übertragung von Echtzeitinformationen über NGN	252
4.3.4	Modulationsarten bei Pulsfolgen	181	5.3.4	Verbindungssteuerung mit dem Signalisierungs-Protokoll SIP (Session Initiation Protocol)	259
4.3.5	Frequenz-Multiplexverfahren	182	5.3.5	Architekturen der öffentlichen Netze	275
4.3.6	Wellenlängen-Multiplexverfahren WDM	185	5.4	WAN-Netzarchitekturen	278
4.3.7	Digitale Modulationsverfahren mit sinusförmigem Träger	186	5.5	TeraStream	279
4.3.8	Digitaler Teilnehmeranschluss ADSL	187	5.6	Zugangsnetze (Access)	280
4.3.9	Zeitmultiplex-Verfahren PCM	189	5.6.1	Asymmetrical Digital Subscriber Line (ADSL)	281
4.3.10	PCM-Messtechnik	196	5.6.2	Very high bit rate Digital Subscriber Line (VDSL)	281
4.4	Datenübertragung in der Synchronen Digitalen Hierarchie SDH	203	5.6.3	Vectoring	282
4.5	Datenkommunikation mit dem Asynchronen Transfer-Modus ATM	206	5.6.4	Bonding	283
4.5.1	Integriertes Datennetz	206	5.6.5	Breitbandkabel-Anschlüsse	285
4.5.2	Asynchroner Transfer-Modus ATM	208	5.6.6	LTE-Anschluss	286
4.5.3	ATM-Schichtenmodell	212	5.6.7	Optische Zugangssysteme	287
4.6	Datenkommunikation mit dem Internet-Protokoll IP	217	5.6.8	Multi-Service Access Node (MSAN)	288
4.6.1	OSI-Referenzmodell und seine Protokolle	217	5.6.9	Private Netze (TK-Anlagen)	290
4.6.2	TCP/IP-Referenzmodell und OSI	217	6	Lokale Netze	296
4.6.3	Internet-Transport-Protokoll TCP	218	6.1	Grundlagen der lokalen Netze	296
4.6.4	TCP-Segment-Header (L4)	219	6.2	Netzwerk-Topologien	297
4.6.5	Das Internet	220	6.2.1	Bus	297
4.6.6	Header des IP-Protokolls	221	6.2.2	Stern	298
4.6.7	IP-Adressen	222	6.2.3	Ring	298
4.6.8	Domain Name System DNS	222	6.2.4	Masche	298
			6.2.5	Linie	298
			6.2.6	Zell-Topologie	298
			6.2.7	Hybride Topologien	299

6.2.8	Erweiterter Stern	299	6.6	Ethernet	306
6.2.9	Logische und physikalische Topologie	299	6.7	Netzkopplungen	308
6.3	Strukturierte Verkabelung	300	6.7.1	Repeater und Hub	308
6.4	Schichtenmodelle	300	6.7.2	Bridge und Switch	308
6.4.1	ISO/OSI-Modell	300	6.7.3	Router	309
6.4.2	Schichten des OSI-Modells	302	6.8	Drahtlose Netzwerke	309
6.4.3	DoD- oder TCP/IP-Modell	303	6.8.1	WLAN oder WIFI	309
6.5	Übertragungsmedien	303	6.8.2	Bluetooth	310
6.5.1	Koaxial-Kabel	303	6.8.3	LI-FI – ein kommender Standard? ...	310
6.5.2	Twisted-Pair-Kabel	303	6.9	Netzwerkspeicher	311
6.5.3	Netzwerkclassen und Netzwerkategorien	304	6.9.1	Network Attached Storage – NAS ..	311
6.5.4	Lichtwellenleiter (LWL)	305	6.9.2	Storage Area Network – SAN	311
				Sachwortverzeichnis	312
				Glossar der Abkürzungen	318

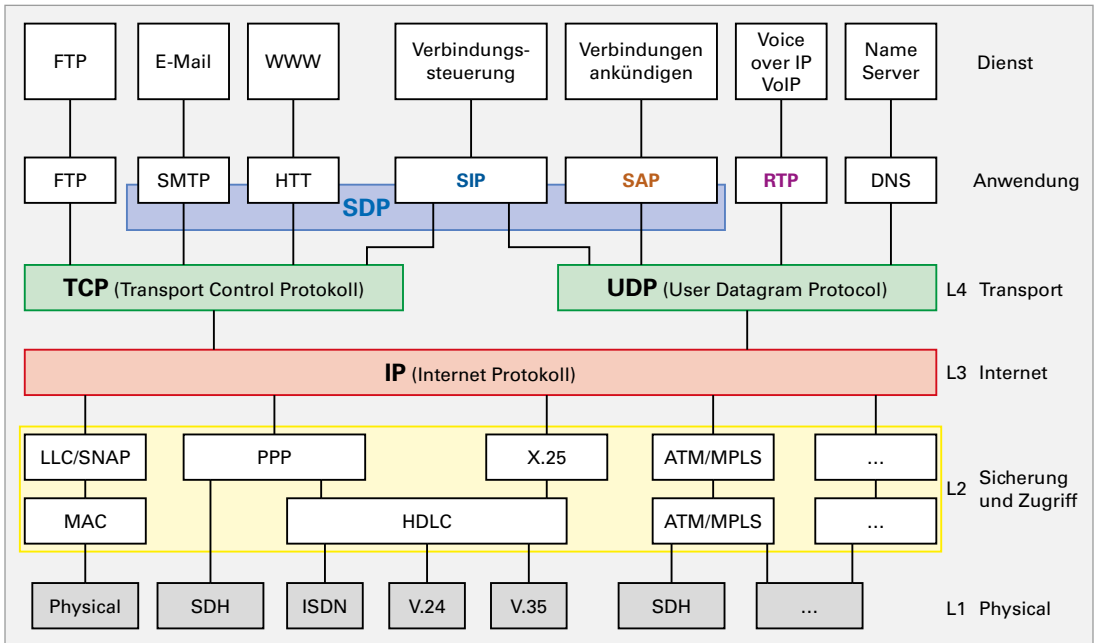


Bild 1: Protokoll-Architektur für Multimedia-Verbindungen

Alternativ zum Session Description Protocol SDP können auch firmenspezifische Protokolle verwendet werden. Viele Hersteller von TK-Anlagen verwenden statt SDP eigene Protokolle, um die vielen Leistungsmerkmale innerhalb der TK-Anlagen zu steuern.

Zur Ankündigung von bestimmten Inhalten bei allen beteiligten Nutzern dient das Protokoll **SAP** (*Session Announcement Protocol*). Verwendet wird dieses Protokoll für größere, öffentliche Sendungen innerhalb des Netzes (Verteildienste, Web-Radio, IP-TV und andere Formen mit Werbung gekoppelte Inhalte usw.).

Für die bereits länger verfügbaren Dienste Web-Radio und der Fernsehübertragung über das Internetprotokoll (IP-TV) werden eigene Protokolle verwendet.

Architektur von SIP

Das Signalierungs-Protokoll SIP ist für viele Netzarchitekturen verwendbar. Übergänge zu anderen Netzen werden durch Gateways hergestellt. SIP ist ein Teil der Übermittlungs- und Steuerungsarchitektur, zu der auch noch folgende Protokolle gehören (Bild 2):

- RTP (Realtime Transport Protocol),
- RTSP (Real-time Streaming Protocol),
- SAP (Session Announcement Protocol),
- SDP (Session Description Protocol).

Grundsätzlich werden im Zusammenhang mit dem Signalierungs-Protokoll SIP auch die folgenden Netzelemente und Komponenten angesprochen:

- Ein **SIP-Terminal** besteht aus einem User-Agent-Client UAC, der Anfragen an den User-Agent-Server UAS richtet. Diese Anfragen (Requests) werden in ihrem Anwendungszweck, der sogenannten Methode, unterschieden. Der Server UAS antwortet mit Responses (Bild 1 auf der folgenden Seite).

Signalisierung

SIP – Session Initiation Protocol.
Ein neues Protokoll zum Auf- und Abbau von Verbindungen (eng. Sessions – Sitzungen genannt).

SDP – das Session Description Protocol wird in SIP-Nachrichten übertragen und beschreibt die Verbindungen (Sessions) mit ihren Eigenschaften (Audio, Video, Text, Bilder usw.).

SAP – Bei Sprachverbindungen nur für Konferenzen.

Transport von Nutzinformationen

RTP – Nutzinformationen, wie die digitale Sprache, werden mit dem Realtime Transport Protocol übertragen.

Bild 2: Einordnung der wichtigsten Protokolle

- Der **SIP-Proxy-Server** dient der Weiterleitung und Bearbeitung der SIP-Steuernachrichten im Netz.
- Der **SIP-Redirect-Server** ermittelt die aktuelle Zieladresse des gewählten Benutzers (Unterstützung der Teilnehmermobilität), wenn dieser aktuell nicht unter der üblichen Adresse erreichbar ist.
- Der **SIP-Location-Server** (Bild 2) bildet die Zieladressen auf das konkrete System ab. Hiermit wird beispielsweise eine Adresse, die einer bestimmten Funktion zugeordnet ist (z.B. die Hotline) auf einem bestimmten Anschluss abgebildet (z.B. „Hotline@Firma.de“ auf dem Anschluss: „A.Maier@Firma.de“).
- Die **Gateways** ermöglichen den Übergang zum konventionellen Netz. Dabei setzen die Gateways die Formate der Nutzdaten um und passen den Übergang vom leitungsvermittelten zum paketvermittelten Netz in beiden Richtungen an. Dabei müssen auch die Steuerdaten angepasst werden.

SIP-Proxy-Server: steuert die Verbindungen im Netz.
Redirect-Server: teilen kommenden Verbindungen die Adresse des Teilnehmers mit.
Location-Server: leiten einen Anruf weiter – z.B. an eine Hotline oder an ein bestimmtes Endgerät (Anrufverteilung).

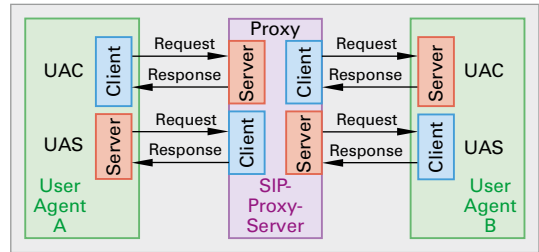


Bild 1: SIP-Proxy-Server

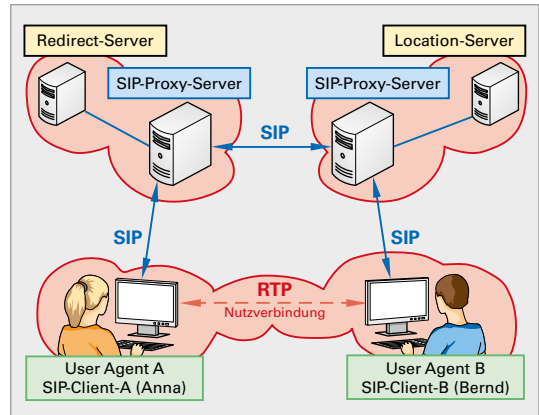


Bild 2: SIP-Proxy-Server mit SIP-Location- und SIP-Redirect-Server

SIP-Proxy-Server

Die Benutzer bauen meist keine direkten Verbindungen untereinander auf, sondern verwenden SIP-Proxy-Server/Netzelemente, die sie beim Verbindungsaufbau unterstützen. Diese Proxy-Server ermitteln die Netz-Adresse des Ziels, legen den Weg durch ein großes Netz fest und ordnen der Verbindung die notwendigen Betriebsmittel und Bandbreiten zu.

Für diese Aufgaben setzt man SIP-Proxy-Server ein. Der SIP-Proxy-Server (Stellvertreter) handelt im Auftrag anderer User Agents und besitzt neben der Server-Funktion auch eine Client-Funktion.

Der SIP-Proxy-Server bearbeitet die SIP-Nachrichten (neue Header). Gegenüber dem Netz tritt der SIP-Proxy-Server damit als eigenständige Quelle auf. Die Antworten auf Anforderungen von einem Proxy werden daher an genau diesen Proxy-Server und nicht an den ursprünglichen Sender geschickt. SIP-Proxy-Server vermitteln SIP-Nachrichten durch das Netz.

Bei einer Verbindung zwischen zwei Teilnehmern (User Agents) werden die Proxy-Server A und B als Outbound-Proxy-Server und Inbound-Proxy-Server unterschieden. In Bild 3 ist der Proxy-Server A der Outbound-Server für den User Agent A (für Anna). Dieser unterstützt den User Agent von Anna beim Aufbau abgehender Verbindungen/Gespräche (Outbound).

Auf der anderen Seite ist der Proxy-Server B der Inbound-Proxy-Server für den User Agent von Bernd. Dieser unterstützt den User Agent von Bernd, um kommende Verbindungen/Sessions entgegenzunehmen (Inbound). Man spricht bei dieser Darstellung auch vom einem SIP-Trapezoid, aufgrund der sich ergebenden Darstellungsform, dem Trapez (Bild 3). Nach der ursprünglichen Idee dieser Architektur sind die Proxy-Server nur für den Aufbau der Verbindung (Session) notwendig.

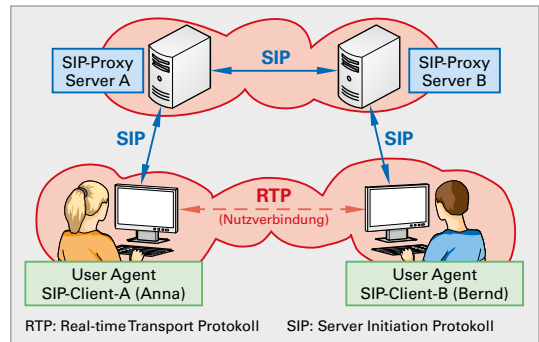


Bild 3: Die SIP-Architektur – Das SIP-Trapez

Protokollablauf für eine Sprachverbindung

Der Verbindungs-Aufbau beginnt mit dem Senden der INVITE-Nachricht, in der die direkte IP-Adresse des Teilnehmers A enthalten ist (Bild 1).

Die Verhandlung des Codecs erfolgt nach einem festgelegten Anfrage/Antwort-Prinzip, bei dem das Angebot kompatibler Codecs des User Agent von Teilnehmer A in einem SIP-Request („INVITE“) aufgelistet wird (die Anfrage).

Die direkte Adresse des Teilnehmers B wird in der OK-Method übermittelt. Die „INVITE“ wird vom Proxy direkt mit einer vorläufigen Response 100 Trying „lokal“ beantwortet. Vom SIP-Proxy wird die „INVITE“ mit den gleichen Eigenschaften an das Ziel, den Teilnehmer B, gesendet.

Der gerufene Teilnehmer B antwortet dann beispielsweise mit seiner Liste kompatibler Codecs (z.B. in der Method „200 OK“, die Antwort auf die Anfrage) in der SDP-Beschreibung. Nach dem Austausch der Möglichkeiten ist der Codec für die Verbindung festgelegt. Normalerweise wird für beide Kommunikationsrichtungen der gleiche Codec festgelegt.

Die OK-Nachricht muss auch noch mit einer Empfangsbestätigung „ACK“ beantwortet werden.

Die Nutzinformationen werden mit RTP (Real-time Transport Protocol) transportiert. Diese enthalten im Nachrichtenkopf ein Feld mit der Bezeichnung „Payload-Type“. Damit wird bei jeder transportierten Nachricht der zu verwendende Codec definiert.

Die möglichen Codecs des A-Teilnehmers werden mit der INVITE-Nachricht angeboten. Die möglichen Codecs des B-Teilnehmers werden in der 200-OK-Nachricht übermittelt.

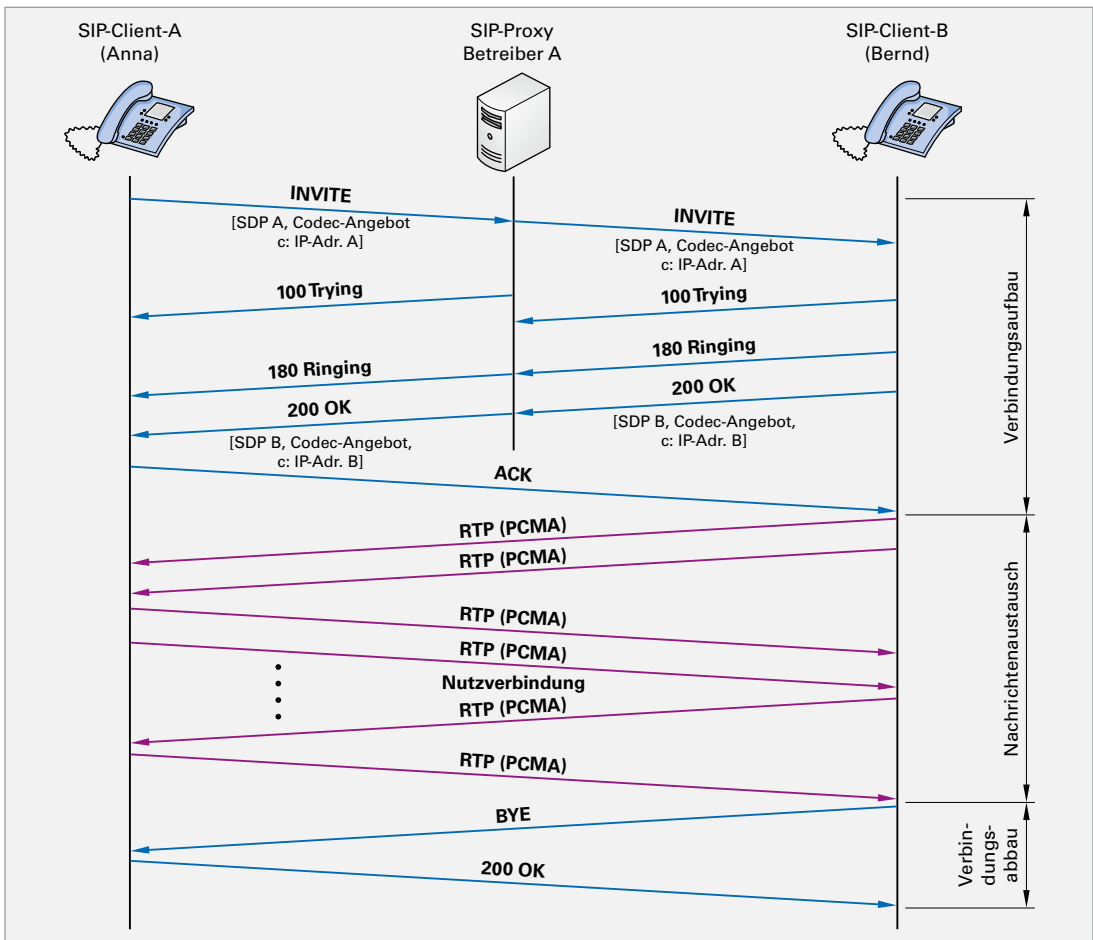


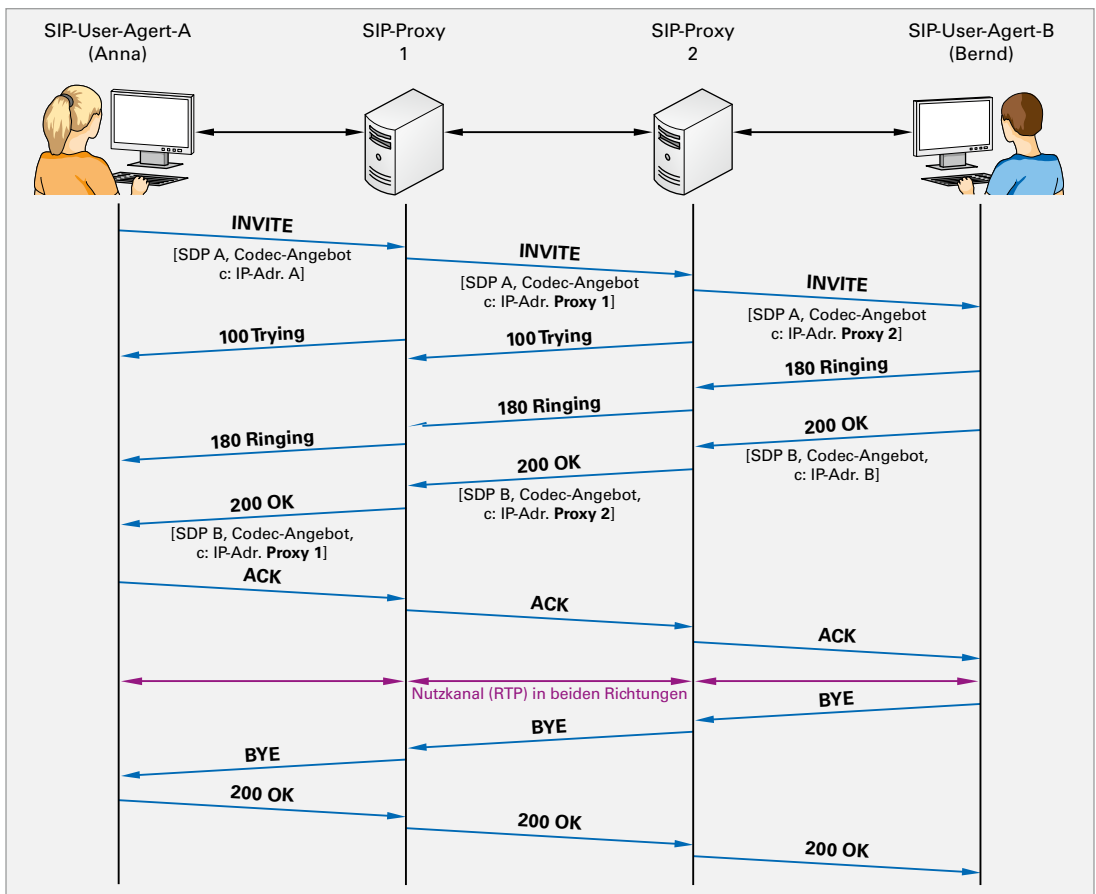
Bild 1: Basis-Ablauf für Sprachverbindung

Proxy-Zwangsführung

In Abweichung zu den üblichen Abläufen, wie sie in Bild 1 dargestellt sind, kann die direkte Verbindung zwischen den Teilnehmern vom SIP-Proxy unterbunden werden. Dies ist beispielsweise erforderlich, wenn das Netz die Qualität der Übertragung sicherstellt (QoS). Die direkte Verbindung zwischen den Teilnehmern kann von den Netzelementen nicht mehr gesteuert werden. Die Nutzverbindung muss in diesen Fällen über den SIP-Proxy geführt werden (Proxy-Zwangsführung). Alle SIP-Nachrichten und alle RTP-Pakete werden in diesem Fall über den SIP-Proxy geleitet (Proxy-Zwangsführung). Eine Möglichkeit, die direkte Verbindung zwischen den Teilnehmern A und B zu verhindern, ist die Veränderung des Parameter *c=* (Adressinformationen, connection information), mit dem normalerweise die beiden direkten Adressen der Teilnehmer A und B ausgetauscht werden. In dem Beispiel im Bild 1 ersetzt der SIP-Proxy 1 die Connection-Informationen vom User Agent A und ersetzt die Adresse von A durch seine eigene Adresse. Der SIP-Proxy 2 macht dies ebenfalls mit der Adresse des SIP-Proxy 1. In der Rückmeldung (200 OK) wird die Adresse von B zuerst durch die Proxy-2-Adresse und schließlich durch die SIP-Proxy-1-Adresse ersetzt. Die „ACK“-Nachricht und die RTP- (und RTCP-) Pakete müssen nun den Weg über beide SIP-Proxy nehmen.

■ Aufgaben:

1. Mit welcher Nachricht wird eine Verbindung mit SIP aufgebaut?
2. In welcher SIP-Nachricht und in welchem Bereich der Nachricht wird die Eigenschaft der Verbindung beschrieben?
3. Wie werden bei dem Aufbau einer Video-Verbindung die Eigenschaften der Sprache und des Videos im SDP angefordert?



5.3.5 Architekturen der öffentlichen Netze

Die auf das Internet-Protokoll IP aufbauenden Kommunikationsnetze mit gesicherter Übertragungsqualität und hoher Verfügbarkeit werden als die Netze der nächsten Generation, die Next Generation Networks (NGN), bezeichnet. Will man in den öffentlichen Netzen der nächsten Generation vergleichbare Eigenschaften und Verfügbarkeiten wie im bisherigen Kommunikationsnetz erzielen, geht das nicht ohne eine Verwaltung der zur Verfügung stehenden Ressourcen und Zuordnung der notwendigen Bandbreite nach Anforderung. Dabei gibt es allerdings keine Vorschriften für die Verwendung einer bestimmten Technik zur Erfüllung der geforderten Qualität of Service QoS.

Verbindungssteuerung im NGN

Das Kommunikationsnetz NGN verfügt im Gegensatz zu einfachen Internetverbindungen mit VoIP immer über eine Steuerungsebene. In der Steuerungsebene L5 werden die Betriebsmittel (Ressourcen, Bandbreiten) verwaltet und bei Bedarf den Verbindungen zugeordnet. Mit dem NGN-Ansatz und der Einführung des Steuerungs-Protokolls SIP wird somit eine Verbindungsorientierung in das verbindungslos arbeitende Internet eingeführt (Bild 1).

In den bisherigen Netzen der Telekommunikation werden Verbindungen mit einer festen Qualität QoS hergestellt. Da in den NGN-Netzen die Bandbreiten für die Verbindungen begrenzt sind, werden sie zentral verwaltet. Vor Beginn der Kommunikation muss der User Agent des Benutzers durch den Austausch von Signalisierungsnachrichten die notwendigen Bandbreiten (oder Kanäle) vom Netz anfordern.

Ablauf für eine Verbindung mit QoS

Um die Bandbreiten zu verwalten und diese beim Verbindungsaufbau anfordern zu können, musste das Steuerungs-Protokoll SIP in einigen Punkten für die großen öffentlichen Netze erweitert werden. – Die wichtigsten Erweiterungen werden im Folgenden vorgestellt:

Mit der „INVITE“-Nachricht wird eine Sprachverbindung mit einem Codec-Angebot aufgebaut. Für die Verbindung wird eine erweiterte Qualität QoS angefordert. Spezielle Anforderungen in der SDP-Beschreibung zeigen dem Kommunikationspartner und den Netzelementen an, dass für den Verbindungsaufbau QoS-Reservierungen in beiden Kommunikationsrichtungen zwingend notwendig sind. Mit dem Eintreffen der „INVITE“-Nachricht mit diesen Forderungen beginnt auf der Empfangsseite der Client B mit der Zuordnung der QoS-Parameter für diese Verbindung.

Mit der Nachricht „183 Session Progress“ werden die Eigenschaften (die Codecs) des B-Teilnehmers übertragen und die QoS-Parameter wiederholt.

Der User Agent B beginnt nun auf seiner Seite die erforderlichen QoS-Parameter (Nutzkanal, Bandbreite) der Verbindung zuzuordnen.

Der Empfang der Nachricht „183 Session Progress“ wird mit der „Provisional Response Acknowledgement“ PRACK bestätigt. PRACK ist eine Anfrage und wird direkt mit „200 OK“ bestätigt.

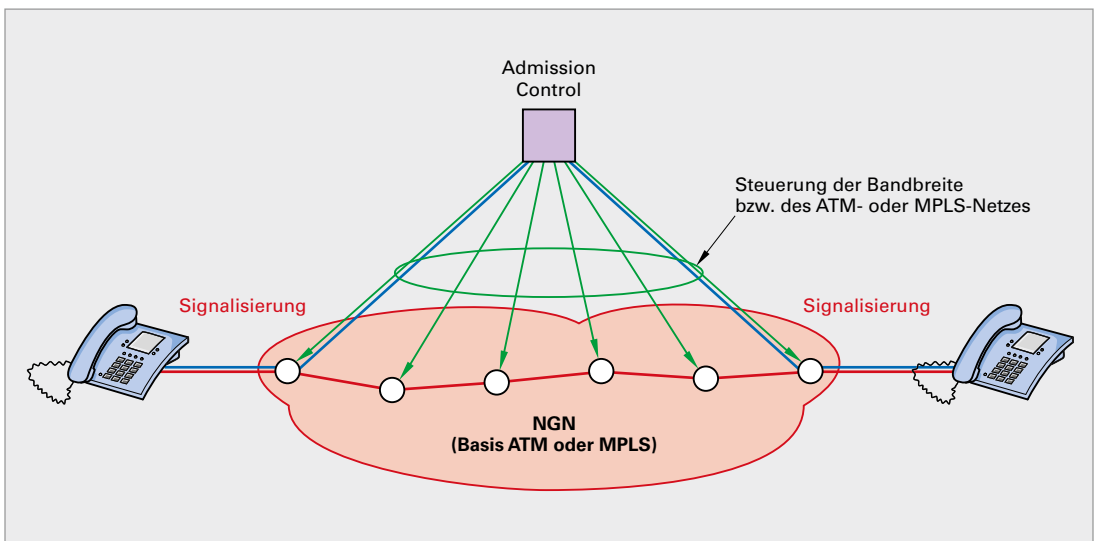


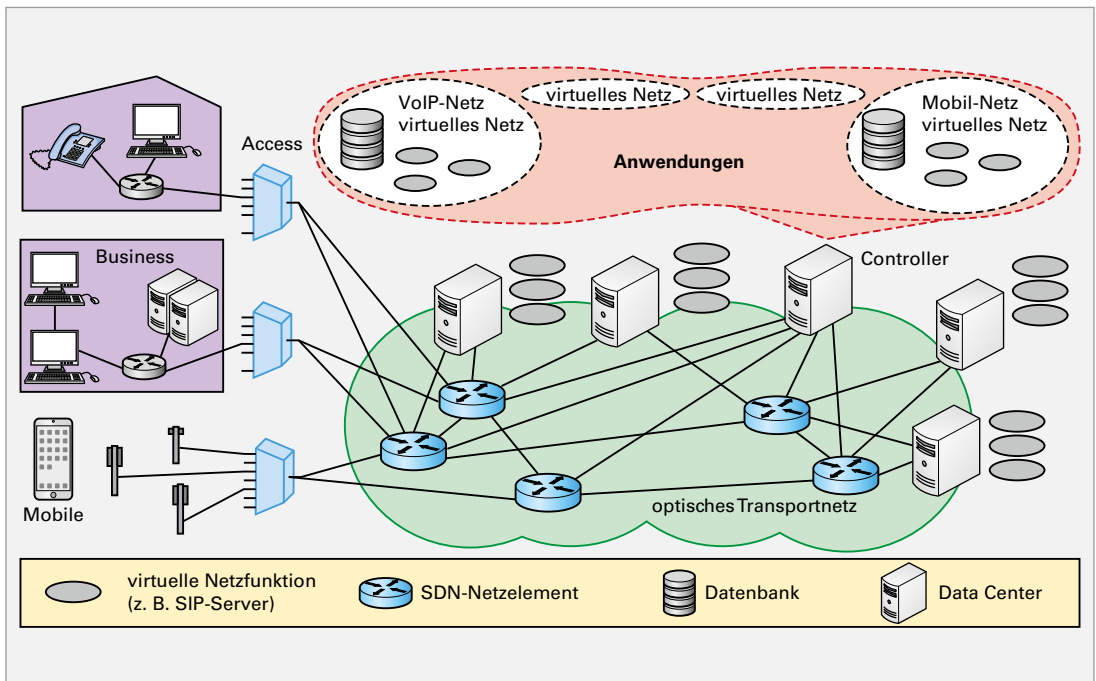
Bild 1: Steuerung der Nutzverbindungen im NGN mit QoS

5.4 WAN-Netzarchitekturen

Mit VoIP und den Festlegungen zu Fest- und Mobilnetzen der nächsten Generation (IP Multimedia Subsystem – IMS und den Next Generation Networks – NGN) werden immer mehr Dienste auf der Basis des Internetprotokolls transportiert. Auf der Suche nach einer möglichst universellen Transportplattform für alle Arten der Kommunikation wird auch SDN für die Betreiber immer interessanter. Die SDN-basierten WAN werden auch als Software-defined WAN (SD-WAN) bezeichnet. SDN basiert nicht nur auf dem Internetprotokoll, die Technik bietet insbesondere bei der unterschiedlichen Behandlung von verschiedenen Verkehrsarten und bei der gleichzeitigen möglichen sehr hohen Netzauslastung große Vorteile. Daneben sind die hohen Anforderungen an die Verfügbarkeit mit dieser Technik erfüllbar. Die Monitor-Funktionen des SDN erfüllt die Forderung nach Überprüfbarkeit der Eigenschaften und nach Verlässlichkeit der Bereitstellung von Festverbindungen oder virtuellen privaten Netzen. Mit dem Einsatz von Traffic Shaping im Access-Bereich wird der Verkehr im WAN berechenbar und bietet zusammen mit einem ausgefeilten Traffic Engineering und Load-Balancing hochverfügbare, verlässliche Netze. SDN kommt der universellen Transportplattform und der bedarfsgerechten Steuerung der Netze schon sehr nahe. Vorteilhaft ist auch, dass mit SDN keine neuen Protokolle im Anschlussbereich vorausgesetzt werden, sondern die verfügbaren Protokolle der Schicht 2, 3 und 4 nutzbar sind.

Mit der flexiblen Steuerung der SDN lassen sich auch die notwendigen Netzfunktionen, wie SIP-Server, Datenbanken für die Teilnehmer-Authentifizierung oder die Aufenthaltsverwaltung als virtuelle Funktionen realisieren. Die virtuellen Systeme laufen auf mehreren, beliebig einsetzbaren *Data Center* (DC) im Netz. Die Leistungsfähigkeit dieser Funktionen kann abhängig vom augenblicklichen Bedarf (durch Initiieren oder Beenden von virtuellen Instanzen) angepasst werden. Diese *Network Functions Virtualization* (NFV) wurde von dem European Telecommunications Standards Institute (ETSI) aufgegriffen. Mit diesem architektonischen Ansatz können die klassischen Netzfunktionen, aber auch neue Dienste sehr schnell und flexibel in die vorhandenen Netze eingeführt werden.

Der Ansatz des Software-defined Networking ermöglicht eine einheitliche Transportplattform für viele verschiedene Netze. Alle notwendigen Funktionen und Dienste können auf virtuelle Systeme in Data Center verteilt werden. Die Leistungsfähigkeit der Systeme kann an die augenblicklichen Anforderungen angepasst werden. Auf dieser Basis können alle klassischen Weitverkehrsnetze realisiert werden.



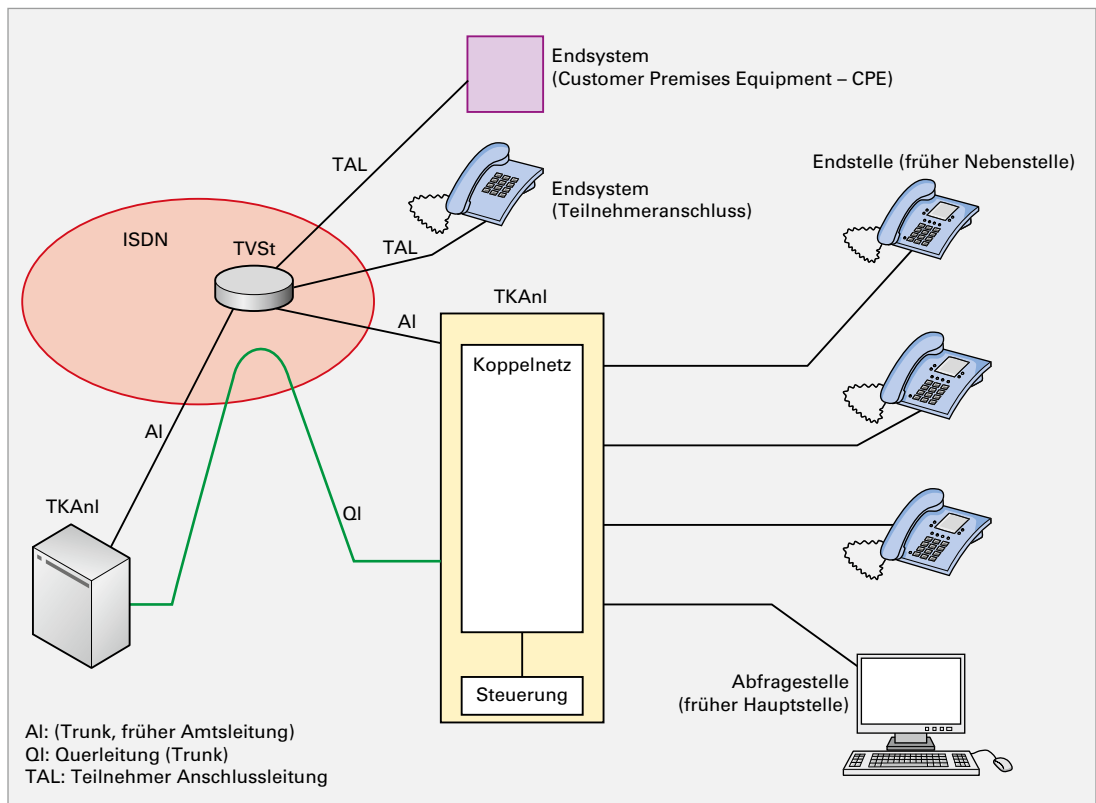
5.6.9 Private Netze (TK-Anlagen)

Telekommunikationsanlagen (TK-Anlagen oder TKAnI) sind Vermittlungseinrichtungen, die von Privatpersonen, Firmen oder Institutionen betrieben werden. Sie ermöglichen die kostenfreie Vermittlung von Verbindungen innerhalb des Privatgeländes des Betreibers. Je nach Größe einer TK-Anlage können an ihr einige wenige bis zu einigen tausend Endstellen angeschlossen werden. Über eine Anzahl von Leitungen sind sie auch am öffentlichen Netz angeschlossen (sog. Trunks, früher auch als Amtsleitungen bezeichnet), über die die internen Terminals (früher Endstellen) einer TK-Anlage Anschlüsse im öffentlichen Netz erreichen können. Entsprechend unterscheidet man zwischen der Kommunikation zwischen den Terminals der TK-Anlage (Internverkehr) und der Kommunikation zwischen internen Terminals der TK-Anlagen und Teilnehmern des öffentlichen Netzes (Externverkehr). Die kommenden Verbindungen aus dem öffentlichen Netz werden entweder zu einer speziellen Abfrageendstelle (früher als Hauptstelle bezeichnet oder umgangssprachlich auch „Vermittlung“ genannt) geleitet oder direkt dem ausgewählten Terminal zugestellt (Durchwahl). Zur Verbindung von unterschiedlichen Standorten des Unternehmens können TK-Anlagen direkt über sog. Querleitungen verbunden werden.

In der Standardisierung werden meist nur die Netze der öffentlichen Netzbetreiber betrachtet. Die Anschlüsse an diesen Netzen werden als Customer Premises Equipment (CPE) bezeichnet. Meist wird als CPE ein einfaches Terminal angenommen. An der gleichen Schnittstelle kann oft aber auch eine TK-Anlage geschaltet werden.

Analoge Schnittstellen

TK-Anlagen wurden im einfachsten Fall an eine analoge Schnittstelle über eine Kupferdoppelader am öffentlichen Netz angeschlossen. Diese analoge Schnittstelle entsprach genau der analogen Teilnehmerschnittstelle. Man sprach in diesem Fall auch von einer Teilnehmergleichen Anschaltung. An größeren TK-Anlagen konnten mehrere analoge Schnittstellen angeschlossen werden.



Digitale ISDN-Schnittstellen

Im ISDN können TK-Anlagen über ISDN-Basis-Anschlüsse (praktisch teilnehmergleich mit zwei B-Kanälen mit jeweils 64 kbit/s) oder über Primärmultiplex-Anschlüsse (mit je 30 Nutzkanälen mit jeweils 64 kbit/s) an das öffentliche ISDN angeschaltet werden. In beiden Fällen können mehrere Basis- oder Primärmultiplex-Anschlüsse auch in gemischten Konfigurationen verwendet werden. Auch im ISDN mussten die TK-Anlagen als angeschaltete Endsysteme (CPE) zugelassen werden. Bei Basis- und beim Primärmultiplexanschluss wird das Übertragungsnetz des Netzbetreibers mit einer Abschlusseinrichtung (Network Termination, NT) abgeschlossen. Der NT stellt auch den Übergabepunkt zwischen öffentlichen und privatem Netz dar.

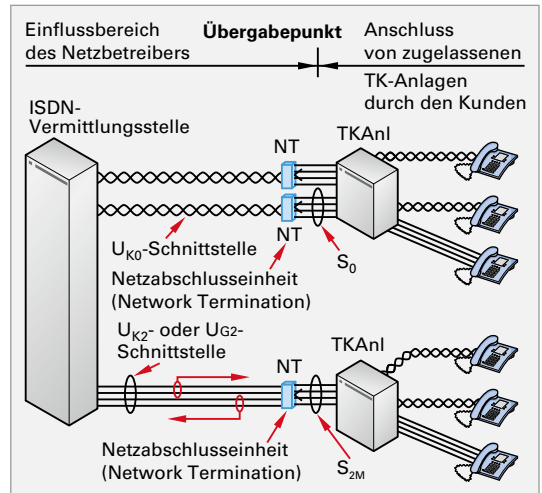


Bild 1: ISDN-TK-Anlagen-Anschluss

Die Protokolle des öffentlichen Netzes sind fest genormt, es gibt eine begrenzte Anzahl von standardisierten Leistungsmerkmalen, die auch im Rahmen der Abnahme in ihrer korrekten Funktion überprüft werden. Beim Teilnehmeranschluss und für den Anschluss von TK-Anlagen wird das Protokoll E-DSS1 (Euro-Digital Subscriber Signalling System No. 1) verwendet, dieses Protokoll ist in allen Details in ganz Europa genormt. Die TK-Anlagen bieten den internen

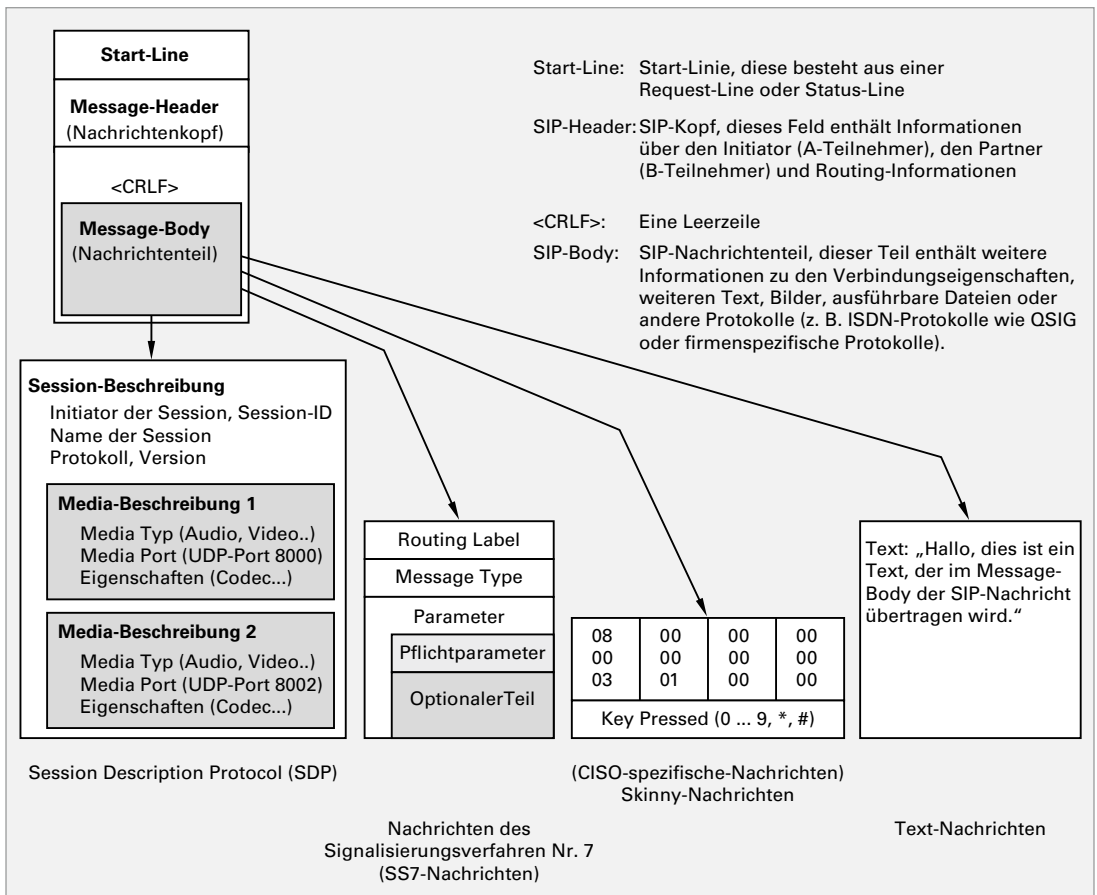


Bild 2: Nachrichtentransport im SIP-Body