

Diplomarbeit

Durch „Triple Play“ Services von Multi Service Operators bedingte Anforderungen an das Kundenequipment

Ausgeführt zum Zweck der Erlangung des akademischen Grades
DI (FH) für Telekommunikation und Medien
am Fachhochschul-Diplomstudiengang Telekommunikation und Medien St. Pölten
Vertiefungsrichtung Telekommunikation

von:

Georg Palme
tm0110038080

Begutachter:
Prokurist Hubert Riedl

Zweitbegutachter:
DI. Johann Haag

St. Pölten, am 1. Juli 2005

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere, dass

- ich diese Diplomarbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.

- ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im Inland noch im Ausland einem Begutachter/

einer Begutachterin zur Beurteilung oder in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Diese Arbeit stimmt mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit überein.

.....
Ort, Datum

.....
Unterschrift

Zusammenfassung

Service Provider wie Kabelnetzbetreiber (Multi Service Operator) und Telekommunikationsunternehmen erhoffen sich durch „Triple Play“ Services eine Steigerung der zuletzt sinkenden Umsätze im Breitbandmarkt. „Triple Play“ ermöglicht die gleichzeitige Nutzung von Video-, Sprach- und Datendiensten über dieselbe Breitbandinternetverbindung. Dies stellt einige Anforderungen an die Netzwerkinfrastruktur des Providers und an die Local Loop zum Kunden. Verfügbarkeit und Qualität der Dienste müssen sowohl im Providernetzwerk, als auch im Heimnetzwerk des Kunden gewährleistet werden. Mit den netzwerkbasierenden Diensten steht der Provider aber in Konkurrenz zu den weit verbreiteten digitalen TV-Übertragungstechniken und der damit möglichen Verwendung von Home Entertainment Systemen und Media Center PCs.

Diese Arbeit gliedert sich in drei Teile, wobei sie einen Überblick über Dienste von „Triple Play“, über wesentliche Übertragungstechniken in der Local Loop und im Heimnetzwerk, und über das Equipment, welches vom Kunden im Heimnetzwerk verwendet werden kann, bietet.

Im ersten Teil der Arbeit werden Video-, Sprach- und Datendienste für „Triple Play“ untersucht. Nach einer kurzen Einführung in die digitale Übertragung von TV-Services durch Digital Video Broadcasting werden mögliche Funktionen für Fernsehen über das Internetprotokoll (IP-TV) gezeigt. Das darauf folgende Kapitel behandelt die digitale Übertragung von Sprache über IP (VoIP), wobei Protokolle und deren Einsatzmöglichkeiten behandelt werden. Zu guter Letzt wird das Internet und seine mögliche Verwendung durch den Multi Service Operator (MSO) gezeigt.

Als die wesentlichen Access-Techniken für den MSO in der Local Loop werden Kabel, ADSL und Fiber to the Home (FTTH) beleuchtet. Diese werden in ihrer Funktionsweise erklärt und Besonderheiten werden herausgearbeitet.

Damit der Kunde zu Hause „Triple Play“ Services auch wirklich nutzen kann, ist die Übertragung der Dienste im Heimnetzwerk und das dafür verwendete Equipment besonders entscheidend. Wie das Heimnetzwerk aufgebaut sein kann und welche Funktionen das Equipment erfüllen muss, wird im letzten Abschnitt der Arbeit behandelt.

Abstract

Service providers like cable system operators and telecommunications enterprises expect that "Triple Play" services will lead to an increase in the Average Revenue per User (ARPU) for broadband services. "Triple Play" makes the simultaneous use of video-, voice and data services on the same broadband internet connection possible. There are some requirements for the provider's network infrastructure and for the Local Loop to the customer. Availability and the quality of the services must be ensured in the network of the provider and in the home network of the customer. Hence the equipment which is used in the home network and the functions included are also very important. With these network-based services, however, a provider is in competition with the widespread digital TV transmission techniques and thus with the possibility of using home entertainment systems and media center PCs.

This paper gives an overview of "Triple Play" services, of substantial transmission techniques in the Local Loop and the equipment that can be used by the customer in the home network.

At the beginning video-, voice and data services are examined, as are the protocols that are possible for these services. A short introduction to the digital transmission of TV services with Digital Video Broadcasting is followed by television over the Internet Protocol (IP-TV) and possible functions for IP-TV. The next chapter focuses on the digital transmission of Voice over IP (VoIP). Protocols for VoIP and their application types are shown. Finally, the paper will discuss the use of the internet for data services by the Multi Service Operator (MSO).

The substantial access techniques in the Local Loop are Cable, ADSL and Fiber to the Home (FTTH). The function and characteristics of these three techniques will be explained, whereby Ethernet is examined as a transmission protocol in the Local Loop.

To guarantee high availability of the "Triple Play" services at the customer's home, the transmission of the services in the home network and the functions of the equipment used within the home network are very important. Possible implementations of the home network and the necessary functions of the equipment will be pointed out in the last section of the paper.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Abstract	4
Inhaltsverzeichnis	5
1 Einleitung	8
1.1 Motivation	9
1.2 Das „Triple Play“ Dienstmodell	10
1.3 Aufbau	11
2 TV und Radio – Entertainment im Wandel	13
2.1 Analoges Fernsehen	13
2.2 Digital Video Broadcasting	14
2.3 Radio	16
2.4 IP-TV	17
2.4.1 Home Entertainment Systeme (HES)	19
2.4.2 CPE-Based-Services	20
2.4.3 Network-Based-Services	20
2.4.4 Mögliche Services eines IP-TV Systems	21
3 Paketerorientierte Kommunikation - VoIP	25
3.1 H.323	27
3.1.1 Architektur	27
3.1.2 Signalisierung	29
3.2 SIP	30
3.2.1 Architektur	32
3.2.2 SIP Anwendungen	35
3.2.3 Unterstützung der Mobilität	38
3.2.4 Sicherheit	40
3.2.5 Quality of Service	40
3.3 MGCP/NCS	41
3.4 MeGaCo	42
3.5 Fazit	42
4 Internet und „Triple Play“	44
5 Internet Access Technologien	46
5.1 Digital Subscriber Line (DSL)	46
5.1.1 ADSL	47
5.1.2 Weitere relevante DSL-Techniken	49
5.1.3 ADSL Architektur	50
5.1.4 Single-Circuit Netzwerk Architektur	52
5.1.5 Multi-Circuit Netzwerk Architektur	53
5.2 HFC und Euro - Docsis	54
5.2.1 Referenz Modell	55
5.2.2 Downstream (DS)	56

5.2.3	Upstream (US).....	56
5.2.4	DOCSIS MAC.....	58
5.2.5	QoS	59
5.2.6	Kabeltechnologie für Multimediaanwendungen	59
5.3	Fiber to the Premises	61
5.3.1	Übertragungstechnik	62
5.3.2	Ethernet in the First Mile (EFM).....	63
5.3.3	Passive Optical Network.....	66
6	Multimedia over Wlan	69
6.1	802.11e MAC-Erweiterung	69
6.1.1	Enhanced Distribution Coordination Function	69
6.1.2	Hybrid Coordination Function	72
6.2	Wi-Fi Multimedia.....	73
7	Das Heimnetzwerk	74
7.1	Kriterien	75
7.1.1	Terminierung der Breitbandverbindung	75
7.1.2	Ort der Nutzung der Services (räumliche Situation)	76
7.1.3	Übertragungstechniken	76
7.2	DSL Forum	77
7.2.1	Überblick.....	77
7.2.2	DSL Forum Referenz Modell	79
7.2.3	Management und Security.....	81
7.3	CableHome	82
7.3.1	CableHome Architektur	83
7.3.2	Portal Service	84
7.4	Vernetzungstechniken im Heimnetzwerk	88
7.4.1	Cat5 Verkabelung.....	88
7.4.2	Multimedia over Coax.....	88
7.4.3	WLAN (WiFi).....	90
7.4.4	HomePlug.....	90
7.4.5	HomePNA.....	92
7.4.6	Nicht Standardisierte Übertragungsmethoden	94
7.5	Varianten eines Heimnetzwerkes.....	95
8	Kundenequipment.....	100
8.1	DHCP	100
8.1.1	Breitbandmodem	100
8.1.2	Endgeräte	101
8.2	TFTP	101
8.3	Management	102
8.4	QoS	102
8.5	Firewall	102
8.6	Verschlüsselung	103
9	Resümee	104
9.1	Dienste von HES und/oder MSO.....	104

9.2	Anforderungen an die Übertragungstechniken.....	105
9.3	Anforderungen an das Kundenequipment.....	107
9.4	Fazit.....	108
Anhang A: Literatur- und Quellenverzeichnis.....		109
Anhang B: Abbildungsverzeichnis.....		117
Anhang C: Tabellenverzeichnis.....		118
Anhang D: Danksagung		119
Glossar.....		120
Abkürzungsverzeichnis.....		124
Stichwortverzeichnis		136

1 Einleitung

Multi Services Operator (MSO), wie sich im allgemeinen Kabelnetzbetreiber nennen, sehen ihre wirtschaftliche Zukunft im Angebot von „Triple Play“ Services. Durch die Übertragung von Video-, Sprach-, und Datendiensten über die Breitbandinternetverbindung des Kunden, hoffen die Provider die zuletzt sinkenden Umsätze wieder anheben zu können. Diese Services stellen neue Anforderungen an die bestehende Netzwerkinfrastruktur der MSOs und an das Equipment welches beim Kunden benötigt wird, um die Services nützen zu können. Die Auswahl eines geeigneten Home Equipment für die angebotenen Services ist im Moment schwierig, denn die in den Endgeräten implementierten Funktionen hängen sowohl von der Access-Technologie in der Local Loop als auch von den Services selbst ab.

Diese Arbeit wurde in Zusammenarbeit mit der Firma LIWEST Kabelmedien GmbH, welche in Linz/Urfahr ihren Sitz hat, durchgeführt. Sie soll vor allem dazu dienen, einen Überblick über „Triple Play“ Services und deren Anforderungen an das Enduserequipment (Endgeräte, Heimnetzwerk) zu geben. Zu Beginn der Arbeit werden mögliche Services für Videodienste (IP-TV, Video on Demand, etc.), für Sprachdienste (VoIP) und Datendienste (Internet) definiert. Da Home Entertainment Systeme eine starke Konkurrenz für den Provider darstellen werden, sollen unterstützende Dienste für IP-TV im Vergleich mit den Services der Home Entertainment Systeme (HES) gefunden werden. Eine hohe Verfügbarkeit der Dienste ist für den Provider sehr wichtig. Daher sind deren Anforderungen an die Local Loop besonders entscheidend. Des Weiteren sollen die „Triple Play“ Dienste beim Kunden unabhängig von der räumlichen Situation empfangen werden können. Das Heimnetzwerk des Kunden muss in der Lage sein, diese Dienste zuverlässig zu transportieren.

Die technischen Aspekte der „Triple Play“ Services, der Übertragungstechniken in der Local Loop und in Heimnetzwerk, sowie die Funktionen des Kundenequipments bilden in dieser Arbeit den Schwerpunkt. Wirtschaftliche Betrachtungen bezüglich Preisgestaltung der Servicepakete sowie Investitionskosten werden hier nicht weiter betrachtet. Etwaige praktische Versuche und Untersuchungen würden den Umfang dieser Arbeit sprengen, könnten aber durchaus Gegenstand einer weiterführenden Arbeit sein.

1.1 Motivation

Seit einiger Zeit kann man auf dem Internetmarkt einen steten Preisrückgang für den „normalen Internetdienst“, also den reinen Datendienst beobachten. Die Ursache für den Preisrückgang liegt im starken Konkurrenzkampf der Provider um die Gunst der Kunden. Um mehr Kunden zu gewinnen, wird im Moment vor allem mit einer Steigerung der Bandbreite für die Internetverbindung geworben, jedoch bei gleich bleibender monatlicher Gebühr für den Kunden. Auf der einen Seite nimmt die Anzahl der Breitbandverbindungen zu, auf der anderen Seite wächst der Umsatz aber nicht im selben Ausmaß. Eine Studie, durchgeführt von der Arthur D. Little Global Management Consulting GmbH, belegt diese Entwicklung [vgl. Arthur D. Little].

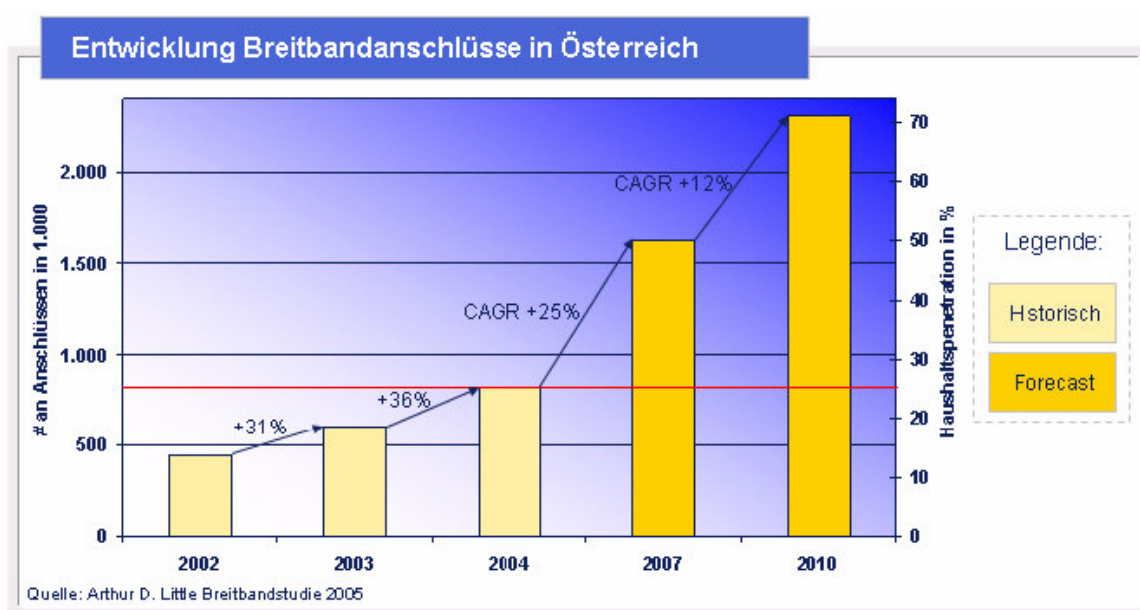


Abbildung 1-1: Breitbandzuwachs 2003 auf 2004: 36%¹ [vgl. Presstext Austria, 2005]

Abbildung 1-1 zeigt den Anstieg von Breitbandanschlüssen in Österreich um 36% von 2003 auf 2004. Abbildung 1-2 hingegen zeigt im selben Zeitraum nur einen Umsatzzuwachs von 18% bei den Breitbandanschlüssen. Laut Studie wird dieser Trend auch noch die kommenden Jahre anhalten.

¹ Studie Arthur D. Little Management Consulting GmbH: The Arthur D. Little Arthur D. Little Global Broadband Report Update 2005; <http://img.ptc.at/files/binary/814.pdf>

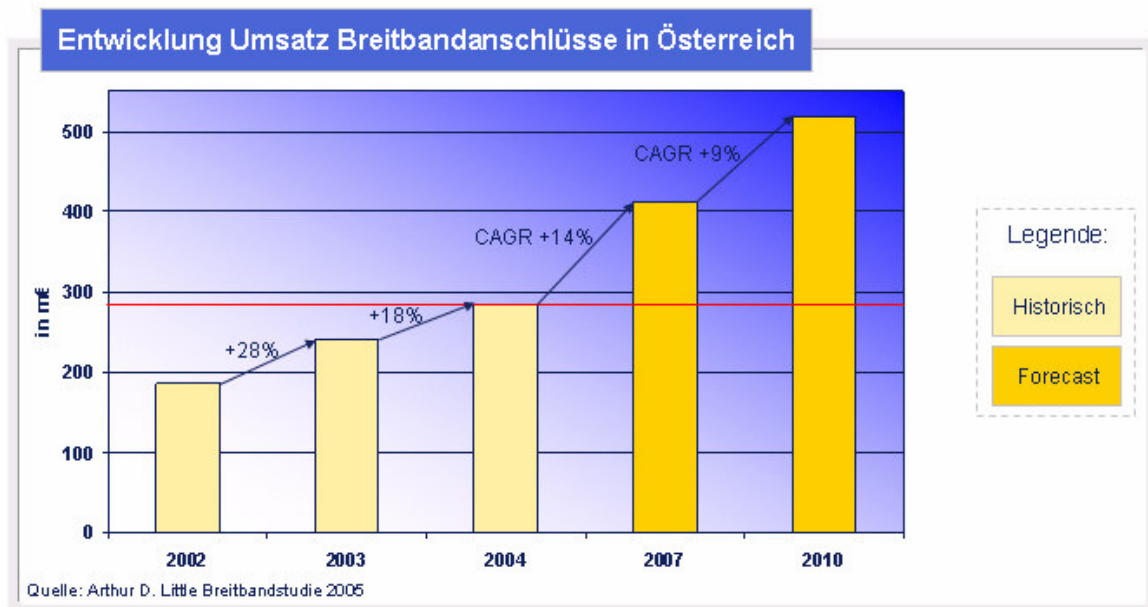


Abbildung 1-2: Umsätze 2003 bis 2004: 18%¹ [vgl. Presstext Austria, 2005]

Durch diesen Preisrückgang wird beim Kunden Kapital frei, welches er nun anderweitig einsetzen kann. Dieses freigewordene Kapital des Kunden steht nun im Mittelpunkt der Überlegungen der Hersteller von Home Entertainment Systemen (HES) und der Service Provider. In den HES werden daher neue, zusätzliche, vielleicht sogar interaktive Services in einem physikalischen Gerät (HES) implementiert. Sie werden vor allem in Kombination mit DVB eingesetzt und werden daher immer mehr von den Heimanwendern eingesetzt.

Diese Entwicklung ist natürlich nicht erfreulich für den Provider. Um das durch den Umsatzrückgang verlorene Kapital nicht an die HES zu verlieren, muss nun der Provider ebenfalls versuchen neue, für den Kunden interessante Dienste anzubieten. Das sollen im allgemeinen Video-, Sprach-, und Datendienste sein. Das Angebot aller drei Dienste nennt man „Triple Play“.

Definition: „Triple Play“ ist das Angebot, von Diensten wie IP-TV, VoIP und Datendienste (Internet), eines Providers über die Breitbandinternetverbindung des Kunden.

1.2 Das „Triple Play“ Dienstemodell

Abbildung 1-3 zeigt ein Schichtenmodell, welches zeigt, wie sich die Situation bezüglich „Triple Play“ Services und mögliche Übertragungstechniken im Provider- und Heimnetzwerk aus der Sicht der Firma Liwest darstellt. Sowohl für die Übertragung der Dienste im das Providernetzwerk, als auch im Heimnetzwerk stehen unterschiedliche Techniken zu Verfügung.

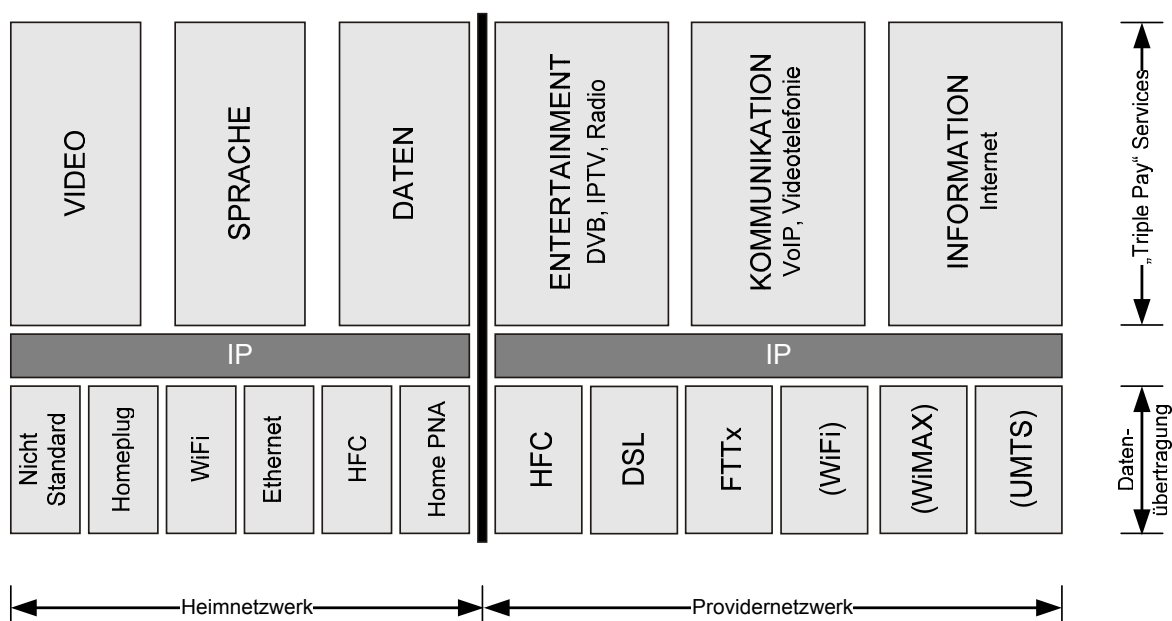


Abbildung 1-3: „Triple Play“ Schichtenmodell

Das richtige Kundenequipment und vor allem die richtigen Funktionen im Kundenequipment sind für den Erfolg von „Triple Play“ von entscheidender Bedeutung. Um nun beurteilen zu können, welche Anforderungen an das Kundenequipment gestellt werden, ist es im Voraus nötig „Triple Play“ Services zu definieren. Diese stellen wiederum Anforderungen an die Übertragungstechniken in der Local Loop und im Heimnetzwerk. Daher werden die für die Firma Liwest wesentlichen Übertragungstechniken, ADSL, Kabel und FTTx, betrachtet. Diese Drei deshalb, weil die Firma Liwest ein Kabelnetzwerk betreibt, welches in Zukunft eventuell durch DSL- und FTTx-Techniken erweitert werden könnte. WiFi, Satellit, WiMAX oder UMTS werden von der Firma Liwest nur wenig (WiFi) oder gar nicht (Satellit, WiMAX, UMTS) eingesetzt. Sie werden daher in dieser Arbeit nicht weiter als Access-Techniken in der Local Loop berücksichtigt. Die im Heimnetzwerk verwendeten Übertragungstechniken sind neben Cat- und Koaxialverkabelung auch WLAN (WiFi), HomePlug, HomePNA und eventuelle Techniken, die nicht standardisiert sind.

1.3 Aufbau

Diese Arbeit gliedert sich in drei Teile. Im ersten Teil werden Services aus allen drei Bereichen von „Triple Play“ gezeigt. Dabei werden bewerte und bereits seit längerer Zeit verwendete Protokolle und Verfahrensweisen kurz, angefangen von der Entstehung bis hin zu möglichen Einsatzgebieten untersucht. Dies betrifft Protokolle für VoIP (Kapitel 3 „Paketorientierte Kommunikation - VoIP“), sowie die Übertragung von Broadcastmedien wie Fernsehen (Digital Video Broadcasing) und Radio (Digital Audio Broadcasting)

(Kapitel 2 „TV und Radio – Entertainment im Wandel“). VoIP Protokolle werden vor allem auf ihre möglichen zusätzlichen Services und auf ihre Einsatzmöglichkeiten hin untersucht. Besonders SIP hier wird genauer betrachtet. In Punkt 2.4 „IP-TV“ Services werden Services aufgezeigt, die in einem IP-TV System vorhanden sein sollten. In Kapitel 4 „Internet und „Triple Play““ sollen noch mögliche Aufgaben des Internets im Rahmen von „Triple Play“ gefunden werden.

Folgende Forschungsfrage soll beantwortet werden: Welche Services können nur von Home Entertainment Systemen, welche von Home Entertainment Systemen und Multi Service Operator (MSO) und welche nur von MSO erbracht werden?

Im zweiten Teil der Arbeit (Kapitel 5 „Internet Access Technologien“), werden ADSL, Kabel und FTTx betrachtet. Es wird deren Architektur und Funktionsweise erklärt, sowie die Besonderheiten der einzelnen Techniken gezeigt. Dies ist wichtig, um später bei der Untersuchung des Enduserequipments (Endgeräte, Heimnetzwerk) festlegen zu können, welche Funktionen es benötigt und unterstützen soll.

Folgende Forschungsfrage soll beantwortet werden: Welche Anforderungen werden an die Übertragungstechniken gestellt?

Der dritte und letzte Abschnitt der Arbeit beschäftigt sich mit den im Enduserequipment notwendigen Funktionen, sowie mit dem Heimnetzwerk des Kunden. Im Kapitel 6 „Multimedia over Wlan“ werden die Erweiterungen des 802.11e Standards für WLAN erklärt. Durch diesen Standard wurde nun auch für WLAN-Technologie QoS spezifiziert. Je nach verwendeter Access-Technologie sind in den Endgeräten, an welchen die Breitbandverbindung terminiert, unterschiedliche Funktionen implementiert. Ein weiterer wesentlicher Punkt ist die Verteilung der Dienste in der Wohnung des Kunden. Dies soll über ein Heimnetzwerk passieren (Kapitel 7 „Das Heimnetzwerk“). Für das Heimnetzwerk geeignete Technologien sind zu finden. Mit Hilfe von Spezifikationen vom DSL Forum und von PackeCable sollen mögliche Heimnetzwerk-Szenarien erarbeitet werden. Das letzte Kapitel (Kapitel 8 „Kundenequipment“) behandelt die Funktionen im Kundenequipment.

Folgende Forschungsfrage soll beantwortet werden: Welche Anforderungen werden an das Kundenequipment im Heimnetzwerk und an das Heimnetzwerk selbst gestellt?

2 TV und Radio – Entertainment im Wandel

Vor nunmehr 50 Jahren begann der Ausbau eines flächendeckenden Rundfunknetzes für das Fernsehen in Österreich. Seit dieser Zeit hat sich auf dem Gebiet der Übertragung von bewegten Bildern vieles geändert. Lange Zeit gab es nur Schwarz-Weiss-Fernsehen, doch mit der Berücksichtigung von Farbinformationen bei Aufnahme und Wiedergabe der Bilder konnte man nun auch in Farbe fernsehen. Am weitesten verbreitet ist auch heute noch die analoge Übertragung der Fernseh-Signale. Doch wie auch in anderen Bereichen der Informationsübertragung, ist auch hier die Digitalisierung bereits voll im Gange. Beim Kabelfernsehen und vor allem beim Satellitenfernsehen ist die Digitale Übertragung weit verbreitet. Auch bei der digitalen, terrestrischen Übertragung (DVB-T) wurden Fortschritte in der Entwicklung gemacht.

Im Großraum Berlin-Potsdam zum Beispiel, ist die Umstellung von analogem terrestrischem Fernsehen auf DVB-T seit dem 4. August 2003 abgeschlossen, das heißt, die analoge Übertragung ist komplett abgeschaltet [vgl. WWW 01].

In Österreich hat im Dezember 2003 die Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH (RTR) ein „Digitalisierungskonzept für die Einführung von DVB-T“ veröffentlicht. In diesem Papier wurde, in Durchführung mehrerer Phasen festgelegt, dass der Umstieg auf DVB-T bis zum Jahr 2010 in ganz Österreich abgeschlossen sein soll [vgl. RTR1, 2003].

Noch im selben Jahr begannen die Vorbereitungen der RTR für einen DVB-T-Testbetrieb in Graz. Dieser Testbetrieb wurde im Dezember 2004 abgeschlossen und sollte zur Sammlung von Erfahrungen und Erkenntnissen dienen. [vgl. RTR2, 2004].

2.1 Analoges Fernsehen

Die einzelnen Programme werden als Broadcast mit einer Bandbreite von 7 bis 8 MHz ausgestrahlt und können über Koaxialkabel, Satellit oder über eine terrestrische Antenne empfangen werden. Pro Kanal kann nur ein Programm ausgestrahlt werden. Die analogen Signale werden mit einem Koaxialkabel zum Fernsehgerät transportiert und dort direkt verarbeitet. Direkt bedeutet, dass kein zusätzliches Gerät benötigt wird, welches das empfangene Signal in irgendeiner Art und Weise bearbeiten muss, damit es vom TV-Gerät empfangen werden kann.

Mit der Einführung von Tele- oder Videotext stand ein zusätzlicher Dienst zur Verfügung. Tele- oder Videotext überträgt Zusatzinformationen wie Nachrichten, Untertitel oder Programmhinweise als Text oder in grafischer Form. Diese Daten werden in der vertikalen Austastlücke des analogen Bildes gesendet und zwar in digitalen, ASCII-codierten 8-Bit-Worten. [vgl. Schmidt, 2000, S.159].

Während Teletext bereits eine Art interaktiver Dienst war, ist analog-TV ein unidirektionaler Service, bei dem man mit einer IR-Fernbedienung das Programm, also die Frequenz, wechseln kann, erhält aber sonst keine weiteren Informationen. Will man Sendungen oder Spielfilme speichern, muss man einen Videorecorder zwischen ankommendes Signal von der Antenne und Fernseher schalten, der das TV-Signal zum Fernseher durchschleift und gleichzeitig das gewünschte Programm aufnimmt. Für die Zeitsteuerung der Aufnahme wird VPS, ein weiterer Zusatzdienst des analogen Fernsehens, verwendet.

VPS regelt die zeitgenaue Aufnahme von Programmen, wird binär codiert übertragen und ist mit 8-Bit-Worten verschlüsselt [vgl. Schmidt, 2000, S.160].

Als Speichermedium für analoge Signale dient seit langer Zeit das Magnetband der Videokassette. Diese analoge Aufnahmetechnik hat den Nachteil, dass die Qualität der Aufnahme mit der Anzahl der Aufnahmen auf diesem Band und dem oftmaligem Abspielen des Bandes sank. Durch die fortschreitende Digitalisierung auf dem Home User Markt gibt es bereits zahlreiche Endgeräte, die analog ausgestrahlte Programme digital abspeichern können.

2.2 Digital Video Broadcasting

DVB, oder Digital Video Broadcasting, wird die Übertragung von digitalen Inhalten wie TV-Programme, Teletext, Radio durch digitale Technik genannt. Wie die Bezeichnung bereits verrät, werden die TV-Programme mittels Broadcast ausgestrahlt. Das Signal wird großflächig ausgesendet und kann nur empfangen werden, wenn eine entsprechende Empfangseinheit vorhanden ist. DVB wurde vom DVB-Consortium [vgl. DVB Consortium] und der European Telecommunications Standards Institute (ETSI) [vgl. ETSI] in zahlreichen Publikationen spezifiziert. Es gibt einige Varianten für unterschiedliche Übertragungswege von DVB, die sich vor allem im verwendeten Modulationsverfahren und der verwendeten Fehlerkorrektur unterscheiden. DVB wird angeboten über Satellit (DVB-S) [vgl. DVB-S, 1997], über Koaxialkabel (DVB-C) [vgl. DVB-C, 1998], terrestrisch (DVB-T) [vgl. DVB-T, 1997] und für mobile Endgeräte (DVB-H; Handhelds) [vgl. DVB-H,

2004]. Digitales Fernsehen verwendet die MPEG-2 Standards und überträgt die Videodaten in so genannten Transport Streams (TS). MPEG-TS wurde speziell für störanfällige Broadcast-Anwendungen entwickelt. Im DVB-Standard gibt es zu MPEG-2 noch zusätzliche Erweiterungen in Form von Service Informationen (SI), welche im MPEG-2-Transport-Strom (MPEG-2-TS) mit übertragen werden. Diese zusätzlichen Informationen sind notwendig, um sich aufgrund der Vielzahl von Programmen zu Recht zu finden und um Informationen über angebotene Bouquets und deren Inhalt zu erhalten. [vgl. DVB SI, 2004].

Als Datenreduktionsverfahren haben sich die MPEG-2 Standards durchgesetzt, wobei die Bildqualität gegenüber unkomprimierten Daten gleich bleiben soll. Durch die Reduktion der Datenmenge können Fernsehbilder im PAL-Format mit einer Bandbreite von nur 2 Mbps ausgestrahlt werden. Die Bandbreite der einzelnen Programme ist natürlich stark von der verwendeten Bildauflösung (Bildqualität) abhängig. Über einen Frequenzkanal wird nur ein analoges TV-Programm übertragen. Durch Datenreduktionsverfahren benötigen digitale TV-Programme weniger Bandbreite als analoge TV-Programme. Somit können mehrere digitale TV-Programme in einem Frequenzkanal gebündelt und übertragen werden. Dadurch werden also die für die Datenübertragung zur Verfügung stehenden Frequenzen viel besser ausgenutzt. Des Weiteren kann durch die digitale Übertragung die Bildqualität verbessert werden. Da die Daten digital vorliegen und übertragen werden, können digitale Modulations- und Fehlerkorrekturverfahren angewendet werden. Jede DVB-Variante ist speziell auf das Übertragungsmedium optimiert. DVB-S nutzt Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) als Modulationsverfahren [vgl. DVB-S, 1997]. Bei DVB-C wird Quadrature Amplituden Modulation (QAM) angewendet [vgl. DVB-C, 1998], weil die digitalen Daten über einen analogen Kanal übertragen werden. Für DVB-T wird Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing (COFDM) genutzt. Für die Fehlerkorrektur werden bei allen drei Varianten Reed-Solomon-Codes und Codespreizung (Interleaving) verwendet.

In Zukunft wäre es möglich, noch effektivere Datenreduktionsverfahren, wie MPEG-4 oder H.264 anzuwenden. H.264 ermöglicht eine zusätzliche Bandbreitensparnis, sodass noch mehr Programme pro Kanal oder Programme in HDTV-Qualität ausgestrahlt werden können. Es werden bereits hoch auflösende Fernsehbildschirme entwickelt, oder können schon erworben werden, um HDTV empfangen zu können. Durch die Digitalisierung ist es für die Programmanbieter einfacher, kostenpflichtige Programme zu verschlüsseln und Dienste wie Video on Demand (VoD) anzubieten.

Um den digitalen Datenstrom auf einem herkömmlichen Fernseher ansehen zu können, wird ein zusätzliches Gerät benötigt, welches das digitale Signal wieder in ein analoges Signal zurückwandelt. Diese Geräte werden Set-Top-Box (STB), bei DVB-S auch Digital Receiver genannt. Sie verfügen optional über zusätzliche nützliche Funktionen wie die Timeshift (TS) Funktion, welche zeitversetztes Fernsehen ermöglicht, oder den Electronic Program Guide (EPG).

Für den Kunden ist die mögliche Interaktivität ein Reiz auf DVB umzusteigen. Dienste wie Timeshift oder EPG bieten bereits „ein bisschen“ Interaktivität. Man kann sich zum Beispiel mit EPG jederzeit die Filme der kommenden Stunden oder der nächsten sieben Tage mit zusätzlichen Informationen anzeigen lassen. In Zukunft wäre es möglich, dass Dienste wie Internetservices oder Homeshopping-Angebote über DVB zur Verfügung stehen. Die Daten für den Bestellvorgang müssen daher zum Programmsender übertragen werden. Interaktive Dienste benötigen also einen Rückkanal zum Provider. Um einen Standard für die Darstellung von interaktiven Inhalten über DVB zu erhalten und den Fernsehanstalten die Möglichkeit zu geben, Programm-begleitende Dienste anzubieten, wurde von der Arbeitsgruppe DVB-Projekt die Multi Home Platform (MHP) entwickelt [vgl. DVB MHP, 2000].

Um MHP nutzen zu können, muss die STB oder der Receiver MHP unterstützen. Außerdem muss, um Daten übertragen zu können, ein Rückkanal zum Sender vorhanden sein. MHP wird im Moment vor allem für DVB-C und DVB-S getestet, da hier die Implementierung eines Rückkanals einfacher zu sein scheint. Es gibt bereits einige Set-Top-Boxen und Receiver die MHP unterstützen. Auch einige TV-Sender unterstützen bereits MHP. Durchgesetzt hat sich MHP aber noch nicht, da im Moment die notwendigen Killer-Applikationen fehlen [vgl. MHP].

2.3 Radio

Mit den Jahren hat sich das Radio als wichtiges Informations- und Unterhaltungsmedium erwiesen. Heute werden Radioprogramme meist analog übertragen und können über die Fernsehantenne oder durch eine Antenne am Radio empfangen werden. Auch hier hat die Digitalisierung bereits Einzug gehalten. Es besteht für Kunden heute die Möglichkeit verschiedene Radiosender über DVB zu empfangen.

Ebenso wie auch beim Digital-TV werden die verschiedenen Radioprogramme als Broadcast im MPEG-2 Format übertragen. Da nur Audiodaten übertragen werden, ist die erforderliche Bandbreite erheblich geringer als bei einem Datenstrom von bewegten

Bildern. Die digitalen Daten können aber von einem analogem Radio oder Stereoanlage nicht ohne zusätzliches Hilfsmittel abgespielt werden. Auch hier müssen die Daten von einer STB oder von einem Receiver digital/analog gewandelt werden. In teureren STB und Receivern ist aber in der Regel ein digitaler Ausgang implementiert. Wenn man dann eine Audioanlage mit digitalem Eingang besitzt, kann man diesen mit dem digitalen Ausgang der STB durch ein Kabel verbinden und den Sound in bester Qualität hören.

Digital Audio Broadcasting

Für die terrestrische Ausstrahlung von Radioprogrammen wurde von der ETSI ein Standard spezifiziert, der analog zu DVB als DAB bezeichnet wird. DAB wurde für mobile und fixe Empfänger spezifiziert und ist aber unabhängig von DVB-T. Zielsetzung war die digitale Übertragung von Audioprogrammen in einer hervorragenden Qualität. DAB erlaubt Nutzdatenraten von bis zu 1,5 Mbps bei einem Übertragungskanal von etwa 1,5 MHz Bandbreite. Die Audiodaten der Programme werden mit einer Datenrate von 32 bis 384 kbps ausgestrahlt. Neben Audiodiensten ist auch die Übertragung von Multimediasignalen spezifiziert. Ein Rückkanal war ursprünglich nicht vorgesehen doch wird aufgrund der geforderten Interaktivität bereits an der Implementierung eines Rückkanals gearbeitet. So wird es dann z.B. möglich sein einen Zugangs zum WWW herzustellen und Daten abzurufen [vgl. DAB, 2001].

2.4 IP-TV

IP-TV ist der Dienst im Zuge von „Triple Play“, welcher die Provider wieder auf Umsatzzuwächse hoffen lässt. Die Provider gelangen aber mit IP-TV in Konkurrenz zu DVB. Um sich nun gegen DVB behaupten zu können, müssen für IP-TV Systeme neben TXT und EPG zusätzliche interaktive Dienste definiert werden.

Streaming Video kann man bereits seit einigen Jahren im Internet nutzen. Man bekommt eine Art von VoD, jedoch ist der Empfang nur auf einem PC möglich und die entsprechende Software zum Abspielen der Streams muss am PC installiert sein. Die Auflösung der Filme ist aber meist gering (kleines Bild). Einige Anbieter im Internet ermöglichen auch den Download von Filmen, welche man sich dann später ansehen kann. Doch wie schnell der Film-Download beendet ist, ist von der Geschwindigkeit der Internetanbindung abhängig. Daher spielt gerade bei VoD und Live-TV die Übertragungstechnik in der Local Loop und im Heimnetzwerk eine wichtige Rolle. Um Programme als MPEG-2 Datenströme beim Kunden in einer ausreichend guten Qualität

empfangen zu können, wird weit mehr Bandbreite benötigt, als sie derzeit von den meisten Providern angeboten wird.

Mit den derzeit gängigen Komprimierungsverfahren für Videodaten, wird für ihre Übertragung eine Bandbreite von 3,5 Mbps benötigt, exklusive Netzwerk-Overhead. Hier muss man aber die unterschiedlichen Ausgangssituationen von Telekommunikationsfirmen und von MSOs unterscheiden. Telcos, wie Telekommunikationsfirmen genannt werden, bieten derzeit Breitbandverbindungen für private Haushalte meist über DSL an. Die dem Kunden zur Verfügung stehende Bandbreite ist abhängig von der Entfernung zum Central Office (CO). Im Gegensatz dazu, muss der MSO keine besondere Rücksicht auf die Entfernung des Kunden nehmen, um genügend Bandbreite für die Internetverbindung zu Verfügung stellen zu können.

Eine wichtige Frage für den Provider wird sein, wie er die einzelnen Programme zum Kunden transportiert. Soll er nun Multicast oder Unicast verwenden. Wird Multicast verwendet, bekommt jedes Programm eine eigene Multicast-IP-Adresse. Jedes Programm wird zum Kunden gesendet und das Endgerät stellt das jeweilige Programm dar, indem es die Signalisierungsprotokolle von Multicast nutzt, um den Multicast-Gruppen beizutreten. Eben durch diese Signalisierung kann es zu Verzögerungen bei einem Programmwechsel kommen. Es könnte zu Einbusen in der Funktionalität des MC-Systems kommen, da zum Beispiel bei Nutzung von VoD der Film erst dann gestartet werden kann, wenn der nächste Durchlauf des Films beginnt. Sonst würde man eventuell als Kunde in der Mitte des Films einsteigen. Da bei der Verwendung von MC die STB das jeweilige Programm darstellt, muss es natürlich über die gesamte Programmpalette bescheid wissen. Die STB muss also konfiguriert werden. Dies könnte über einen zentralen Server im Netzwerk passieren, wenn die STB für eine solche Konfiguration ausgelegt ist. Bei dieser Variante liegt viel Intelligenz in der STB, daher ist es wahrscheinlich, dass ein solches System anfällig für Fehler ist.

Man kann aber auch Unicaststreams verwenden, die natürlich den Traffic im Netzwerk erheblich steigern, da für jeden Kunden ein eigener Datenstrom aufgebaut wird. Der Vorteil von Unicast ist, dass der Datenstrom individuell pro Kunden manipuliert werden kann. Dies wäre zum Beispiel für Timeshift nötig, da hier der Unicaststream gestoppt werden muss. Die Vorteile von Unicast sind der schnelle Programmwechsel, da nicht einer neuen MC-Gruppe beigetreten werden muss, die Zentralisierung des Services beim Provider und die damit verbundene bessere Steuerung des Zugriffs von Usern auf Verschlüsselte Programme, sowie die vereinfachte Wartung und das leichtere Sammeln

von Account-Daten. (Auf die genauere Funktionsweise von MC wird hier nicht eingegangen, da das den Rahmen der Arbeit sprengen würde.) Daher wäre für den Provider die Kombination von Multicast und Unicast für IP-TV Services zu überlegen. Multicast im Backbone-Netzwerk für Content-Transfer auf die Server des IP-TV Systems und Unicast für die Übermittlung der IP-TV Services zum Kunden.

Die einzelnen Programme werden ebenfalls als MPEG-2 Datenströme übertragen, jedoch ist hier ein entscheidendes Kriterium die Kapazität und Intelligenz des zugrunde liegenden Netzwerkes. Je nach Access-Technologie müssen Funktionen bereitgestellt werden, die eine zuverlässige Transmission der Videodatenströme sicherstellen.

Es gibt viele verschiedene Möglichkeiten wie der Anwender zu Hause heute seine gewünschten Services erhalten kann. Ob und welche Dienste genutzt werden können, hängt natürlich stark von der vorhandenen Angebotsvielfalt an Diensten ab, aber auch von der Intelligenz der Endgeräte beim Kunden. Man könnte für den Kunden drei Service-Gruppen definieren:

- Home Entertainment Systeme
- Customer Premises Equipment (CPE)-Based-Services
- Network-Based-Services

2.4.1 Home Entertainment Systeme (HES)

Diese Systeme bieten Dienste zentral auf einem physikalischen Gerät im Heimnetzwerk. Um ein HES verwenden zu können, braucht man nicht einmal einen Internetzugang. Ist das System dementsprechend ausgerüstet, kann man Filme oder Programme über DVB-C, DVB-T oder DVB-S empfangen, aufnehmen oder auf CD oder DVD abspeichern. Einige dieser Systeme können aufgenommenes Filmmaterial über das lokale LAN (Heimnetzwerk) zu anderen PC's übertragen. In einem HES werden also mehrere Funktionen in einem Gerät kombiniert. Beispiele für HES sind das Media Center von Microsoft oder Set-Top-Boxes (STB) mit Erweiterungen für die Nutzung von Multimediaanwendungen.

Beispiel einer STB ist das ACTIVITY Media Center von Fujitsu Siemens:

Dieses HES ist in der neuesten Version für DVB-C, DVB-T und analog TV geeignet. Es sind 2 Tuner für Live-Fernsehen und für eine gleichzeitige Aufnahme implementiert. Für

die Integration in das Heimnetzwerk gibt es einen Ethernetanschluss, über den auf das HES von einem PC aus zugegriffen werden kann. Dadurch ist es aber auch möglich Remote-Konfigurationen z.B. von der Arbeitsstätte aus, auf diesem HES durchzuführen. Optional kann auch ein WLAN-Adapter in das HES eingebaut werden. Ferner sind analog und digital Audioeingänge und Ausgänge, sowie andere Anschlüsse implementiert. TV-Programme können auf eine Festplatte aufgenommen und/oder auf DVD gebrannt werden. In der Bediensoftware ist zusätzlich ein Browser für den Internetzugang implementiert. Man kann also über den Fernseher im Internet surfen. Weitere Funktionen sind Teletext, Timeshift und EPG. Eine genauere Beschreibung der integrierten Anschlüsse und Funktionen des ACTIVITY Media Center findet man unter [HES].

2.4.2 CPE-Based-Services

Unabhängig von den möglichen Services von DVB oder IP-TV, ist die Nutzung dieser Services abhängig von der Funktionalität der Set-Top-Box. Durch diese Abhängigkeit werden die Dienste auch Customer Premises Equipment (CPE)-Based-Services genannt. Diese Services wird man vor allem auf Set-Top-Boxen (STB) für DVB finden. Der Unterschied zu den HES ist, dass man sie nicht als zentralen Server im Heimnetzwerk einsetzen kann, sondern nur spezielle Funktionen für den empfangenen Service unterstützen. Man könnte zum Beispiel eine Webbrowserfunktion in IP-TV fähiges Enduserequipment implementieren. Wird MHP oder EPG von der STB nicht unterstützt, so kann dieser Dienst nicht genutzt werden. Ist keine Festplatte in der STB vorhanden, dann ist die Aufnahme von Programmen oder die Nutzung der Timeshift-Funktion nicht möglich.

2.4.3 Network-Based-Services

Den CPE-Based-Services stehen die Network-Based-Services gegenüber. Das sind Services die auf Servern im Providernetzwerk positioniert sind und über das Providernetz und der Local Loop zu den Kunden transportiert werden. Diese Services haben für den Provider den Vorteil, leicht managebar zu sein. Der Provider steuert zentral den Zugriff der berechtigten User auf den Service und er kann aus den zur Verfügung stehenden Diensten spezielle Pakete schnüren. Zu dieser Gruppe zählen Services wie ein Personal Video Recorder (PVR), Timeshift, Video on Demand (VoD), etc., denn auch wenn das CPE keine Festplatte implementiert hat, kann man auf einem zentralen Server Sendungen aufnehmen und Timeshift oder VoD nutzen. Der Provider hat so die Möglichkeit verschiedene Service Pakete anzubieten. Er kann zentral steuern, welcher

Kunde welchen Service nutzen darf. Außerdem ist durch die zentrale Steuerung der Dienste das Sammeln von Billing-Informationen für den Provider wesentlich einfacher.

Im folgenden Abschnitt sollen einige mögliche Dienste eines IP-TV Systems beschrieben werden.

2.4.4 Mögliche Services eines IP-TV Systems

Allgemein

Vorraussetzung für das Angebot von TV-Services über IP ist das Vorhandensein des gesamten Video-Content in digitaler Form. Grundlage eines IP-TV Systems kann das Programm der bekannten Fernsehsender sein. Um für den Kunden interessant zu sein, sollten zumindest alle jene Programme empfangen werden können, die auch über Satellit ausgestrahlt werden. Das Angebot kann zusätzlich noch durch verschlüsselte Programme erweitert werden. Natürlich müssen dann Funktionen für die Verschlüsselung der Programme im System vorgesehen werden, um eine Art von Conditional Access zu gewährleisten. Wie der Zugriff von berechtigten Usern im Detail realisiert wird, bleibt dem Provider überlassen. Die einzelnen Programme werden über eine Satellitenfarm empfangen und können über eine DVB-ASI Verbindung in die CO des Providers transportiert werden. (DVB-ASI wurde von DVB spezifiziert und erlaubt den parallelen Transport von mehreren MPEG-2-Transport-Strömen in einem Kabel, wobei Datenraten bis 270 Mbps möglich sind.) Je nach Bandbreite der Programme sollten oder könnten die digitalen Daten aufbereitet werden (Transrating, Transcoding), um eine Bandbreite zu erreichen, die über DSL oder Kabel übertragen werden kann. Natürlich soll darauf geachtet werden, dass Qualitätseinbußen vermieden werden. Die digitalen Daten werden durch ein entsprechendes Endgerät, wie eine digitale STB, wieder in analoge Signale umgewandelt.

Prinzipiell stellt sich für den Provider die Frage, wie er die gesamte Architektur des IP-TV Systems konzipiert. Das System sollte skalierbar sein, also je nach Anzahl der Kunden erweiterbar. Wichtig ist auch das Vorkehrungen für den Fall das einzelne Hardwareteile ausfallen getroffen werden. Es sollte möglich sein, eine gewisse Redundanz im System zu integrieren, sowohl für die angebotenen Dienste sowie auch für die verwendete Hardware.

Teletext

Teletext könnte man zu den Minimalanforderungen an ein IP-TV System zählen und sollte unbedingt ein Dienst von IP-TV sein. Die Teletextinformationen sind im MPEG Strom verpackt, daher muss die Software auf dem Endgerät die Fähigkeit besitzen, diese TXT-Daten aus dem MPEG Strom auszulesen.

Electronic Program Guide (EPG)

Neben TXT sollte auch EPG zu den Mindestanforderungen zählen, denn die EPG-Funktionalität ist heute bereits auf vielen Endgeräten für DVB vorhanden. Für EPG wird der Event Information Table (EIT) aus den Service Informationen (SI) im MPEG-Strom verwendet. Auch hier muss die Betriebssystem-Software auf dem Endgerät in der Lage sein, die SI-Daten aus dem MPEG Strom auszulesen. EPG hat eine besonders große Bedeutung, da sich die Anzahl der Programme bei digitalem TV stark erhöht und daher ein Programmführer sehr hilfreich ist. Viele Anbieter senden ihre Beiträge in einem Bouquet (mehrere Fernsehprogramme pro Kanal), das erst durch EPG sichtbar wird.

Timeshift (TS)

Timeshift ist ein neuer Dienst, den man bereits seit einiger Zeit auf Set-Top-Boxen mit integrierter Festplatte für DVB nutzen kann. Bei TS wird das laufende Programm auf der Festplatte zwischengespeichert, während man durch drücken der Pausetaste den Film angehalten hat. Lässt man dann das Programm weiterlaufen, so wird die Aufnahme abgespielt, während gleichzeitig noch immer aus dem laufendem Programm aufgenommen wird. Die Zeitversetzung zwischen Live-Fernsehen und Aufnahme ist abhängig von der Größe der Harddisk in der STB.

In einem IP-TV System wird die TS-Funktion als netzwerkbasierender Dienst realisiert. Die gesamte Programmpalette kann zentral auf einem Server für eine gewisse Zeit gespeichert werden. Man könnte so zum Beispiel das Programm der letzten 24 Stunden aller Sender, oder nur von gewissen Sendern auf TS-Servern speichern. Durch diese Funktion ist der Kunde nicht mehr an den starren Programmablauf der Fernsehanstalten gebunden, sondern kann sich sein eigenes Programm zeitlich gestalten. Da das Programm sowieso für 24 Stunden gespeichert ist, hat man die Möglichkeit sich in Ruhe die gewünschten Programme ansehen. Durch TS wird es möglich Serien, die zum Beispiel unter Tags laufen, am Abend zu sehen. Man kann später mit dem Ansehen des

gewünschten Programms beginnen und so unerwünschte Werbesendungen überspringen. Durch TS gewinnt das Fernsehen eine große Interaktivität und Flexibilität.

Personal Video Recorder (PVR)

Um angebotene Programme und Filme zu speichern, könnte ein Personal Video Recorder in das IP-TV System implementiert werden. Für den Provider ist die Ausführung des PVR als netzwerkbasierenden Dienst ein Vorteil, denn dann kann der Anbieter zusätzliches Entgelt für die Erbringung dieses Services verlangen. Dies könnte aber auch kombiniert werden: eine Festplatte in der STB für Aufnahmen des normalen Programms, aber spezielle Filmangebote könnten dann, im Sinne von Pay-TV, vom Provider als netzwerkbasierender Dienst angeboten werden.

Eine STB ohne Festplatte wäre billiger für den Provider und den Kunden, denn für den PVR als Netzwerkdienst ist keine Harddisk in der STB nötig. Weiters ist ein System mit PVR im Netzwerk komplett unabhängig von der verwendeten STB. Wie die Zeitsteuerung für den PVR realisiert wird ist vom Provider abhängig. Man könnte die Programmierung des PVR über den Fernseher vor Ort durchführen oder, um eine Ortsunabhängigkeit zu erreichen, könnte man auch den Videorekorder über den Webbrowser eines Computers bedienen. Ein Ziel sollte natürlich die verlustfreie Aufnahme der Programme sein. Als Nachteil kann man hier anführen, dass die Sendungen zwar vom Kunden aufgenommen werden können, doch ist es nicht möglich sie auf den PC zu überspielen um dann daraus eine DVD zu machen.

Da alle Daten für Timeshift ebenfalls auf einem zentralen Server gespeichert werden, könnte man TS und PVR kombinieren indem man alle Daten die sich noch im TS-Speicher befinden, für längere Zeit auf dem PVR-Server speichert.

Video on Demand (VoD)

Mit Video on Demand ist gemeint, das sich der Kunde Kinofilme dann ansehen kann, wenn er Lust dazu hat. Man könnte VoD mit dem Ausleihen von Filmen aus der Videothek vergleichen. Im Gegensatz zur Videothek ist VoD als netzwerkbasierender Dienst nicht von Öffnungszeiten oder dem Risiko das der Wunschfilm gerade vergriffen ist, betroffen. Wie bei TS wird der angebotene Content auf zentralen Servern abgelegt. Die dem VoD zugrunde liegenden Server müssen aber für den Mehrfachzugriff auf einen Film ausgelegt werden.

Digital Rights Management (DRM)

Ein Problem könnte die rechtliche Situation bezüglich aufgenommene Programme und Filmen sein. Da die Daten digital übertragen werden, könnte man Programme durch Verschlüsselung und/oder Kopierschutz sichern.

Conditional Access (CA)

Im Prinzip könnten auch Programme wie Premiere über IP angeboten werden. Dadurch sollte es in einem IP-TV System möglich sein, den MPEG Strom verschlüsseln zu können.

Da es bei DVB für den Conditional Access kein einheitliches System gibt, wurde das Common Interface (CI) eingeführt [vgl. Schmidt, 2000, S. 201].

Auch bei IP-TV könnte es eine Art von CI geben um die Entschlüsselung von Programmen ebenfalls über eine Smart Card abwickeln zu können. So wird es durch wechseln der CI-Karte möglich, andere Programme zu empfangen. CA könnte mit DRM kombiniert werden, sodass nur berechtigte STB, die den richtigen Schlüssel besitzen, den Datenstrom anzeigen können.

Da IP-TV ein netzwerkbasierender Dienst ist, könnte der Provider Conditional Access auch zentral in der CO steuern und managen, indem berechtigte User auf einem intelligenten, dafür konfiguriertem System frei geschaltet werden. Sämtliche Daten liegen bereits in digitaler Form vor, so könnte man den CA auch über eine Entschlüsselung des Datenstroms durch einen Schlüssel auf der STB realisieren, ohne die Notwendigkeit einer Smart Card.

Bedienung

IP-TV wird nur dann vom Kunden akzeptiert werden, wenn das System eine leicht überschaubare Benutzeroberfläche bieten kann. Durch wenige Knopfdrücke sollte die Bedienung des Systems, wie der Programmwechsel, die Aufnahme von Programmen, etc. möglich sein.

3 Paketorientierte Kommunikation - VoIP

Bis zur Digitalisierung des vorhandenen Telefonnetzes wurde Sprache analog über Kupfer-Doppeladern vom Kunden zu einer Vermittlungsstelle des Providers übertragen. Mit der Entwicklung und dem Ausbau des Plain Old Telefon System (POTS) zu einem digitalen Universalnetz, konnten nun auch Datendienste übertragen werden. Über einen Sprachkanal wurde von nun an Sprache mit einer Geschwindigkeit von 64kbps (ISDN) übermittelt.

Um die anfallenden, hohen Datenmengen im Backbone-Netz bewältigen zu können, wurde und wird in Telekommunikationsnetzen weiterhin Time Division Multiplexing (TDM) eingesetzt. Für eine Sprachverbindung wird je eine Punkt-zu-Punkt Verbindung aufgebaut. Diese Kanäle werden durch TDM auf einer physikalischen Verbindung mit höherer Bandbreite gebündelt. Dafür wurde vielfach die Synchronous Digital Hierarchy (SDH) verwendet. Die unterschiedlichen Bandbreiten von SDH werden als Synchronous Transfer Mode (STM) bezeichnet. STM-1 wurde spezifiziert auf eine Bandbreite von 155 Mbps, wobei Geschwindigkeiten bis ungefähr 10 Gbps (STM-64) möglich sind [vgl. Tanenbaum, 2003, S. 140-146].

Seit einigen Jahren hat nun auch im Bereich der Telefonie die paketorientierte Sprachübertragung Einzug gehalten. Die ersten Vorschläge dafür wurden in den 70iger Jahren gemacht. Bis zum Jahr 1995 gab es dann auf diesem Gebiet jedoch keine weitere wesentliche Entwicklung. In diesem Jahr stellte dann die Firma Vocaltec sein Internet Telefonie Programm „Internet Phone“ vor. Verwendet wurde eine Applikation auf einem PC, welche die Sprache digitalisierte und die Sprachpakete über das Internet übertrug. Es konnte nur von PC zu PC telefoniert werden wobei beide Teilnehmer das gleiche Programm benutzen mussten [vgl. Dusch, 2002].

Worin liegt nun der Vorteil von IP-Netzen?

James F. Durkin, System Engineer bei Cisco, meint auf diese Frage: „Die Antwort liegt in der Ersparnis durch Stärkung des existierenden Datennetzwerk-Infrastrukturaquipments und durch die Steigerung der Menge an Sprachdaten über verfügbare Übertragungsinfrastruktur“ [vgl. Durkin, 2003, S 4].

IP hat sich in den letzten Jahren als die führende Technologie im Wide Area Network (WAN) und Local Area Network (LAN) profiliert. Durch die Architektur von IP-Netzen ist die Entwicklung und Integration von neuen Diensten und Protokollen einfach und kostengünstiger als bei TDM-Netzen. Durch IP wird es auch anderen Providern wie den ISP möglich, parallel zu den Datennetzwerken auch Netzwerke speziell für den paketorientierten Sprachverkehr zu realisieren.

Die Kombination von Sprache und Bild in einer Übertragung (Videotelefonie, Videokonferenzen) könnte in Zukunft ein viel versprechendes und interessantes Service für den Kunden sein. Hierfür würden sich die Protokolle H.323 oder SIP anbieten. Beide Protokolle wurden für Multimediaanwendungen entwickelt und bieten auf diesem Gebiet eine Vielzahl von Services.

Mit der Spezifizierung des NCS Protokolls wurde VoIP für Kabelnetzwerke eingeführt. Der große Vorteil für den MSO besteht darin, das bereits vorhandene HFC-Netzwerk für VoIP verwenden zu können, sodass keine eigene Infrastruktur für den analogen Telefonservice nötig ist. Um beim Verbraucher eine Akzeptanz für VoIP hervorzurufen, muss gewährleistet werden, dass in Servicequalität und Verfügbarkeit kein Unterschied zum herkömmlichen analogen Telefonservice besteht.

Zahlreiche Protokolle für VoIP wurden spezifiziert und können prinzipiell in zwei Gruppen kategorisiert werden:

Call Control Protokolle (H323, SIP)

Das sind Peer-to-Peer Protokolle, weil sie Gespräche zwischen Call Control Elementen aufbauen und daher der Client dementsprechend intelligent sein muss, um einen erfolgreichen Verbindungsaufbau gewährleisten zu können.

Device Control Protokolle (MGCP/NCS, MeGaCo)

Device Control Protokolle werden von Kontrollelementen (Call Agents, Softswitches,...) verwendet um Video- und Sprachendgeräte zu kontrollieren und zu managen. Die Endgeräte führen ohne Anweisung dieser Kontrollelemente keinerlei Aktionen bezüglich Signalisierung aus.

3.1 H.323

Der erste Standard wurde 1996 von der ITU vorgestellt, in dem die H.323 Protokollfamilie spezifiziert wurde. H.323 ist definiert als eine Architektur für eine ganze Protokollfamilie zur Unterstützung von Multimediakommunikation und wurde ursprünglich entwickelt, um Videokonferenzen im LAN zu ermöglichen. Protokolle die zur H.323 Architektur gehören, sind unter anderem H.225-Registration, Admission, Status (H.225-RAS) und H.225-Call Signalling für die Ruf-Signalisierung. H.245 ist für die Ruf-Kontrolle (Call Control) verantwortlich. Zusätzlich gibt es noch zahlreiche Unterfunktionen in der H.323 Architektur, wie Call-Hold (Halten), etc. Für die Übertragung der Signalisierungsdaten werden für H.225-RAS UDP und für H.225-Call Signalling und H.245 TCP verwendet [vgl. Trick/Weber, 2004, S.100].

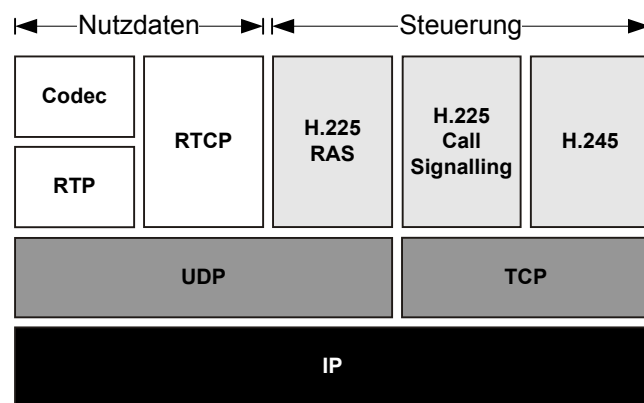


Abbildung 3-1: H.323 Protokoll Stack

H.323 ist ein binäres Protokoll, dass heißt Messages für den Rufaufbau, etc. werden binär übertragen. Verbindungsauf- und Abbau sind in der H.323 Architektur kompliziert und zeitintensiv. Des Weiteren ist der H.323-Code schwer zu implementieren und Fehler im Protokoll sind schwer zu beheben. Daher hat H.323 in den letzten Jahren stark an Boden gegenüber SIP verloren [vgl. Trick/Weber, 2004, S.119].

3.1.1 Architektur

Theoretisch kann eine H.323-Verbindung auch direkt zwischen zwei H.323-Clients aufgebaut werden. Doch müssen die Clients dann die entsprechenden Kontrollfunktionen selbst übernehmen. In der Regel werden aber zentrale Kontrollelemente im Netzwerk aufgebaut.

Die wichtigsten Komponenten sind:

- Gateway

- Gatekeeper
- Application Server

Gateway

Gateways werden verwendet, um eine Sprachverbindung zwischen dem IP-Netzwerk und dem Public Switched Telefon Network (PSTN) zu ermöglichen. Sie übersetzen also die Datenpakete für die Signalisierung und die Pakete welche die Sprachinhalte enthalten, in Signale für das PSTN und umgekehrt. Um Verbindungen aufbauen zu können, muss das Gateway wissen, wo im Netzwerk die Telefonnummern der Teilnehmer zu finden sind. Daher sind in den Gateways Rufnummernpläne (dial plan) implementiert, welche die genaue Position einer Telefonnummer im Netz beinhalten [vgl. Durkin, 2003, S. 22].

Gatekeeper

Eine der Hauptaufgaben der Gatekeeper ist das Routing der einzelnen Ruf-Verbindungen. Ein Gatekeeper ist für eine bestimmte Zone zuständig, in der er entscheidet, welche Anrufe zu welchem Gateway weitergeleitet werden. Er managed die Gateways in seiner Zone und kann Sprach-, Voicemail-, und Faxdaten unterscheiden, um diese dann zum Beispiel zu unterschiedlichen Gateways zu senden. Durch die Kontrolle der Gateways und deren Ressourcen durch den Gatekeeper, kann eine bessere Wegewahl getroffen werden. Sollte die Telefonnummer des Ruf-Empfängers außerhalb seiner Zone sein, kann der Gatekeeper anderen Gatekeeper oder Directory Gatekeeper fragen um den Ruf richtig weiterzuleiten. Directory Gatekeeper werden in großen Netzen eingesetzt und dienen als Zentrale Station die alle anderen Gatekeeper im Netzwerk kennt. Sonst müsste ein Gatekeeper über alle anderen Gatekeeper im Netzwerk bescheid wissen [vgl. Durkin, 2003, S. 28].

Der Gatekeeper kann in kleineren Netzwerken weggelassen werden. Dafür ist es aber notwendig, dass das H.323 Terminal die IP-Adresse des Ziel-Terminals kennt. Ist dies der Fall, kann die Signalisierung auch zwischen den beiden Teilnehmern direkt ablaufen. Diese Variante hat unter anderem den Nachteil, das keine Zentrale Stelle (Gatekeeper) vorhanden ist, welche die Adressen bereitstellt. Die Endsysteme müssen dann für die Sicherheit sorgen und die Erfassung der Rechnungsdaten ist für den Betreiber schwierig [vgl. Trick/Weber, 2004, S101].

Application Server

Route Server unterstützen zusätzliches Call Control um das Routing der Sprachverbindungen zu optimieren. AAA/RADIUS und Billing Server werden für das Accounting der Verbindungen benötigt. Zu guter Letzt sollte ein Netzwerk Management System verwendet werden, um die einzelnen Komponenten konfigurieren und überwachen zu können [vgl. Durkin, 2003, S. 35f].

3.1.2 Signalisierung

Gateway - Gatekeeper Signalisierung

Registration, Admission, Status (RAS)

Gatekeeper verwirklichen Admission Control durch standardisierte RAS-Meldungen, welche dem Gateway erlauben eine Netzwerkzone zu passieren. RAS wird außerdem für die Kontrolle und Ausführung von Bandbreitenänderungen und für Status- und Ruftrennungsfunktionen verwendet. Zum Beispiel kann keine Verbindung initialisiert werden, wenn der Gatekeeper in der RAS-Prozedur feststellt, dass nicht genügend Bandbreite bis zum Zielklient zur Verfügung steht. Vor jeder Verbindung wird ein separater RAS-Kanal geöffnet über den dann die RAS-Meldungen transportiert werden [vgl. Durkin, 2003, S. 30].

Gateway - Gateway Signalisierung

H.225 Call Signaling

H.225 wird für die Ruf-Signalisierung, also für den Aufbau einer Verbindung zwischen zwei Endpunkten verwendet. H.225 verwendet Call Control auf Basis von ISDN Q.931. Die Signalisierung erfolgt direkt zwischen zwei Gateways und wird nicht über den Gatekeeper abgewickelt. Zusatzservices wie Halten des Anrufes sind ebenfalls in H.225 spezifiziert [vgl. Durkin, 2003, S. 30].

H.245

Dieses Protokoll ist für die Ende-zu-Ende Ruf-Kontrolle (Call Control) zuständig. Gateways vereinbaren über H.245 Funktionen wie den zu verwendenden Sprach-Codec, wie Faxdaten behandelt werden und wie viele Sprachkanäle geöffnet werden müssen. H.323 bietet einen FastConnect Modus bei dem die H.245-Messages in den H.225-Messages übertragen werden [vgl. Durkin, 2003, S. 31].

Real Time Protocol

Wie alle anderen VoIP Protokolle verwendet auch die H.323-Architektur das Real Time Protocol (RTP) um die Sprachdaten zu transportieren. Wichtig für Quality of Service (QoS) Informationen einer Verbindung ist das mit dem RTP verbundene Real Time Control Protocol (RTCP) [vgl. Durkin, 2003, S. 30].

3.2 SIP

Das Session Initiation Protocol (SIP) ist ebenfalls, wie H323, ein Peer-to-Peer Call Control Protocol. Es wurde von der Internet IETF spezifiziert und erstmals im Jahr 1999 in Form des RFC 2543 veröffentlicht [RFC 2543]. Weitere RFCs, welche sich auf SIP beziehen sind die RFCs 3261 bis 3265 [RFC 3261], [RFC 3262], [RFC 3263], [RFC 3264], [RFC 3265]. Es ist ein einfaches, textbasierendes Protokoll das, wie der Name schon sagt, für den Aufbau einzelner Sessions zwischen „Internethosts“, auch als User Agents (UA) bezeichnet, verantwortlich ist. SIP ist nicht eine Protokollsammlung wie H.323, sondern ein eigenes Protokoll, welches schon bekannte Konzepte wie HTTP, SMTP sowie Protokolle für die Verschlüsselung der Daten verwendet. Der Nachrichtenaufbau basiert auf dem HTTP-Standard und die Zeichen werden im ASCII-kompatiblen UTF-8-Zeichensatz übertragen. SIP kann über UDP oder TCP transportiert werden, wobei meist UDP verwendet wird, da weder ein TCP Verbindungsaufbau vor, noch eine Flusskontrolle während des SIP-Transfers aufgebaut werden muss. Dadurch kommt die SIP Verbindung schneller zustande und zusätzlicher Delay durch die Flusskontrolle fällt weg [vgl. Trick/Weber, 2004, S.119f].

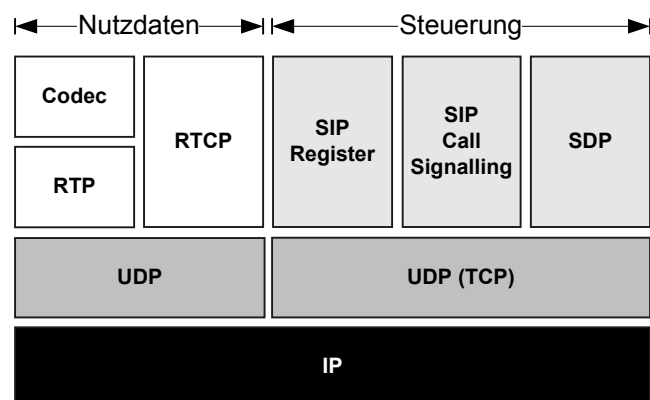


Abbildung 3-2: SIP Protokoll Stack

Der Verbindungsaufbau erfolgt über die drei Elemente INVITE, 200 – OK, und ACK. SIP ist daher ein verbindungsorientiertes Protokoll, denn es verwendet ähnlich zu TCP diesen Three-Way-Handshake für den Verbindungsaufbau. Abbildung 3-3 zeigt den

Verbindungsaufbau, wobei die Nachrichten „Trying“ und „Ringing“ nicht zwingend für den Verbindungsaufbau notwendig sind.

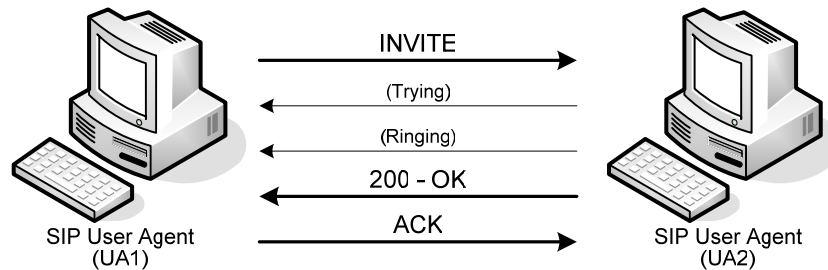


Abbildung 3-3: SIP Three-Way-Handshake

Mit INVITE wird der Wunsch auf Datenaustausch eines UA (UA1) an einen anderen UA (UA2) bekannt gegeben. Der gewünschte Gesprächspartner (UA2) bestätigt mit 200 – OK. Ginge diese Nachricht im Netzwerk verloren, kommt keine Verbindung zustande. Die ACK-Nachricht wird von UA1 an UA2 gesendet, wenn ein erfolgreicher Verbindungsaufbau erfolgt ist. [vgl. Trick/Weber, 2004, S.133f].

Durch die Einfachheit von SIP und die Verwendung von, in der Netzwerktechnik bereits bekannten Verfahren, ist die Entwicklung von neuen Applikationen für Video, Sprache und Datenübertragung sehr einfach. Um die einzelnen Sessions zu beschreiben verwendet SIP das Session Description Protocol (SDP) [RFC 2327]. Man könnte SDP als ein „Unterprotokoll“ von SIP bezeichnen, denn es kommt praktisch bei jedem Session Aufbau zum Einsatz und dient zum genauen Festlegen bestimmter Verbindungsparameter wie etwa, welche Kommunikationsform (Sprache, Video) pro Session verwendet wird, welche Codecs für die jeweilige Kommunikationsform zu verwenden sind und welche Ports am Quell- oder Zielsystem benötigt werden [vgl. Trick/Weber, 2004, S157ff].

SDP Nachrichten werden ebenfalls mit dem UTF-8-Zeichensatz codiert. Zusätzlich kann noch das Session Announcement Protocol (SAP) [RFC 2974] verwendet werden. SAP wird für Multicast verwendet und bietet eine Art Übersicht über die zur Verfügung stehenden Multicast Sessions des Multicast-Quellsystems. Es ist noch in einem experimentellen Status und stellt noch keinen IETF Standard dar [vgl. Trick/Weber, 2004, S.161].

SIP ist ein VoIP-Protokoll, das durch seine einfache Implementierung heute sehr oft von Service Provider verwendet wird. Durch die wachsende Bedeutung am Markt soll es hier näher betrachtet werden.

3.2.1 Architektur

Die wichtigsten Komponenten sind:

- User Agents
- SIP Server
- SIP Gateways

User Agents

Da in den User Agents (UA) sehr viel Intelligenz inkludiert werden kann oder muss um SIP-Services nutzen zu können, sollen die UA hier gesondert angeführt werden.

Zwischen den UAs wird die SIP-Verbindung aufgebaut. Es gibt zwei Typen von User Agents: User Agent Client (UAC) und User Agent Server (UAS). Normalerweise werden beide Typen von den Endgeräten unterstützt, da SIP-Requests empfangen und gesendet werden müssen. UA können sein: SIP-Telefone, SIP-VoIP Gateways, SIP-fähiger PDA, Softphones (SIP Client am PC) und SIP-fähige Wireless Geräte [vgl. Durkin, 2003, S. 39f].

Die meisten UA haben aber noch mehr Funktionalitäten inkludiert, wie Videoconferencing, Instant Messaging sowie die Information über den Online Status der Teilnehmer (Presence). Um die Suche und die Anwahl eines bestimmten Teilnehmers zu erleichtern, werden Server verwendet, welche die SIP-Adresse der Teilnehmer speichern [vgl. Trick/Weber, 2004, S.207].

SIP Registrar Server

Teilnehmer können nur gefunden und angerufen werden, wenn sie bei einem dieser Registrar Server angemeldet sind. Der Registrar Server stellt aus der IP-Adresse des Clients und dem SIP-Uniform Resource Identifier (SIP-URI) einen Zusammenhang her [vgl. Trick/Weber, 2004, S.122f].

Dieser Zusammenhang wird in Datenbanken auf dem Registrar Server gespeichert und identifiziert eindeutig den Client in SIP-Netzwerken. Der Registrar Server ist auch für eine gewisse Sicherheit verantwortlich, denn die User müssen sich mit User-ID und Passwort authentifizieren [vgl. Trick/Weber, 2004, S.209].

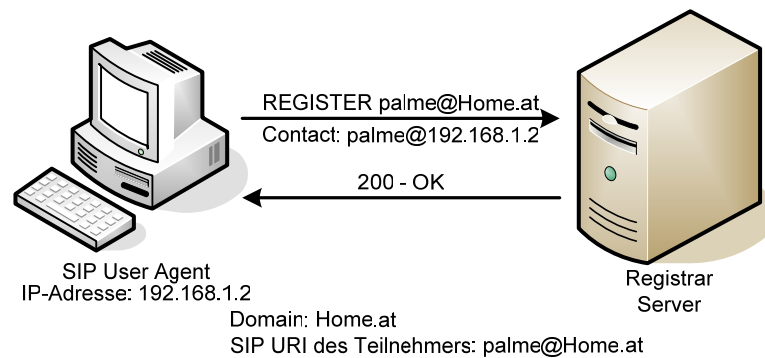


Abbildung 3-4: SIP Registrierungsprozess

Abbildung 3-4 zeigt einen Beispiel-Registrierungsprozess. Der Benutzer mit der SIP-URI „palme@Home.at“ hat sich mit seinem SIP-UA (IP-Adresse 192.168.1.2) bei dem Registrar Server angemeldet, der sein Benutzkonto verwaltet. Der Registrar Server verknüpft die IP-Adresse des UA mit dem Benutzernamen des Users und speichert diese Information in einer Datenbank. Ab nun ist der Benutzer unter seinem URI erreichbar. Diese Informationen können von anderen Servern wie zum Beispiel von Proxy Servern abgefragt werden, um das Routing durchführen zu können. Das Abrufen dieser Informationen ist zeitaufwendig, daher werden Proxy Server und Registrar Server häufig in einem Server kombiniert [vgl. Trick/Weber, 2004, S.209f].

SIP Proxy Server

Einen SIP Proxy Server kann man mit einem Gatekeeper von H.323 gleichsetzen. Proxy Server können eine Record-Route verwenden. Die Daten zusätzlicher Aktionen, wie Beendigung der Verbindung, werden dann über diese Record-Route sendet. Die Aktionen müssen aber zur selben Session gehören. Dies kann für die Sammlung der Billing-Informationen genutzt werden [vgl. Durkin, 2003, S. 41].

Es gibt zwei Arten von Proxy Servern: Den „Stateless Proxy“ und den „Stateful Proxy“.

Ein „Stateless Proxy“ leitet alle SIP-Nachrichten die er empfängt, nach der Routingentscheidung an genau ein Element im SIP-Netzwerk weiter. Er kann keine Statusinformationen selbstständig kreieren und speichert keine Informationen über die SIP-Kommunikation die er weiter geleitet hat [vgl. Trick/Weber, 2004, S.210].

Ein „Stateful Proxy“ hingegen ist in der Lage SIP-Statusinformationen zu kreieren und an die entsprechenden Zielhost zu senden. Er speichert den Transaktionsstatus jeder SIP-Nachricht die er empfangen, bearbeitet und weitergeleitet hat. Dadurch kann er sich im Verlauf einer Verbindung wieder auf diese Informationen beziehen. Ein „Stateful Proxy“

kann auch SIP-Nachrichten selbstständig an mehrere mögliche Aufenthaltsorte des Users senden („Forking Proxy“; Fork = Gabel), wenn dieser unter der gleichen SIP-URI mehrmals am Registrar Server angemeldet ist und der „Stateful Proxy“ Zugriff auf die Registrierungsinformationen hat [vgl. Trick/Weber, 2004, S.210].

Nicht alle User eines Internet Telefonie Service Provider (ITSP) sind am selben Registrar/Proxy Server angemeldet. Daher können an einer SIP-Kommunikation auch mehrere Proxy Server beteiligt sein [vgl. Trick/Weber, 2004, S.212].

In kleineren Netzen ist der Proxy Server optional, denn die Intelligenz um eine Verbindung aufbauen zu können, kann auch direkt im UA integriert sein. Die direkte Verbindung setzt aber die gegenseitige Kenntnis der IP-Adresse der beiden Kommunikationspartner voraus.

SIP Redirect Server

Dieser Server übergibt dem SIP-Client die Information über den Next Hop, der zum Empfänger führt. Der Redirect Server speichert also die Informationen über den Aufenthaltsort des gesuchten Users in einer Datenbank. Er sucht nicht aktiv den User, sondern stellt nur die Information über mögliche Kontaktquellen zur Verfügung. Der UA muss dann selbst eine Anfrage zum Verbindungsaufbau an die SIP-URI stellen, die er als Antwort vom Redirect Server bekommen hat. [vgl. Trick/Weber, 2004, S.213].

SIP Location Server

Location Server dienen zum Speichern von Zieladressen der User sowie von anderen Location oder SIP-Servern. Diese Informationen werden zum Beispiel von Registrar Servern an einen Location Server übermittelt und dieser speichert diese Information. Die Informationen auf dem Location Server können dann bei Bedarf von einem Registrar oder Redirect Server wieder abgerufen werden. Der Informationsaustausch zwischen Location Server und anderen SIP-Servern erfolgt aber nicht mit SIP, sondern mit anderen Protokollen wie Lightweight Directory Access Protocol (LDAP). Der Location Server kommuniziert nicht direkt mit den SIP-User Agents. Daher wird der Location Server nur indirekt zu den SIP-Serverelementen gezählt [vgl. Trick/Weber, 2004, S.213f].

SIP Conference Server / Multipoint Control Unit

Gemäß RFC 3261 [RFC 3261] kann eine SIP-Session auch als eine Konferenz zwischen drei oder mehr Teilnehmer realisiert werden. Eine SIP-Session wird aber über einen Dialog von SIP-Nachrichten aufgebaut, der nur zwischen zwei Teilnehmern gleichzeitig ablaufen kann. Dadurch benötigt man ein zentrales Element das für jeden Teilnehmer der Konferenz den SIP-Kontakt zur Konferenz herstellt. Dieses Element wird „Focus“ genannt und mit dem Aufbau einer Session zu einem Focus tritt man einer Konferenz bei. Mit anderen Worten werden zwischen Focus und SIP-UA nur SIP-Informationen ausgetauscht. Die gesendeten Audio- und Videonutzdaten eines Konferenzteilnehmers müssen allen anderen Teilnehmern übermittelt werden. Diese Aufgabe wird vom so genannten „Mixer“ übernommen. Der Mixer empfängt die RTP-Datenströme der einzelnen Teilnehmer, mischt diese und sendet sie an die anderen Teilnehmer weiter. Der Mixer wird vom Focus durch die über SIP/SDP ausgetauschten Informationen gesteuert. Focus und Mixer werden in einer gemeinsamen Einheit kombiniert und bilden so die Multipoint Control Unit (MCU), auch Conference Server genannt. [vgl. Trick/Weber, 2004, S.233ff]

SIP Gateways

SIP Gateways haben die gleiche Aufgabe wie die Gateways in H.323 Netzen, daher werden sie hier nicht mehr genauer beschrieben. SIP und H.323 können auch parallel verwendet werden oder es kann ein bestehendes H.323-Netz mit einem SIP-Netzwerk erweitert werden. Auch beim Übergang von einem H.323-Netzwerk in ein SIP-Netz benötigt man ein Gateway, welches SIP-Verbindungsdaten und die Verbindungsdaten von H.323 ineinander wechselseitig übersetzen kann [vgl. Durkin, 2003, S. 47f].

3.2.2 SIP Anwendungen

Basisabläufe in SIP wie Verbindungsauf- und Abbau wurden von der IETF in den RFC`s, 3261 [vgl. RFC 3261] und 3665 [vgl. RFC 3665] spezifiziert. Wie genau aber die Anwendungen für SIP beschaffen sein müssen, ist nicht festgelegt. Daher sind die möglichen Anwendungen für eine SIP-Kommunikation von der Unterstützung der SIP-Netzwerkelemente abhängig. Dies betrifft vor allem den verwendeten UA und die Applikationen die er implementiert hat [vgl. Trick/Weber, 2004, S.133].

Audio- und Videokommunikation

Wie bereits erwähnt werden für die Kommunikation verschiedene Netzwerkelemente verwendet. SIP-Server und Gateways sind in großen Netzen notwendig um die SIP-

Verbindungen zu ermöglichen. Die Audiokommunikation ist die bekannteste und die am meisten verwendete Anwendung von SIP. SIP wurde aber für Multimediaanwendungen entwickelt, daher wird die Kommunikation durch Video- und Datenanwendungen ebenfalls unterstützt. Der Verbindungsauf- und Abbau erfolgt aber immer nach der gleichen Prozedur. Die unterschiedlichen Kommunikationstypen unterscheiden sich lediglich in den in SDP [RFC 2327] verwendeten und ausgehandelten Parametern [vgl. Trick/Weber, 2004, S.133ff].

Chat und File Transfer

Für Chat-Kommunikation und File Transfer werden ebenfalls Sessions aufgebaut. Auch hier ist der einzige Unterschied in den Parametern von SDP zu finden. Im SIP-UA müssen natürlich die entsprechenden Applikationen für Chat und/oder File Transfer implementiert sein. Aufgrund der für den File Transfer verwendeten Applikation, kann es zum Beispiel notwendig sein, zusätzliche TCP Verbindungen aufzubauen. Derartige Absprachen werden aber nicht von SIP getroffen, sondern vom jeweiligen, von der Applikation verwendeten, Protokoll. Zum Beispiel können für den Datentransfer verschiedene Verschlüsselungsverfahren verwendet werden (siehe 3.2.4). Der verbindungsorientierte Aufbau der SIP-Sessions ist für die Verwendung von Verschlüsselungsverfahren aber Voraussetzung. [vgl. Trick/Weber, 2004, S.143ff].

Instant Messaging

Einige UA, vor allem Clients am PC, ermöglichen Instant Messaging. Für die Übertragung der Kurzmitteilungen werden aber keine eigenen SIP-Sessions aufgebaut, sondern der Text der Nachricht wird direkt im Body der SIP-Nachricht MESSAGE übertragen. Bei Audio-, Video- und Chatkommunikation sowie bei einem Filetransfer wurde bisher im Body der MESSAGE Nachricht die SDP Information transportiert [vgl. Trick/Weber, 2004, S.149ff].

Online Status - Presence

Gerade Instant Messenger oder Softclients am PC nutzen die komfortable Funktion „Presence“. Presence erlaubt es dem User zu erkennen, ob der gewünschte Kommunikations- oder Gesprächspartner erreichbar ist. SIP verwendet hierfür die Nachrichten SUBSCRIBE und NOTIFY. Will ein User wissen ob ein anderer Gesprächspartner online ist, wird an diesen User die SUBSCRIBE Nachricht gesendet. Diese Nachricht enthält den SIP-Header „Event“ mit dem Argument „Presence“. Ist der

Gesprächspartner erreichbar und kann Presence-Anfragen bearbeiten (NOTIFY UA1, State: pending), bestätigt dieser den Erhalt der SUBSCRIBE Nachricht. Danach sendet er der Anfragenden Station (UA1) Informationen über den Online Status, welche z.B im XML Code übertragen werden (NOTIFY UA1, State: aktive; XML-Code).

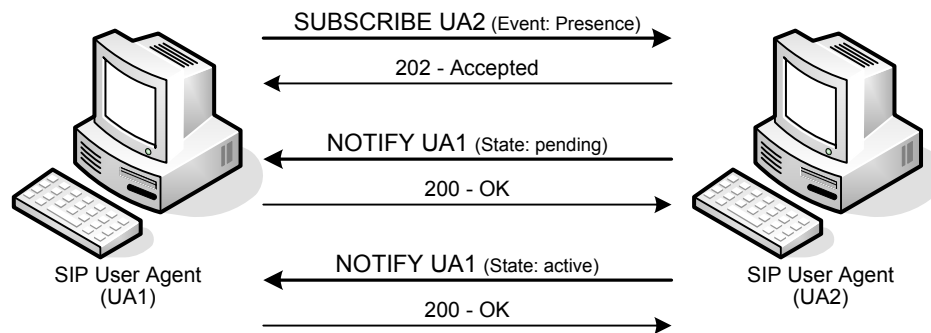


Abbildung 3-5: SIP Presence

Presence und andere derartigen Aktionen sind in der RFC 3265 [RFC 3265] unter der Bezeichnung „Event Notifikation“, spezifiziert. [vgl. Trick/Weber, 2004, S.152ff].

Supplementary Services von SIP

SIP bietet nun auch die, in heute verwendeten professionellen TK-Anlagen üblichen, Supplementary Services (zusätzliche Leistungen). Die Nutzung dieser Dienste ist aber nur möglich, wenn sie vom Internet Telephony Service Provider (ITSP) angeboten werden. Alle im folgendem aufgezählten Leistungen können für Audio- und Videokommunikation verwendet werden:

- Halten (einfach, mit Rückfrage, mit Musik)
- Verbindungsübergabe (direkt, nach Rückfrage)
- Parken
- Rufumleitung (generell, bei Besetzt, nach Zeit)
- Rufübernahme
- Dreierkonferenz (passiver Teilnehmerbeitritt, aktiver Teilnehmerbeitritt)

Es existiert aber bis jetzt kein einheitlicher Standard der die Realisierung der Supplementary Services mit SIP festlegt. Die bisher am Markt befindlichen Lösungen sind

Herstellerspezifisch, sodass von einer Kompatibilität der Lösungen nicht ausgegangen werden kann. [vgl. Trick/Weber, 2004, S.177-204].

3.2.3 Unterstützung der Mobilität

Seitdem SIP für UMTS Release 5 als Vermittlungsprotokoll festgelegt wurde, stellt sich die Frage, inwieweit von SIP Mobilität unterstützt wird. Es gibt hier vier Möglichkeiten die bezüglich Mobilität definiert werden [vgl. Trick/Weber, 2004, S.243].

Persönliche Mobilität

Persönliche Mobilität bedeutet, dass der Kunde unter seiner persönlichen URI immer erreichbar ist, unabhängig von seinem Standort und vom verwendeten UA. Um erreichbar zu sein, muss sich das Endgerät eines Kunden, zum Beispiel ein SIP-Telefon, beim zuständigen Registrar Server anmelden, der das Benutzerkonto des Kunden verwaltet. Nun wechselt der User seinen Standort. Er verwendet nun einen Software Client auf einem PC der eine andere IP-Adresse bekommt als das SIP-Telefon. Der Client registriert sich auch hier wieder bei seinem zuständigen Registrar Server in der gleichen Domain. Der Kunde ist wieder unter seinem URI erreichbar, obwohl er sich an einem anderen Ort befindet als zuvor und einen anderen SIP-UA verwendet. [vgl. Trick/Weber, 2004, S.243f].

Session Mobilität

Session Mobilität ermöglicht das Wechseln eines SIP-Endgerätes während einer laufenden Kommunikation. Man kann also von einem SIP-Telefon auf einen Softwareclient wechseln, ohne dass die Verbindung abbricht. Es ist auch möglich einzelne Elemente einer Session auf andere SIP-UA zu übertragen. So kann zum Beispiel ein Videodatenstrom einer kombinierten Audio-Videoübertragung auf den Softwareclient eines PC verlegt werden, während die Audiokommunikation weiter über das Telefon abläuft. Es gibt zwei Arten wie die Übergabe an ein anderes Gerät erfolgen kann:

- Third-Party Call Control mit INVITE

INVITE ist die SIP-Nachricht zum Eröffnen einer Session. Mit INVITE wird vom Übergebenden UA eine Session zum Gerät das in Zukunft die Session führen soll, initialisiert. Das Endgerät das die Verbindung übergibt, ist dann zwar nicht mehr an der direkten Nutzdaten-Kommunikation beteiligt, ist aber der Vermittler der Session zwischen den beiden anderen UA und muss daher ständig an der Verbindung beteiligt bleiben. Das

heißt also der UA, der die Session übergeben hat, kann nicht ausgeschaltet werden [vgl. Trick/Weber, 2004, S.244ff].

- Third-Party Call Control mit REFER

Auch in dieser Form der Sessionübergabe oder Auslagerung, ist der auslagernde UA zunächst der Vermittler der Session zwischen Neuem und bisherigem Kommunikationspartner. Der Unterschied ist, dass der UA, der die Session übergibt, die Kontrolle über die Verbindung vollständig an die neuen Gesprächspartner übergibt. Der Vermittler der Übergabe ist komplett aus der Kommunikation ausgeschieden und kann abgeschaltet oder deaktiviert werden. Die REFER Nachricht wird auch für das Supplementary Service „Verbindungsübergabe“ verwendet. Diese Methode der Sessionübergabe wurde in der RFC 3515 [RFC 3515] spezifiziert [vgl. Trick/Weber, 2004, S.246f].

Dienste Mobilität

Dienste Mobilität ist die Möglichkeit jederzeit, speziell auf den jeweiligen Kunden zugeschnittene Dienste in Anspruch zu nehmen. Dies soll unabhängig vom Standort des Teilnehmers und des verwendeten UA passieren können. Dienste in diesem Zusammenhang können Supplementary Services wie „Anrufweiterleitung“, aber auch persönliche Daten wie Adressbuch oder Kurzwahlliste sein. Ferner könnte so der autorisierte Zugriff eines Users auf diese Leistungsmerkmale erfolgen, um seine Benutzerdaten und dienstspezifische Daten zu modifizieren. Möglich ist auch die Synchronisation von persönlichen Daten zwischen zwei Endgeräten mittels SIP [vgl. Trick/Weber, 2004, S.248].

Endgeräte Mobilität

Diese Art der Mobilität steht in Zusammenhang mit funkbasierenden Netzen. Das Endgerät soll sowohl bezüglich seiner ständigen Sende- und Empfangsbereitschaft als auch in Bezug auf die Aufrechterhaltung einer laufenden Session unabhängig sein. Hier müssen aber Aspekte bezüglich des Verhaltens von Endgeräten im Zustand der Gesprächsbereitschaft, während einer laufenden Session und bei einem kurzzeitigen Ausfall des Funknetzes (Funkloch) berücksichtigt werden. [vgl. Trick/Weber, 2004, S.248ff].

3.2.4 Sicherheit

SIP verarbeitet bei jedem Sessionaufbau sicherheitskritische und/oder schutzwürdige Daten. Besonders Daten die die Privatsphäre der Kunden betreffen müssen geschützt werden. Weiters soll verhindert werden, dass verbindungsbezogene Daten manipuliert werden können. Die Daten können durch Kryptografie verschlüsselt werden und der Zugriff auf diese Daten erfolgt über eine gesicherte Authentifizierung. In RFC 3329 [RFC 3329] werden die folgenden Sicherheitsmechanismen in Zusammenhang mit SIP empfohlen:

- Transport Layer Security (TLS) [RFC 2246]
- HTTP Digest [RFC 2617]
- IPsec ohne Internet Key Exchange (IKE) [RFC 2401]
- IPsec mit IKE [RFC 2409]

In den SIP-Nachrichten wird nur mitgeteilt, dass ein Verschlüsselungsprotokoll verwendet wird. Die Verschlüsselung selbst wird von den ausgehandelten Protokollen durchgeführt. [vgl. Trick/Weber, 2004, S.255f].

Das zu verwendende Sicherheitsverfahren in einer Session, wird zwischen UA und dem kontaktiertem Proxy- oder Registrar Server ausgehandelt. Der Client kontaktiert den Server und fordert für die folgende SIP-Kommunikation ein Sicherheitsverfahren an. Gleichzeitig sendet der User Agent eine Liste der für ihn zur Verfügung stehenden Sicherheitsverfahren an den Server. Der Server antwortet seinerseits mit einer Liste von möglichen Sicherheitsverfahren. Stimmen die beiden Listen von Client und Server in keinem Punkt überein, kann kein Sicherheitsverfahren auf diese Session angewendet werden. Gibt es eine Übereinstimmung, so kommt dieses Verfahren zur Anwendung. Sollten mehrere Verfahren übereinstimmen, bestimmt eine Priorisierung der Dienste in der Serverliste das zu verwendende Verfahren. Der Client sendet dann die Dienstliste des Servers an diesen zurück. Dies verwendet der Server, um etwaige Manipulationen an der Liste zu erkennen [vgl. Trick/Weber, 2004, S.256ff].

3.2.5 Quality of Service

In SIP wurden neue Möglichkeiten implementiert, um bereits beim Aufbau einer Session QoS Anforderungen an die Verbindung zu stellen. Dazu werden die Nachrichten PRACK und UPDATE [RFC 3311], die Statusinformation „183 – Session Progress“ und neu

definierte Medienattribute im SDP [RFC 3312] verwendet. Der Verbindungsaufbau wird erst dann abgeschlossen, wenn alle aufzubauenden Medienströme den gewünschten QoS-Anforderungen entsprechen. Mit diesen SIP-Parametern vereinbaren die beteiligten UA das gewünschte QoS als Vorbereitung auf die Aushandlung der eigentlichen QoS-Parameter und den Reservierungsvorgang durch die QoS-Mechanismen von IP. Für QoS können in IP-Netzen die bekannten Mechanismen IntServ und/oder DiffServ verwendet werden [vgl. Trick/Weber, 2004, S237ff].

3.3 MGCP/NCS

Das Media Gateway Control Protokoll (MGCP) wurde ursprünglich von einer Gruppe entwickelt, die sich heute das Internationale SoftSwitch Consortium nennt. Dieser Gruppe gehörten die Firmen Level 3 und Telcordia an. 1998 wurde von Level 3 das Technical Advisory Council gegründet, welchem führende Kommunikations- Equipment Hersteller angehörten. Von diesem Konzil wurde das IP-Device Control (IPDC) Protokoll entwickelt. Parallel dazu wurde von Telcordia das Simple Gateway Control Protocol (SGCP) erstellt [vgl. Lamy, White Paper].

Diese beiden Protokolle wurden schließlich von der IETF zusammengefasst und als MGCP [RFC 2705] veröffentlicht. Dennoch ist MGCP kein offizieller Standard. Trotz dieser Tatsache begannen zahlreiche Hersteller mit der Implementierung von MGCP. In einer adaptierten Form wird MGCP als NCS in Kabelnetzwerken verwendet. NCS [PacketCable, 2004] Protokoll wurde von CableLabs aus MGCP entwickelt und standardisiert und ist eine Erweiterung zu MGCP. Die wichtigsten Ergänzungen sind unter anderem die Unterstützung von Dynamic-QoS (D-QoS), Security Services und eine Erweiterung von SDP für PacketCable [vgl. Packet Cable, 2004, S.124].

Es sind Master/Slave Protokolle, das heißt, der Master (Kontrollelement, Call Agent, Media Gateway Controller) gibt Anweisungen an den Slave (Endgerät, Media Termination Adapter) ein Gespräch aufzubauen, bei einem ankommendem Ruf Ring-Töne zu initialisieren oder RTP Verbindungen zu erstellen. Der Slave, also das MTA, führt von sich aus keinerlei Aktionen aus, ohne Instruktion vom Master. Beide Protokolle verwenden RTP für den Transport der Sprach- oder Datenpakete (Fax) und SDP für die Beschreibung der einzelnen Sessions. In ein Endgerät (MTA) können mehrere Endpunkte integriert sein, welche vom MTA kontrolliert werden. Als Endpoint wird ein RJ-11 Anschluss für das analoge Telefon bezeichnet.

3.4 MeGaCo

Das MeGaCo Protokoll entstand aus MGCP und dem Media Device Control Protocol (MDCP), das von Lucent entwickelt wurde. Die Megaco Working Group der IETF standardisierte MeGaCo in der RFC 3015 [RFC 3015] im Jahre 1999. Parallel dazu arbeitete die ITU-Study Group 16 an der Entwicklung von einem Gateway Control Protocol Namens H.GCP das später, mit Absprache mit der IETF um einen gemeinsamen Standard zu entwickeln, als H.248 veröffentlicht wurde.

Prinzipiell haben MGCP und MeGaCo die gleichen Eigenschaften. MGCP ist aber der Vorgänger von MeGaCo. Daher wurden einige Funktionen in MeGaCo neu definiert und ausgeweitet. Zum Beispiel ist für MGCP nur UDP als Transportprotokoll für die Signalisierung definiert. MeGaCo ist hier mehr flexibler, denn es ist für TCP, UDP, SCTP, und ATM konzipiert [vgl. RFC 3015, 2000].

3.5 Fazit

Welches Protokoll für VoIP verwendet wird, hängt also vom Umfang des VoIP-Services ab. Wird ein Telefonservice ähnlich der analogen Telefonie angeboten, also ohne weitere Services wie zum Beispiel „Presence“ (siehe 3.2.2 „SIP Anwendungen“), dann könnten MGCP/NCS die verwendeten VoIP Protokolle sein. Um nicht zuviel Intelligenz vom Providernetzwerk nach außen zu den Kunden zu verlagern, und um eine gewisse Abhängigkeit des Kunden vom Provider bezüglich Support zu schaffen, wären MGCP/NCS und MeGaCo ebenfalls am besten geeignet. NCS wird ja bereits in Kabelnetzwerken verwendet. Da MGCP und NCS eng verwandt sind, ist MGCP in seiner Arbeitsweise und Funktionsweise dem Provider bekannt. Verwendet der Provider bereits VoIP im Kabelnetzwerk, so ist das nötige Equipment (CA, Gateway, etc.) bereits vorhanden. Daher würden für MGCP/NCS keine größeren Umstellungen im Netzwerk des Providers nötig sein. Durch diese Master/Slave Protokolle, kann der Provider alle Funktionen wie Rufnummernvergabe oder -sperre, Kundenverwaltung sowie Konfiguration der VoIP-Endgeräte vom CO aus steuern und managen.

Auf der anderen Seite stehen H.323 und SIP. H.323 wurde speziell für die Verwendung im LAN entwickelt. Mit den entsprechenden H.323-Endgeräten und Servern im Netzwerk könnte eine ausgezeichnete VoIP-Netzwerklösung aufgebaut werden. Dem gegenüber stehen allerdings die Anschaffungskosten für das H.323-Equipment.

SIP würde ebenfalls größere Anschaffungen für den Provider bedeuten. Jedoch bietet SIP eine Vielzahl an Services, die im Zuge von „Triple Play“ hervorragend verwendet werden könnten (siehe 3.2.2 „SIP Anwendungen“ und 3.2.3 „Unterstützung der Mobilität“). Diese zusätzlichen Services, hier besonders die Unterstützung der Mobilität durch SIP, könnten für den Kunden von Bedeutung sein. Außerdem können durch den einfachen Aufbau von SIP leicht zusätzliche SIP-Applikationen entwickelt und in den SIP-Telefon-Service integriert werden.

4 Internet und „Triple Play“

Wenn man von „Triple Play“ Services spricht, dann liegt das Hauptaugenmerk vor allem auf der digitalen Übertragung von Video (IP-TV, VoD, etc.) und Sprache (VoIP). Neben diesen Diensten ist das Internet der Dritte Bestandteil von „Triple Play“. Man sollte aber zwischen Internetzugang und Breitbandverbindung zum Provider differenzieren. Der Zugang zum Internet wird im Regelfall über eine Breitbandverbindung hergestellt, welche vom Terminierungsendpunkt der Verbindung beim Kunden, bis zum Endpunkt beim Provider realisiert wird (Local Loop). Die Video- und Sprachdienste können auch ohne Zugang zum WWW, über das Netzwerk des MSO empfangen werden. Ein MSO, wie die Firma LIWEST Kabelmedien GmbH, stellte bis jetzt nur den Zugang zum Internet für die Kunden her. Nun stellt sich die Frage, wie der MSO das Internet für „Triple Play“ nutzen kann?

Zum einen könnte er für seine Kunden spezielle Services und Applikationen über das Internet zugänglich machen. Eine Möglichkeit wäre zum Beispiel ein Telefonbuch-Service für VoIP Kunden. Jeder Kunde der den VoIP-Service von diesem Provider nutzt, erhält Zugangsdaten für sein persönliches Telefonbuch. Auf das Telefonbuch, welches auf einem Server des Providers liegt, kann über ein Webportal zugegriffen werden. So ist es für den Kunden möglich, seine Telefonnummern, zum Beispiel auch vom Arbeitsplatz aus verwalten. So könnte er Nummern sperren, oder Anrufe umleiten. Die Änderungen des Kunden müssen dann natürlich vom Provider im VoIP-Service berücksichtigt werden. Wie dies funktionieren kann, wird hier aber nicht weiter erklärt. Zusätzlich zum Telefonbuch könnten auch Anrufe in Abwesenheit mit der Rufnummer aufgelistet werden, um entgangene Anrufe zu erfahren. In welchem Umfang dieser Dienst schlussendlich angeboten wird, ist von der Bereitschaft des Providers abhängig die erforderlichen Daten auszuwerten.

Zum anderen kann der Provider das Internet dazu verwenden, den Audio- oder Videoservice mit zusätzlichen Funktionen auszustatten, um so den Service noch attraktiver zu machen. Eine zusätzliche Funktion könnte eine Web-Applikation sein, die es dem User ermöglicht, Statusinformationen betreffend dem Audio- oder Videoservice abzufragen. Dies können Informationen über geführte Gespräche der letzten Woche und deren Dauer, aufgeschlüsselt nach Gesprächsminuten, sein. Wird beim TV-Service VoD angeboten, so könnte man als User die verfügbaren Filme und deren Kosten abfragen.

Das Internet wird für Provider, die „Triple Play“ anbieten, neben der herkömmlichen Funktion als Informationsquelle für den Kunden, zusätzlich als Unterstützung für den Sprach- und Videoservice dienen. Also soll durch das Internet eine Konvergenz für Video- und Datendienste geschaffen werden. Über einen im Internet befindlichen Server könnte man dann Account-Daten, VoD-Filme und auf dem PVR gespeicherte Filme verwalten, sowie Telefongespräche auflisten. Diese Verwaltungsmöglichkeit würde wesentlich zur Usability der „Triple Play“ Dienste beitragen und dem Kunden die Benützung richtiger interaktiver Dienste ermöglichen.

5 Internet Access Technologien

Das folgende Kapitel beinhaltet die drei wesentlichen Technologien für einen Breitband-Internetzugang. Kabel, DSL und Glasfaser werden in den kommenden Jahren die maßgeblichen Techniken sein. Nebenbei gibt es noch einige private Haushalte die über Wireless Local Loop (WLL) oder Satellit mit einem Breitband-Internetzugang versorgt werden. Diese Zugangstechniken werden im weiteren Verlauf dieses Kapitels aber nicht berücksichtigt.

5.1 Digital Subscriber Line (DSL)

DSL verwendet für Datenübertragung die vorhandenen Kupfer-Doppelader-Leitungen des Telekommunikationsnetzes. Für die analoge Telefonie wurden bisher nur Frequenzen bis 20 kHz verwendet, wobei die meiste Energie eines Sprachsignals zwischen 0 und 4 kHz vorhanden ist. ISDN verwendete eine Frequenz von 20 bis maximal 120 kHz. Durch die Benützung von unterschiedlichen Frequenzbereichen wurde der parallele Transport von analoger Sprache und digitalen Daten möglich. Über die Kupferadern lassen sich aber Frequenzen von 1 MHz und mehr übertragen. Bei ADSL2+ werden Frequenzen bis 2,2 MHz verwendet.

Die Übertragungskapazität der Doppeladern wird durch geeignete Modulationsverfahren und der entsprechenden Bandbreite soweit erhöht, das Datenraten bis zu 50 Mbps (VDSL) möglich sind. Es gibt eine Vielzahl von Techniken die unter der Bezeichnung Digital Subscriber Line (xDSL) bekannt sind. Das „x“ zeigt an, dass es verschiedene DSL-Verfahren gibt, die sich durch die möglichen Datenraten und die maximale Reichweite unterscheiden. Bei xDSL werden die Daten im Full Duplex Mode übertragen, das heißt, es steht für Up- und Download die volle Bandbreite zur Verfügung die in der Vermittlungsstelle konfiguriert wurde.

Das genutzte Frequenzband wird durch Frequency Division Multiplexing (FDM) oder Echo Cancellation (EC) in zwei Kanäle, einer für den Downstream und einer für den Upstream, geteilt. Bei EC wird zusätzlich der Upstream-Kanal in den Downstream-Kanal gemultiplext, also Up- und Downstream überlagern sich. Diese Technik wird gerne von symmetrischen Übertragungsverfahren angewandt, da Kupferkabel im unteren Frequenzbereich bessere Übertragungseigenschaften aufweisen. [vgl. DSL Forum, Tutorial].

5.1.1 ADSL

ADSL wurde 1999 von der ITU im Standard ITU G.992.1 ADSL over POTS (G.DMT) und im Standard ITU G.992.3 ADSL over ISDN (G.Lite) spezifiziert. Asymmetrisches DSL (ADSL) ist die am weitest verbreitete Variante von DSL. Asymmetrisch bedeutet, dass für Up- und Downstream unterschiedliche Bandbreiten benutzt werden [vgl. DSL Forum WP, 2003].

CAP-Data encoding am ADSL-Layer

Für ADSL wurden zu Beginn der Entwicklung zwei Techniken, CAP und DMT, spezifiziert. Beide, Carrierless Amplitude and Phase (CAP) und Discret Multi Tone (DMT), sind FDM-Techniken, wobei CAP noch zusätzlich auch TDM verwendet, um die Daten in kurzen Zeitschlitzten zu übertragen. Im CAP Standard wurden zwei Datenraten für Upstream (US) und fünf Datenraten für den Downstream (DS) fix festgelegt. Je nach verwendeter Datenrate wird dementsprechende Bandbreite benötigt [vgl. Ginsburg, 1999, S.34].

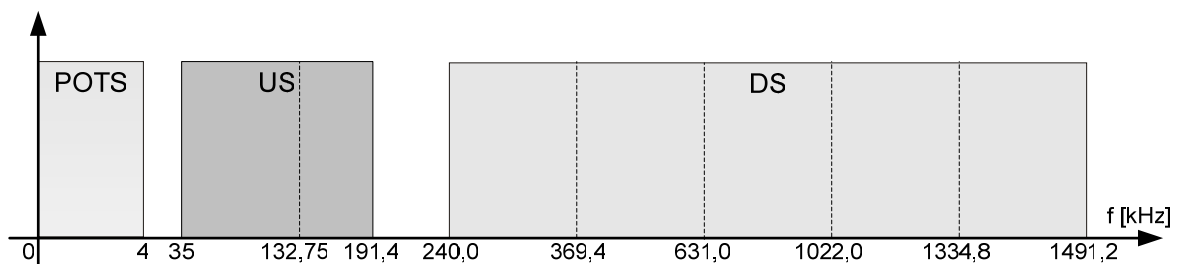


Abbildung 5-1: ADSL - CAP Frequenzspektrum

Der US-Frequenzbereich beginnt bei 35 kHz und endet bei 132,75 kHz (680 kbps) oder 191,4 kHz (1088 kbps). Der DS-Frequenzbereich beginnt bei 240 kHz und kann bei 369,4 kHz (1088 kbps), 631,0 kHz (2720 kbps), 1022,0 kHz (5440 kbps), 1334,8 kHz (7616 kbps) oder 1491,2 kHz (8704 kbps) [vgl. Ginsburg, 1999, S.36].

DMT-Data encoding am ADSL-Layer

DMT ist die heute am meisten verwendete Encoding-Technik. DMT teilt den zur Verfügung stehenden DS-Frequenzbereich von ADSL in 256 Frequenzkanäle. Jeder Kanal hat eine Bandbreite von 4,3125 kHz und kann maximal 32 kbps übertragen. Um ein Schutzband zwischen den Frequenzen für POTS und den Up- und Downstream Frequenzen zu erhalten, werden einige Kanäle nicht verwendet. Der US-Frequenzbereich liegt bei 25-138 kHz, wenn nicht ISDN parallel betrieben wird. Wird ISDN zusätzlich verwendet, dann verschiebt sich der US-Frequenzbereich nach oben auf 138-251 kHz [vgl. Ginsburg, 1999, S.39].

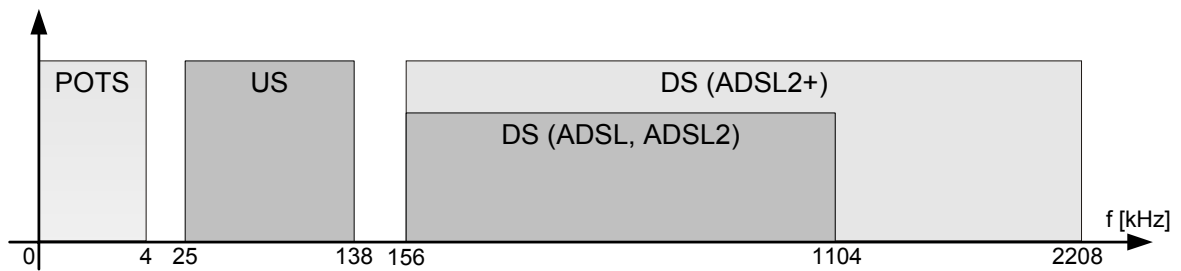


Abbildung 5-2: ADSL - DMT Frequenzspektrum (ohne ISDN)

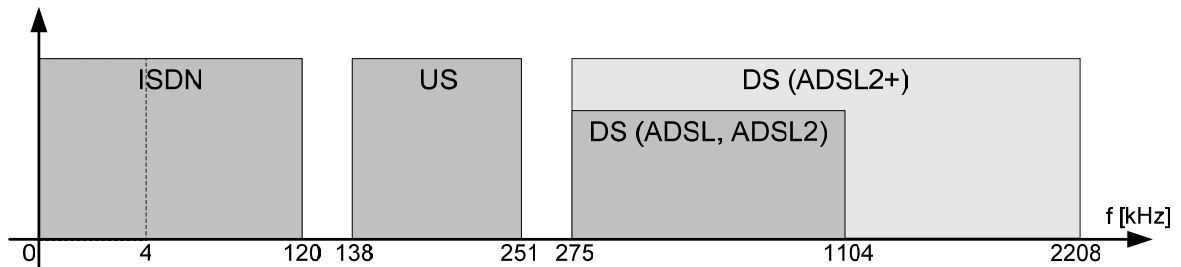


Abbildung 5-3: ADSL - DMT Frequenzspektrum (mit ISDN)

Der DS-Frequenzbereich beginnt bei 156 kHz (275 kHz) und endet bei 1104 MHz (ADSL) oder bei 2208 MHz (ADSL2+). Auf der Kupferleitung kann es aus den unterschiedlichsten Gründen zu Störungen kommen. Durch die kleinen Frequenzkanäle kann man diesen Störungen gut beikommen, da die Datenrate pro Kanal dynamisch geändert werden kann. Sollte eine bestimmte Frequenz sehr stark gestört werden, dann kann der betroffene Kanal komplett ausgeblendet werden und wird somit für die Datenübertragung nicht verwendet. [vgl. Ginsburg, 1999, S.39].

ADSL2

ADSL2 wurde im Juli 2002 in G.992.3(G.DMT.bis)/G.992.4(G.Lite.bis) von der ITU spezifiziert. ADSL2 fügt neue Funktionen zur Steigerung der Performance und der Bandbreite. Es werden maximal 12 Mbps im Downstream erreicht. Dies wird unter anderem durch Verbesserung der Modulation und der Kodierung, sowie durch Reduzierung des Overheads erreicht. Durch die Einführung eines neuen Layers zwischen physikalischem und Datalink Layer kann der Transport von paketbasierenden Services wie Ethernet direkt über ADSL2 ermöglicht. ADSL2 unterstützt Channelized Voice over DSL (CVoDSL). Dabei werden die analogen Sprachdaten im Frequenzband von ADSL übertragen. Es wird also im Up- und Downstream Frequenzband von ADSL eine Circuit Switched Verbindung aufgebaut. Ferner wurden Funktionen für Power-, und Diagnose-Management implementiert [vgl. DSL Forum WP, 2003].

ADSL2+

ADSL2+ wurde 2003 in G.992.5 festgelegt und bietet durch die Verdoppelung der Frequenzbandbreite auf 2,2 Mhz eine maximale Bandbreite von 20 Mbps im Downstream auf eine Entfernung von ca. 2 km. Nach 2 km werden die Datenraten von ADSL unterstützt [vgl. DSL Forum WP, 2003].

Standard	Standard Typ	Downstream [Mbps]	Upstream [Mbps]
ANSI T1.413 Issue 2	ADSL	8.0	1.0
ITU G.992.1	ADSL (G.DMT)	8.0	1.0
ITU G.992.2	ADSL (G.Lite)	1.5	0.5
ITU G.992.3	ADSL2 (G.DMT.bis)	12.0	1.0
ITU G.992.4	ADSL2 (D.Lite.bis)	12.0	1.0
ITU G.992.5	ADSL2+	20.0	1.0

Tabelle 5-1: ADSL Standards und maximale Datenraten

Zusätzlich zu den in Tabelle 5-1 angeführten Standards gibt es noch zahlreiche Annex die hier nicht weiter angeführt werden.

5.1.2 Weitere relevante DSL-Techniken

VDSL

Very High Bit Rate DSL (VDSL) ist ADSL in der Technik sehr ähnlich, erreicht aber Datenraten bis zu 52 Mbps im Downstream und 6,4Mbps im Upstream. VDSL kann aber auch symmetrisch mit Bandbreiten bis 34 Mbps betrieben werden. Diese enormen Datenraten werden aber nur auf kürzeste Entfernung zum DSLAM erreicht (300m). VDSL wird heute gerne in Kombination mit FTTx, WLL, und anderen Access-Techniken verwendet. Besonderes Augenmerk wird auf die Kombination von FTTx und VDSL gelegt (EFMC). [vgl. DSL Forum TR-040, 2001]

SHDSL/G.SHDSL

SHDSL ist für symmetrische Datenübertragung. Der Global standard for Single pair High data rate DSL (G.SHDSL) ist eine Weiterentwicklung von SDSL (Symmetrical DSL). Die Symmetrische Datenübertragung über DSL wurde als Ersatz für die älteren E1/T1-Standleitungen entwickelt. SDSL benötigte nur ein Kupferpaar für die Datenübertragung. SHDSL benötigt ebenfalls nur ein Kupferpaar und erreicht eine maximale Datenrate von 2,312 Mbps.

5.1.3 ADSL Architektur

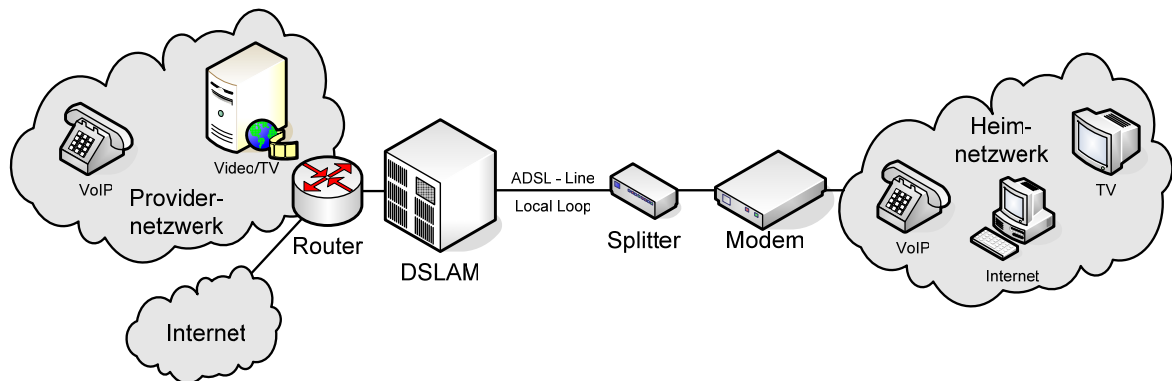


Abbildung 5-4: ADSL Architektur

Splitter

Der Splitter ist ein passiver Filter, der die Signale mit hohen Frequenzen, welche von ADSL benutzt werden, von den Signalen mit niedrigen Frequenzen für POTS, trennt. Der Splitter kann in dem ADSL Modem integriert werden oder vom Modem physikalisch getrennt sein. [vgl. DSL Forum TR-001, 1996].

Ohne Splitter wäre jeweils nur DSL oder Telefonie über dieselbe Telefonleitung möglich, da sich die Geräte gegenseitig behindern würden, indem sie jeweils die nicht benötigten Frequenzen einfach ausfiltern.

DSL-Access Multiplexer

Der DSLAM ist ein wesentlicher Bestandteil der DSL Infrastruktur. Am DSLAM terminieren die Kupferleitungen der Kunden. Eine Kupferleitung (Line) verläuft nur zwischen DSLAM und Kunden. Die Lines werden auf so genannten Linecards zusammengefasst, wobei auf einer Linecard 2, 8, 12, 16, 24, 33, 48, 64 oder 72 Ports (1 Port pro Line) untergebracht sein können. Die Linecards werden auch DSL-Access Concentrator (DSL-AC) genannt. Diese Ports sind das Gegenstück zum DSL-Modem des Kunden. Sie bestehen aus der Empfangseinheit für die Daten und einem Splitter, falls dieser benötigt wird.

Die zweite wesentliche Aufgabe des DSLAM ist der Weitertransport der Daten in das Providernetzwerk. Früher wurden meist ATM-DSLAMs eingesetzt, das heißt die Daten wurden im Backbone des Providers über ATM transportiert. Das DSLAM musste also die Daten auf ATM umsetzen. Nach dem OSI-Modell ist das DSLAM auf Layer 2 angesiedelt. Die ursprüngliche Entwicklung von DSL für ATM ist in der Konfiguration von DSL

erkennbar. DSL verwendet z.B. ATM Service Klassen und Permanent Virtual Circuits (PVC) für Datentransport und Traffic-shaping.

PPPoE

Die Nutzdaten werden über den konfigurierten ATM-PVC im Ethernetframe übertragen. Zu Beginn einer Verbindung sucht der Klient (DSL-Modem) den Point of Presence (POP) oder den DSL-AC des Providers. Dies geschieht mit dem PPPoE Active Discovery (PAD) Messages. Mit PAD-Initiation an eine Broadcast-MAC-Adresse wird ein AC gesucht. Ein in Frage kommender AC antwortet mit der PAD-Offer Nachricht, welche die MAC-Adresse des ACs, seinen Namen und die Dienstbezeichnung enthält. Es kann sein, dass der Host mehr als ein PAD-Offer erhält. Dann wählt er aufgrund des AC-Namens oder der angebotenen Services mit PAD-Request einen AC aus. Der AC der das PAD-Request Paket erhält, bestätigt mit PAD-Session Confirmation. Dabei wird auch eine eindeutige Session-ID vom AC vergeben. Damit ist die PPPoE-Verbindung aufrecht. Mit der PAD-Termination Nachricht kann eine Verbindung beendet werden [vgl. RFC 2516, 1999].



Abbildung 5-5: ATM Layer

Multiprotocol over ATM

Multiprotokoll over ATM wird für Bridged oder Routed Services verwendet. Um IP-Datenpakete über ATM transportieren zu können, wird Multiprotokoll Encapsulierung über AAL5 angewendet, welche in der RFC 2684 [vgl. RFC 2684, 1999] beschrieben wird. Es wird der Transport von, für Routing geeignete Protokolle (z.B. IP) und für Bridging geeignete Protokolle nach 802.3 (CSMA/CD), 802.4 (Token Bus), 802.5 (Token Ring) und 802.6 (FDDI) spezifiziert. Der AAL5 Common Part Convergence Sublayer wird benötigt, um die unterschiedlich großen Datenpakete auf die ATM-Zellengröße von 53 Byte anzupassen.

Zwei Transportarten werden erklärt:

- LLC-Encapsulierung erlaubt das Multiplexing von mehreren Protokollen auf einen PVC. Das transportierte Protokoll wird durch die Logical Link Control (LLC) identifiziert. Dadurch entsteht zusätzlicher Overhead.
- VC-MUX wird für den Transport von nur einem Protokoll über einen PVC verwendet. Hier wird ein PVC mit einem bestimmten Protokoll verbunden. Es ist daher keine Protokoll-Identifizierung nötig, wodurch zusätzlicher Overhead reduziert wird.

ADSL Modem

Das ADSL Modem ist der andere Endpunkt der Kupfer-Doppelader, welche vom DSLAM zum Modem verläuft. Diese Kupferader oder „Line“ ist also die Local Loop zum Kunden. Mit anderen Worten terminiert am ADSL Modem das Netzwerk des Providers. Um eine Verbindung herstellen zu können, muss das Modem ebenfalls den entsprechenden Übertragungsmodus (ADSL over POTS, ADSL over ISDN) beherrschen. Nach dem einschalten des Modems versucht es die Verbindung zum DSLAM herzustellen. Dabei ist zu Beachten, dass beim Initialisieren der Verbindung zwischen DSL-Modem und DSLAM (Synchronisation) auf dem Kupferadern-Paar Messungen durchgeführt werden, die zum Beispiel das momentane Signal-Rauschverhältnis (SNR) oder Störungen durch Cross Talk (Leitungsübersprechen) überprüfen. Ist das SNR in einem gewissen Frequenzbereich zu hoch, kann dieser Frequenzbereich ausgeblendet werden und wird für die Datenübertragung nicht verwendet. Bei diesem Vorgang wird ebenfalls die Entfernung vom DSLAM zum Modem gemessen. Diese Messungen werden in regelmäßigen Abständen wiederholt und Störungen erkennen zu können.

Sollte es keine nennenswerten Störungen auf der Line geben, kann der Synchronisationsvorgang erfolgreich abgeschlossen werden. Um nun Daten transportieren zu können, muss auf dem Modem derselbe PVC konfiguriert werden, der für den jeweiligen Kunden am DSLAM konfiguriert wurde.

5.1.4 Single-Circuit Netzwerk Architektur

Diese Architektur entstand aus der bisherigen Verwendung von DSL als Internet-Access Technologie. Hierfür wurde meist PPPoE für die Realisierung der DSL-Verbindung verwendet. „Triple Play“ ist aber die Übertragung von Video, Sprache und Daten. Die neuen Services werden nun über einen, den vorhandenen, PVC zum Kunden übertragen.

Dadurch ist es aber unbedingt nötig QoS für die zu übertragenden Daten zu verwenden. Meist passiert dies bei dieser Architektur auf Layer 3 des OSI-Schichtenmodells. Auf der ADSL-Line können aber auf Layer 2 zusätzlich die ATM Service Klassen für Traffic shaping verwendet werden. Auch für diese Architektur ist es möglich, die Daten der einzelnen Anwendungen und Dienste für unterschiedliche VLANs zu markieren, um sie im Backbone besser zum Beispiel zu unterschiedlichen Servern oder Gateways senden zu können.

Im TR-059 des DSL Forum wird QoS für PPPoE beschrieben. In diesem Report wird der Broadband Remote Access Server (BRAS) als das wichtigste Device im Point of Presence (POP) des Providers bezeichnet. Dieser ist für Policy Management, IP-QoS (IntServ, DiffServ), Tunneling, Bridging, Switching (MPLS), etc. zuständig [vgl. DSL Forum TR-059, 2003].

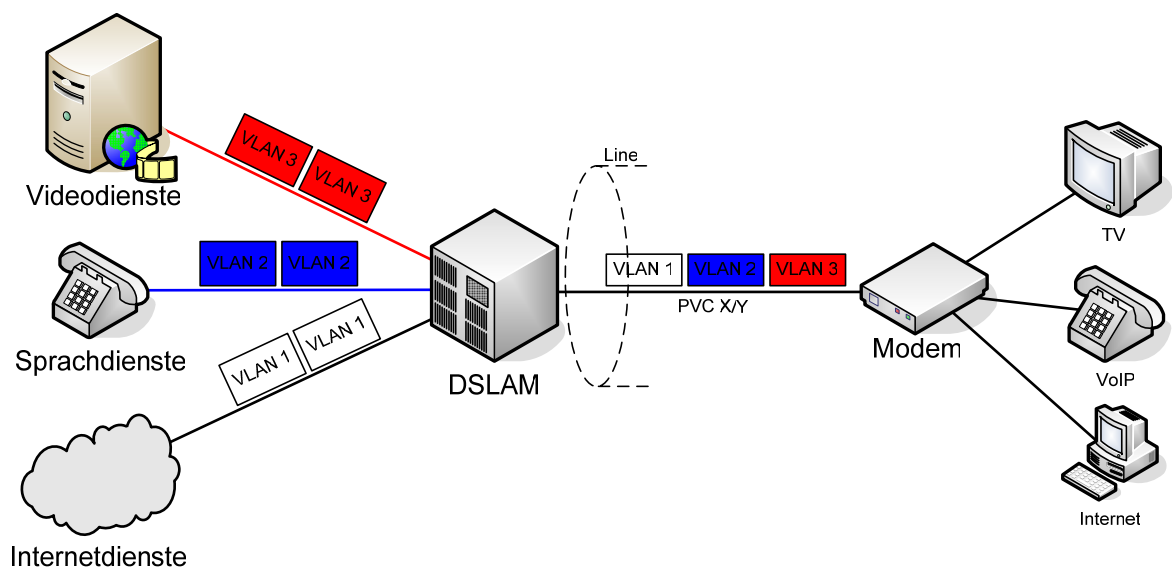


Abbildung 5-6: ADSL - Single Circuit Architektur

5.1.5 Multi-Circuit Netzwerk Architektur

Es gibt aber auch einen anderen Ansatz für die Übertragung von Daten. So kann man Video, Sprache und Daten über je einen separaten PVC transportieren. Hier wird QoS auf Layer 2 durchgeführt. Die PVCs für die Services werden auf VLANs gemappt, dann mittels dem Standard 802.1p eine Priorität zugeordnet werden kann (802.1p ist eine Erweiterung zu 802.1q) [vgl. IEEE 802.1q, 1998]. Durch die VLANs sind die Services voneinander getrennt und QoS auf Layer 3 ist nicht unbedingt nötig. Des Weiteren wird kein BRAS benötigt. Da über die Line zum Kunden nun drei oder mehr PVCs gespannt werden, ist eine Regelung des Datenverkehrs über die Line nötig. Dies wird durch die ATM Service Klassen realisiert.

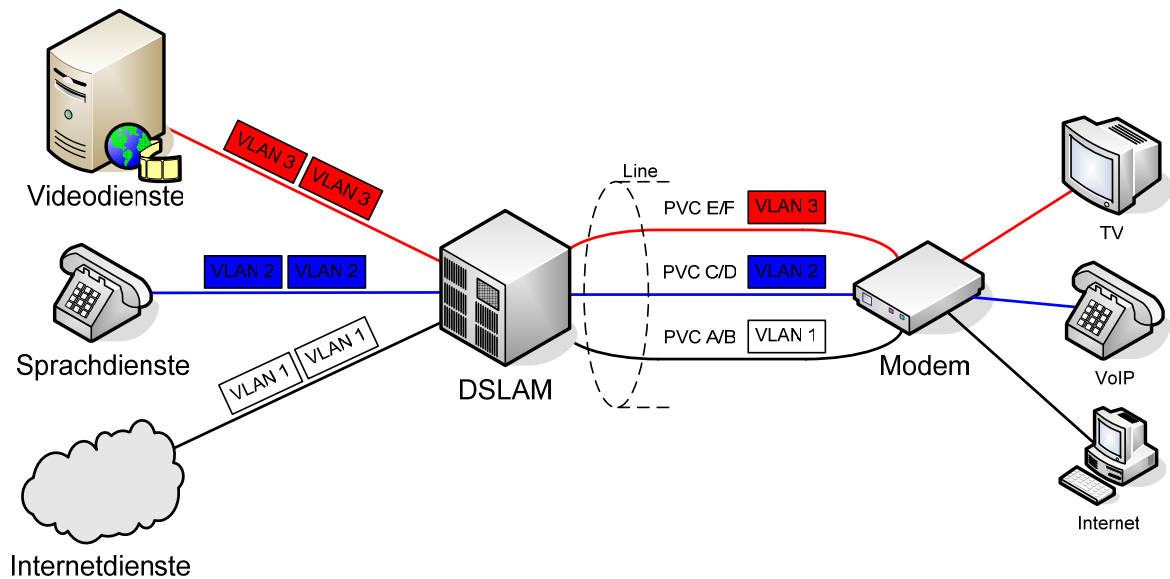


Abbildung 5-7: ADSL - Multi Circuit Architektur

5.2 HFC und Euro - Docsis

Durch die steigende Anzahl an Internetusern und durch die Tatsache, dass das Kabelnetzwerk eine der ersten Breitband-Technologien war, wurde es notwendig Standards zu definieren, die es erleichterten, IP-Traffic über das Kabelnetzwerk zu transportieren. Dieser Standard wird Data over Cable Service Interface Specification (DOCSIS) genannt und wurde von CableLabs [CableLabs] im Jahr 1997 entwickelt, um den IP-Traffic über Kabel in Nord- und Südamerika zu standardisieren. [vgl. DOCSIS].

Um auch in Europa verwendet werden zu können, mussten einige Anpassungen durchgeführt werden mit dem Ziel bidirektionale High Speed Kommunikation über Kabel-TV Netzwerke zu ermöglichen, ohne die TV-Signale zu stören. Im Jahr 1999 wurde vom Telecom over Cable Operator Forum (TOCOF) die Entwicklung und Spezifikation von Euro-DOCSIS beschlossen. DOCSIS wurde mit Annex N zu Euro-DOCSIS erweitert [vgl. Euro-DOCSIS 1.0].

Der Unterschied zwischen DOCSIS und Euro-DOCSIS liegt in der Verwendung unterschiedlicher Frequenzen, und in der Verwendung höherer Kanalbandbreiten in Europa. In Euro-DOCSIS1.0 waren jedoch keine Funktionen für QoS inkludiert. Dieser Mangel wurde mit der Spezifizierung von Euro-DOCSIS1.1 behoben. Zusätzlich wurden Sicherheitsfunktionen eingebaut. Euro-DOCSIS 1.1 verwendet SNMPv3 anstelle von SNMPv2 und verwendet die Public Key Infrastructure (PKI) für Authentifizierung und Security [vgl. DOCSIS ROADMAP, 2002].

Im Jahr 2002 wurde dann der Euro-DOCSIS 2.0 Standard vorgestellt. Version 2.0 erlaubt höhere Bandbreiten im Upstream, ist besser gegen Störungen durch Rauschen geschützt (besseres Modulationsverfahren) und erlaubt symmetrische Bandbreite zwischen Up- und Downstream. Euro-DOCSIS 2.0 ist komplett Rückwärts kompatibel zu den Versionen 1.x [vgl. DOCSIS ROADMAP, 2002].

5.2.1 Referenz Modell

Es gibt zwei Komponenten die sehr wichtig für die DOCSIS Architektur sind. Beim Customer findet man das Cable Modem (CM), und auf der Seite des Service Provider findet man das Cable Modem Termination System (CMTS) das im Headend positioniert ist. Als Headend wird die Gesamtheit der zentralen Kontrollelemente bezeichnet. Das CMTS ist verantwortlich für die Zusammenführung des Upstream-Traffic der verschiedenen CM und für die Kommunikation mit dem Backbone. Für das Management der Kabelmodem ist das Operations Support System (OSS) verantwortlich.

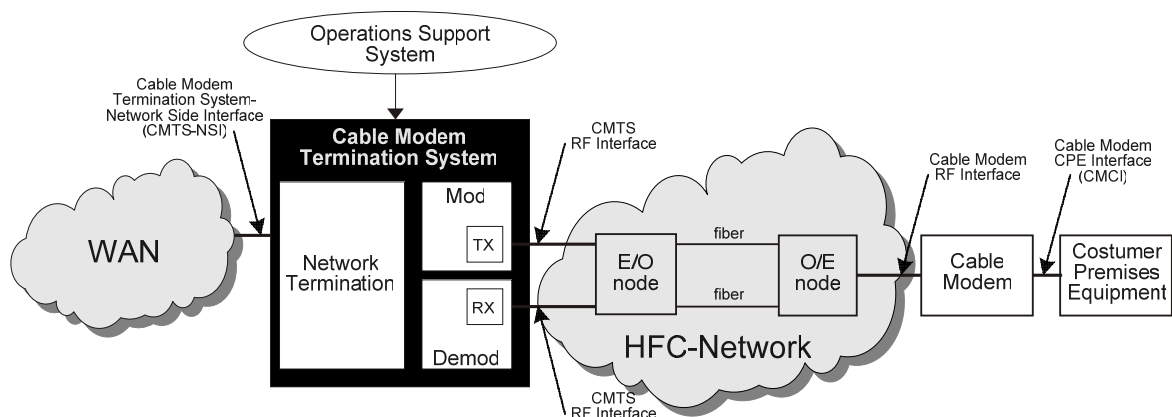


Abbildung 5-8: DOCSIS Referenz Modell

Abbildung 5-8 zeigt die wichtigsten Elemente des DOCSIS Referenz Modells. Das primäre Element dieser Architektur ist das CMTS im Headend des Kabelnetzwerkes. Es bildet die HFC-Netzwerkterminierung und den Übergang in das WAN durch die CMTS-NSI Schnittstelle. Weiters ist das CMTS für die Modulation und Demodulation der Daten im HFC Netzwerk verantwortlich. Die Schnittstelle am CMTS zum HFC-Netz ist das CMTS-RF Interface, wobei RF für Radio Frequency steht. Wie der Name HFC, Hybrid Fiber Coax, bereits aussagt, kann und wird auch Glasfaser für die Datenübertragung im Providernetzwerk verwendet. Das andere Ende des HFC-Netzes terminiert am Kabelmodem (Cable Modem RF Interface). Am Kabelmodem ist das Equipment des Kunden (CPE), z.B. ein PC über das CMCI angeschlossen.

5.2.2 Downstream (DS)

DOCSIS sowie Euro-DOCSIS verwenden für den Up- und Downstream zwei unterschiedliche Frequenzbänder. Downstream wird die Richtung des Traffics vom CMTS zu den Kabelmodem genannt. Es werden Mittenfrequenzen von 112 MHz bis 858 MHz verwendet. Gültige Mittenfrequenzen wurden auf ein Vielfaches von 250 kHz festgelegt. Dieses Frequenzband wird in Kanäle zu je 8 MHz Bandbreite unterteilt. Das CMTS sendet ein Signal, das mit QAM64 oder QAM256 moduliert wurde. Für beide Modulationsarten wird eine Symbolrate von 6,952 Msps verwendet. Daraus ergeben sich für QAM64 Bandbreiten von ungefähr 42 Mbps (QAM64: 1Symbol = 6bit) und für QAM256 ungefähr 56 Mbps (QAM256: 1Symbol = 8bit). Dies sind die maximalen Bandbreite, die ein CMTS zu Verfügung stellen kann. Diese Bandbreite wird auf die an dieses CMTS angeschlossenen Kunden aufgeteilt. Im Downstream-Frequenzband liegen auch noch andere Kanäle, wie die analogen und digitalen TV-Kanäle [vgl. Euro-DOCSIS Frequency, 2000].

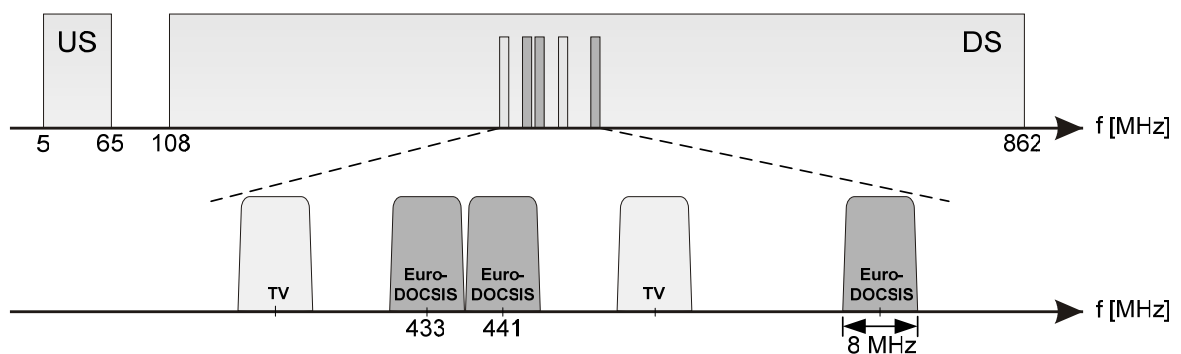


Abbildung 5-9: Frequenzspektrum Euro - DOCSIS

5.2.3 Upstream (US)

Beim Upstream wird der Traffic von den Kabelmodem zum CMTS übertragen. Es werden Frequenzen von 5 bis 65 MHz verwendet, also steht eine Gesamtbandbreite von 60 MHz für den Upstream zur Verfügung. Das Kabelmodem sendet ein QPSK (Euro-DOCSIS 1.0) oder QAM16 (Euro-DOCSIS 1.1) moduliertes Signal. Für diese Modulationsarten stehen fünf verschiedene Symbolraten zur Verfügung. Diese ergeben dann die fünf unterschiedlichen Bandbreiten und Bitraten, die für die Upstreamkanäle verwendet werden können. [vgl. Euro-DOCSIS Frequency, 2000].

Symbolrate (SR) (kbps)	Bandbreite (kHz)	Bitrate (kbps)	
		QPSK	QAM 16
160	200	320	640
320	400	640	1280
640	800	1280	2560
1280	1600	2560	5120
2560	3200	5120	10240

Tabelle 5-2: Euro-DOCSIS Bitraten im Upstream

Die Bandbreite wird berechnet mit der Formel: $B = (1 + \alpha)SR$. α ist der Roll-Off Faktor des Bandpassfilters und wird für Euro-DOCSIS 1.x mit 0,25 festgelegt. Die Bitrate ergibt für QPSK das Doppelte der Symbolrate (1 Symbol = 2 bits) und das Vierfache für QAM16 (1 Symbol = 4 bits)

Zugriffstechnik im Upstream

Das Kabelnetzwerk ist ein so genanntes Shared Medium, das heißt, mehrere User verwenden das gleiche Netzwerk und teilen sich die verfügbare Bandbreite. Daher werden mehrere Zugriffs-Technologien verwendet um die erfolgreiche Kommunikation zwischen den einzelnen Usern und dem Headend zu gewährleisten. Um eine effiziente Übertragung der Daten zu ermöglichen werden Frequency Division Multiple Access (FDMA) und Time Division Multiple Access (TDMA) kombiniert [vgl. DOCSIS 1.0, 2002, S. 19].

Das Frequenzspektrum wird durch FDMA auf die User aufgeteilt. Zwischen diesen unterschiedlichen Bandbreiten der User ist ein Guard Band untergebracht, um Frequenzstörungen von benachbarten Bändern zu vermeiden und aus Rücksicht auf die Unschärfe der Bandpassfilter. Dadurch wird die zur Verfügung stehende Bandbreite reduziert, was bedeutet, dass die Anzahl der Kanäle und somit die Anzahl der User auf dem Shared Medium beschränkt ist. Um die Frequenzen besser auszunützen wird TDMA verwendet. Die Frequenzkanäle werden dabei durch Zeitschlitzte unterteilt und jeder Benutzer bekommt die Kanal-Bandbreite nur für einen Zeitschlitz zugesprochen. Zwischen zwei benachbarten Zeitschlitzten ist wiederum ein Schutzzeitschlitz, auch Guard Time genannt, eingefügt um Fehler in der zeitlichen Abstimmung ausgleichen zu können.

Euro-DOCSIS 2.0 verwendet zusätzlich zu FDMA und TDMA noch Synchronous Code Division Multiple Access (S-CDMA). Bei S-CDMA senden alle Transmitter zur selben Zeit ihr, mit einem 128 bit Code codiertes, Signal [vgl. DOCSIS 2.0, 2002].

5.2.4 DOCSIS MAC

DOCSIS ist eine Layer1/2 Architektur. Die Verbindung zwischen CM und CMTS wird mittels Ranging auf Layer 2 des OSI Schichtenmodells hergestellt. Um eine Layer 2 Verbindung zu bekommen, muss dem Modem nach dessen Start vom CMTS ein Downstream Kanal zugewiesen werden. Dieser Kanal enthält sämtliche Informationen bezüglich Modulation, Fehlerkorrektur und Paketgröße der Daten. Danach erlernt das Modem die Eigenschaften des Upstreamkanals. Es synchronisiert sich auf den verfügbaren Upstreamkanal, lernt dessen Eigenschaften (Frequenz, Modulation und Symbolrate) und das CM erfährt dann über MAC Layer Management Messages wann es senden darf, was es senden soll und für wie lange. Alle dafür nötigen Management-Informationen werden über einen eigenen DOCSIS MAC Layer transportiert. Erst wenn die Ranging Prozedur erfolgreich abgeschlossen ist, wird mit dem Aufbau der Layer 3 Verbindung begonnen [vgl. DOCSIS 1.0, 2002, S.69].

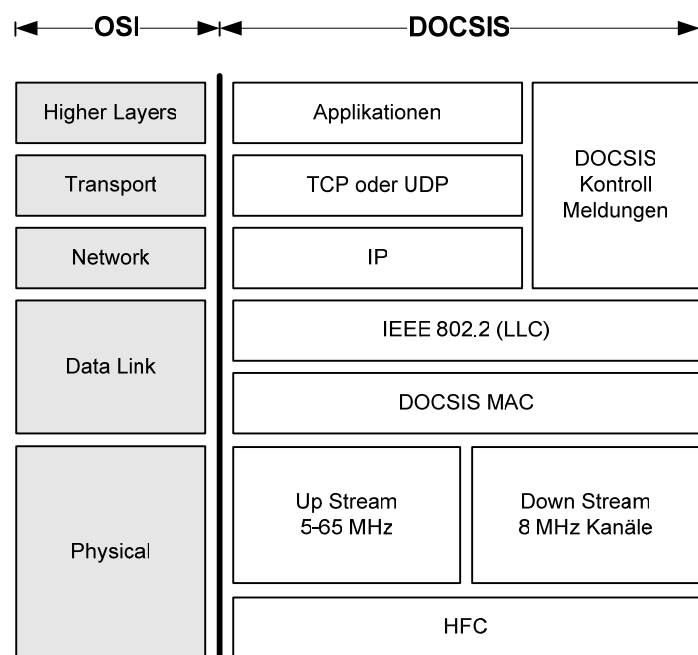


Abbildung 5-10: DOCSIS Schichtenmodell [vgl. DOCSIS Layer, 1999, S. 5]

Abbildung 5-10 zeigt das Schichtenmodell von DOCSIS im Vergleich zum OSI Schichtenmodell. Man sieht, das DOCSIS auf dem Physical Layer und dem Data Link Layer spezifiziert ist.

5.2.5 QoS

In Euro-DOCSIS waren zwar Service Klassen (Class of Service, CoS) definiert, welche aber keine garantierten Übertragungsraten, Bitfehlerraten, Delayzeiten etc. garantieren konnten.

Mit Euro-DOCSIS 1.1 wurden erstmals QoS Funktionen für VoIP eingeführt. QoS wird hier mit so genannten Service Flows (SF) auf Layer 2 gewährleistet. Diese Service Flows werden mit einem QoSParameterSet verbunden, welches definiert wie sich der Service Flow in Bezug auf QoS verhalten soll. SFs sind also ein Fluss von Datenpaketen mit garantierten QoS Eigenschaften. Die Service Flows dienen dazu, eine bessere Bandbreiten-Effizienz im Upstream zu erreichen. Das Kabelmodem und das CMTS priorisieren die Daten und verwenden Traffic-Shaping abhängig von den QoS Parametern definiert im SF. Für VoIP ist der Unsolicited Grant Service (UGS) wichtig, denn er unterstützt Real-Time Service Flows. UGS generiert periodisch Datenpakete mit einer fixen Größe und kontrolliert die Verzögerung der Voice-Pakete. Dadurch werden Overhead und Verzögerung, die durch Kabelmodem Requests entstehen, verhindert [vgl. DOCSIS 1.1 QoS, 2003, S. 139].

5.2.6 Kabeltechnologie für Multimediaanwendungen

Um den neuen Multimedialen Anforderungen gerecht zu werden, wurde in den USA von PacketCable und in Europa von IPCablecom ein Standard entwickelt, der Sprache, Video, und andere Multimediaanwendungen über ein HFC-Netzwerk transportieren kann. IPCablecom ermöglicht eine Sprachqualität die gleich oder besser ist als die bei PSTN. Zusätzlich werden Dial-in Modem (56kbps) und Fax (14,4kbps) unterstützt.

Für VoIP wurde in der neuesten Version PacketCable 1.5 spezifiziert. Um nun auch Real Time Applikationen, Videoconferencing, online Gaming, Streaming Media, etc. unterstützen zu können, wurde PacketCable Multimedia (PMM) festgelegt. PMM basiert auf PacketCable 1.5 und verwendet noch zusätzlich Policies um den Zugriff der Kunden auf Ressourcen steuern zu können.

PacketCable Multimedia Dynamic-QoS

D-QoS soll vor allem Multimediatelefonie wie Video-Telefonie und Konferenz-Calls unterstützen. Diese Variante von QoS wird deshalb Dynamic-QoS genannt, weil dynamisch erforderliche Services im Kabelnetzwerk signalisiert werden. So können dynamisch erforderliche Ressourcen auch während einer laufenden Session geändert

werden. Ähnlich zu SIP wird auch hier pro Media-Type (Audio, Video) eine eigene Session aufgebaut. Um die erforderlichen Güteklassen zu erreichen, wurden neben den Euro-DOCSIS 1.1 QoS-Mechanismen (Datalink Layer) zusätzliche Funktionen eingebaut. Neben dem Resource Reservation Protocol (RSVP) (Network Layer), werden zahlreiche Policy-Funktionen auch Common Open Policy Services (COPS) [RFC 2748] genannt, angeboten. COPS ist ein Server Client Protokoll und wird verwendet um Admission Control in QoS-Netzwerken zu gewährleisten. Der COPS-Server, oder Policy Decision Point (CDP) entscheidet anhand einer Policy ob eine Session zustande kommt oder nicht. Mit dem RSVP wird vor dem Aufbau einer Session die erforderliche Bandbreite reserviert. [vgl. PacketCable Multimedia, 2003]

PacketCable VoIP

Als Interface zwischen analogem Telefon und Kabelmodem wird ein Media Termination Adapter oder auch Multimedia Terminal Adapter (MTA) verwendet. Ein MTA kann als Stand-Alone MTA (S-MTA) oder als Embeded MTA (E-MTA) in einem Kabelmodem ausgeführt sein. Das PSTN-Gateway ist das Interface zwischen dem IP Netzwerk und dem PSTN. Es setzt sich zusammen aus Signaling Gateway (SG), Media Gateway(MG) und einem Media Gateway Controller (MGC). Sowohl das SG und das MG haben eine Verbindung in das PSTN.

Die Signalisierung von HFC-Netzwerk zu HFC-Netzwerk erfolgt über den CMS. Als Signalisierungsprotokoll zwischen MTA und Call Management Server (CMS) wird NCS verwendet. Der Mediatransport erfolgt dann direkt von MTA zu MTA.

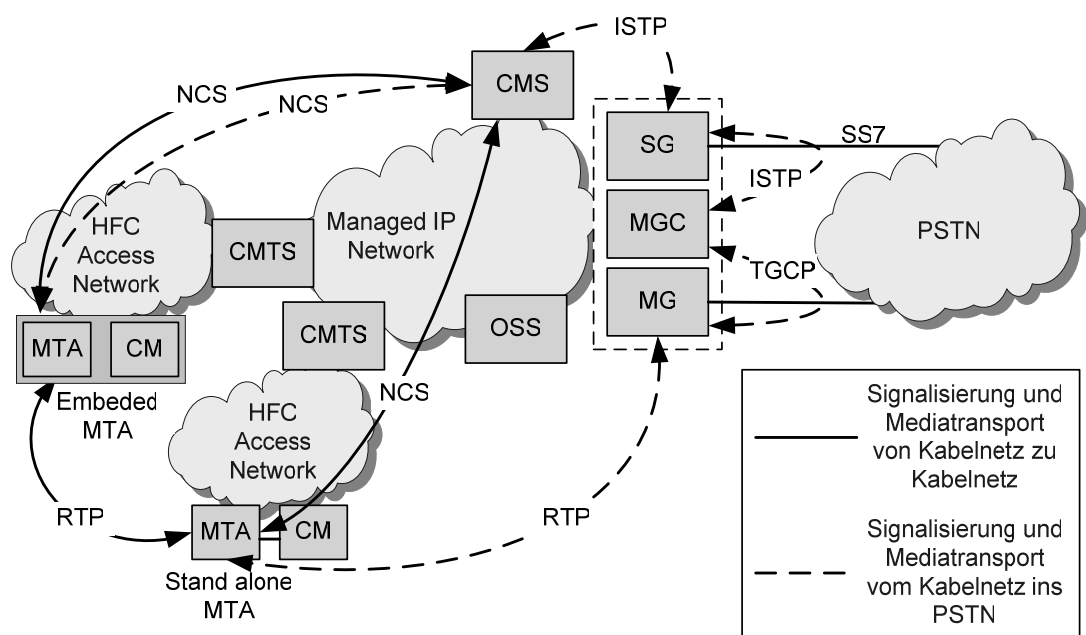


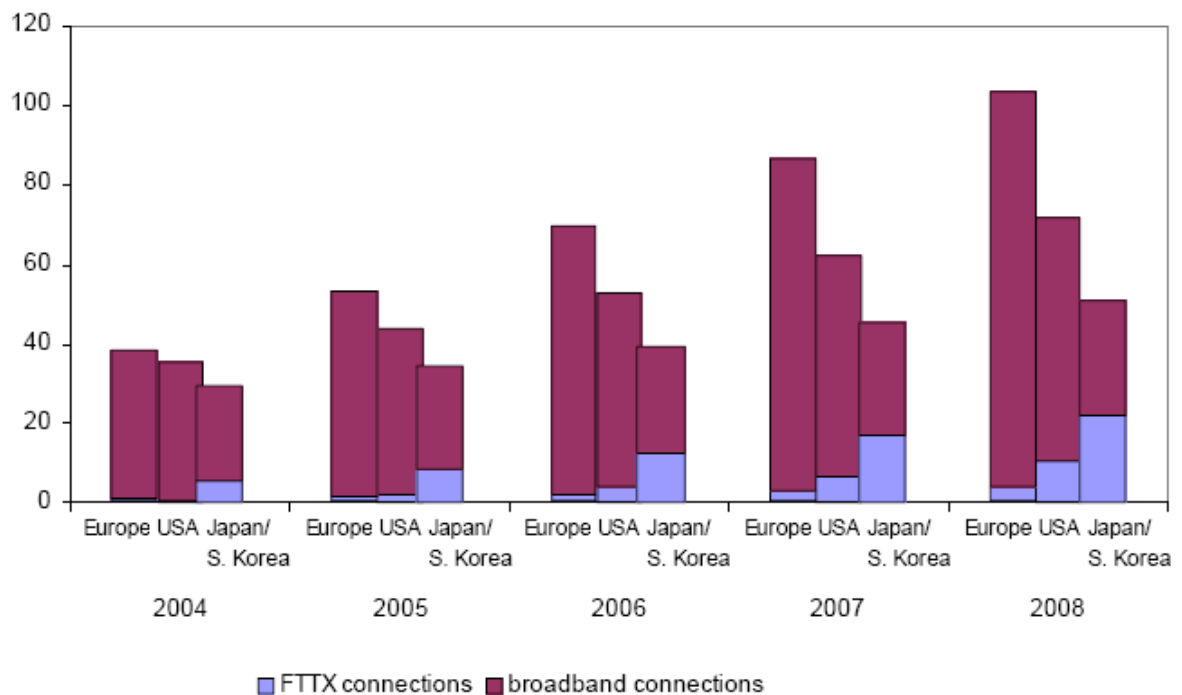
Abbildung 5-11: MGCP/NCS Signalisierung und RTP-Mediatransport

Soll eine Verbindung vom HFC-Netz in das PSTN oder vom PSTN in das HFC-Netz aufgebaut werden, wird das PSTN-Gateway benötigt. Das SG kommuniziert mit dem PSTN mittels SS7 und mit dem CMS oder dem MGC mittels des Internet Signaling Transport Protocol (ISTP). ISTP transportiert die SS7 Signalisierung [vgl. PacketCable ISTP, 2002].

Das Trunking Gateway Control Protocol (TGCP) wird zwischen MGC und MG verwendet [vgl. PacketCable TGCP, 2004].

5.3 Fiber to the Premises

Neben dem großen Wachstum von ADSL wird auch für die Glasfasertechnik ein wachsender Anteil am Breitbandmarkt bis 2008 vorausgesagt. Nach einer Analyse von IDATE wächst der Anteil von FTTx in Europa bis zum Jahr 2008 auf rund 5% [vgl. IDATE, 2005]. Besonders durch das Angebot von bandbreitenintensiven Anwendungen wie zum Beispiel IP-TV in HDTV Qualität, wird die Entwicklung auf diesem Gebiet vorangetrieben.



Source: IDATE

Abbildung 5-12: IDATE Forecast FTTH [IDATE, 2005]

Zur Zeit entwickelt sich die optische Übertragungstechnologie zur generellen Technologie der Zukunft. Nicht nur im WAN sondern auch im LAN steigt die Verbreitung immens. Das optische Übertragungssystem unterscheidet sich nicht wesentlich von dem mit

elektronischen Komponenten. Das zu übertragende Signal wird einem elektronischem/optischen Wandler zugeführt. Die generierten Lichtimpulse werden in einen Lichtwellenleiter (LWL) eingekoppelt und zum Empfänger geführt. Dieser wandelt das optische Signal wieder in ein elektrisches Signal. Der Aufbau eines LWL ist mit dem Aufbau eines Koaxialkabels vergleichbar. Der LWL wird aus Glas, Quarz oder Kunststoff hergestellt und ist von einem Mantel aus PVC umgeben, der einen kleineren Brechungsindex als das Glas aufweist. Aufgrund der optischen Brechungsgesetze kann der Lichtstrahl oberhalb eines kritischen Winkels nicht aus der Glasfaser entweichen. Als Strahlen hohen Mode bezeichnet man Lichtstrahlen, die aufgrund ihres Einstrahlwinkels oft im Leiter reflektiert werden und daher einen langen Weg zurücklegen. Hingegen werden Strahlen die entlang der Faserachse geführt werden, als Strahlen niedrigen Modes bezeichnet. Man unterscheidet zwei Typen von Glasfaserkabel: Monomode- und Multimodefaser. Bei Multimodefasern werden mehrere unterschiedliche Modes für die Signalübertragung benötigt. Monomodefasern haben einen geringeren Querschnitt und lassen nur einen Mode durch, sind aber wesentlich teurer als Multimodefasern [vgl. Tanenbaum, 2003, S. 93-98].

Dem Endkunden wird durch die Versorgung durch Glasfaser in der Local Loop praktisch grenzenlose Bandbreite beschert. Ein weiterer Vorteil ist die große Reichweite, die bei Fiber to the Premises (FTTx) bei annähernd gleich bleibender Bandbreite gewährleistet werden kann. Weitere Vorteile von Glasfaser sind die Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Störungen, gesteigerte Abhörsicherheit und Glasfaserkabel sind handlicher als Kupfer- oder Koaxialkabel. Über kurz oder lang wird sie sich die Glasfasertechnik als Access-Technologie der Zukunft durchsetzen [vgl. Tanenbaum, 2003, S. 98f].

5.3.1 Übertragungstechnik

Für die Übertragung von Daten (Signalen) über Glasfaser wird eine Variante von FDM angewandt. Die Wellenlänge eines Lichtstrahles ist abhängig von seiner Frequenz. Daher wird dieses Multiplexverfahren auch Wavelength Division Multiplexing (WDM) oder Wavelength Division Multiple Access (WDMA) genannt. Dieses Multiplexverfahren kombiniert verschiedene Wellenlängen (in der Fachsprache werden die Wellenlängen Spektralfarben oder nur Farben genannt) die über einen einzigen Lichtwellenleiter übertragen werden. Jede Wellenlänge (Farbe) ist ein eigener Übertragungskanal auf den nur die Daten eines Übertragungskanals aufmoduliert werden können. Es gibt zwei Ausprägungen von WDM:

DWDM ist ein sehr leistungsstarkes Multiplexverfahren. Es wird verwendet, wenn sehr viele Kanäle über einen Glasfaserlink übertragen werden sollen und so die Kanäle sehr dicht (dense) neben einander liegen. Der Abstand liegt meist um 1nm, daher kann eine große Bandbreite erreicht werden [vgl. Tanenbaum, 2003, S. 138ff].

Bei Coarse-WDM (CWDM) hingegen haben die einzelnen Wellenlängen nur einen Abstand von circa 20nm zu einander. Durch diese grobe Aufteilung der Wellenlängen können Bandbreiten bis zu 2,5Gbps erreicht werden. CWDM Equipment ist aber billiger als Equipment für DWDM, da hier kostengünstige Lasertypen verwendet werden können [vgl. Wikipedia, 2005].

5.3.2 Ethernet in the First Mile (EFM)

Ethernet hat sich gegenüber anderen Techniken auf Layer 2 des OSI Schichtenmodells als die bestimmende Technologie durchgesetzt. Standards für Ethernet wie 10BASE-T und 100BASE-T für Kupfer und 1000BASE-T und 1000BASE-LX für Glasfaser sind bekannt und werden seit langem vor allem im LAN verwendet. Durch die steigende Verfügbarkeit von Services die über Ethernet transportiert werden, versuchen Provider mit Ethernet so weit wie möglich in die Local Loop des Kunden zu gelangen, da über Ethernet weit höhere Bandbreiten bereitgestellt werden können als über andere Access-Technologien. Glasfasertechnik war lange Zeit die einzige technische Möglichkeit schnelle Ethernetservices anzubieten. Doch ging der Ausbau der Glasfasernetze nur langsam voran, sodass andere physikalische Übertragungstechniken entwickelt wurden um Ethernetservices zu den Kunden transportieren zu können. Ethernet in the First Mile Copper (EFMC) und alle weiteren EFM-Standardisierungen wie Ethernet in the First Mile Fiber (EFMF) und Ethernet Passive Optical Network (EPON) wurden von IEEE [IEEE] im Standard 802.3ah [vgl. IEEE 802.3ah, 2004] veröffentlicht. EFMC und EFMF wurden entwickelt, um Point-to-Point Verbindungen in der Local Loop zwischen einem Ethernet-Switch und dem Kundenequipment zu realisieren, während PON für Point-to-Multipoint Verbindungen entwickelt wurde.

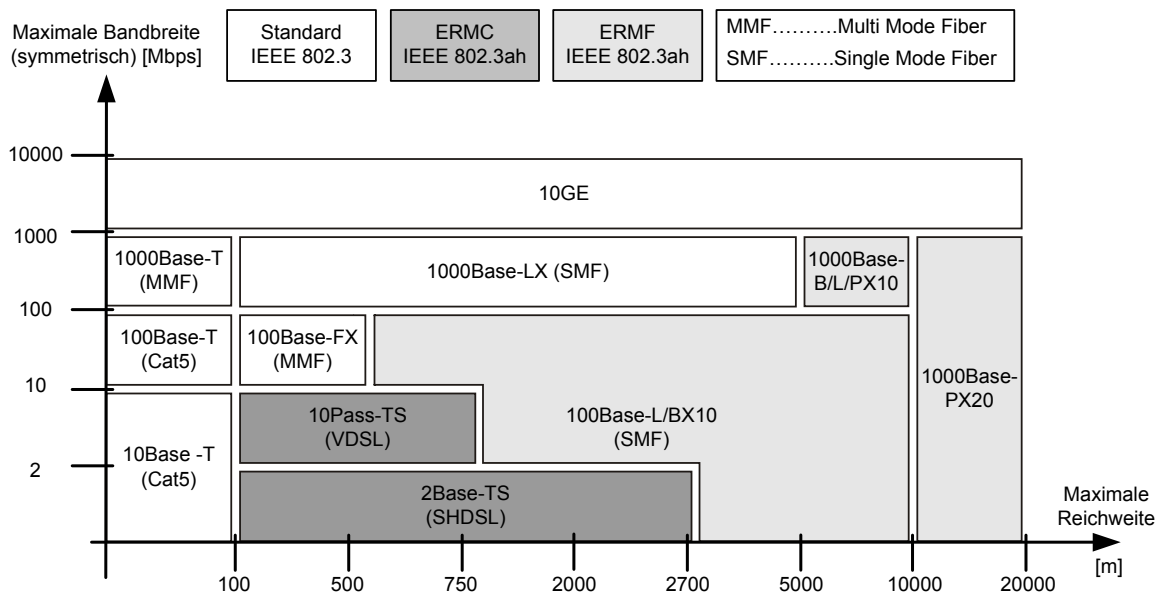


Abbildung 5-13: Globale Ethernet Standards [vgl. EFM Fiber, 2004]

In Abbildung 5-13: Globale Ethernet Standards [vgl. EFM Fiber, 2004] Abbildung 5-13 sind die global verwendeten Ethernet-Standards für die physikalische Schicht abgebildet [vgl. EFM Fiber, 2004].

EFM Copper

Es wurde ein Standard entwickelt, der Ethernet Services über die bestehenden Kupfer-Doppeladern, spezifiziert. Der Standard wurde für die Verwendung von bestehenden CAT3 Kabeln mit zwei Optionen festgelegt. Eine Option ist für kurze Strecken, short reach (EFMC-SR), mit einer mindest Bandbreite von 10 Mbps auf eine Länge von 750m. Die zweite Option ist für längere Reichweiten, long reach (EFMC-LR), von mindestens 2700m mit mindestens 2 Mbps Bandbreite. Es wurden aber zusätzliche Mechanismen inkludiert, die eine Bündelung von mehreren Kupferpaaren, also höhere Bandbreiten ermöglichen. Außerdem wurde der ITU-T Standard G.991.2 (SHDSL) für EFMC-LR adaptiert. G.SHDSL.bis ist eine Erweiterung zum Globalen SHDSL Standard (G.SHDSL) und erlaubt für EFMC-LR Bitraten bis zu 5,7 Mbps symmetrisch bei Entfernungen von 5km. EFMC basiert auf DSL und verwendet die definierten Layer der physikalischen Schicht von DSL. Auf der Schicht 2 des OSI-Models hingegen wurden neue Sublayer eingeführt, die direkt über der Schicht 1 angeordnet sind. Der Protokollstack von DSL wurde aber aus ATM entwickelt und unterstützt ATM-Sublayer und PPP. Für die Übertragung von Ethernet ist kein ATM-Sublayer nötig, daher wurde der Protokollstack von DSL vereinfacht, indem unnötige Protokollayer von ATM weggelassen wurden. Der Unterschied von EFM zu DSL ist, das es viele verschiedene DSL Techniken gibt, die aber

völlig inkompatibel zueinander sind. Im Gegensatz dazu gibt es nur zwei Typen von Ethernet Ports, einen für kurze und einen für lange Distanzen [vgl. EFMA Copper, 2004].

EFM Fiber

EFMF unterstützt 100 Mbps und 1 Gbps symmetrisch über eine Ausdehnung von bis zu 12km, wobei 100 Mbps für Home User oder Small Office gedacht sind. Durch die geringeren Geschwindigkeiten ist das Equipment, wie z.B. die Ethernet Switches kostengünstiger. Equipment für 1 Gbps Anbindungen ist teurer und macht daher Sinn für Klein- und Mittelbetriebe. EFMF unterstützt sowohl Single Fiber als auch Dual Fiber. Single Fiber heißt, dass die gesendeten und empfangenen Signale über, durch Multiplexing getrennte Wellenlängen übertragen werden und zwar über eine Faser. Bei Dual Fiber werden die gesendeten und empfangenen Signale über getrennte Glasfaserleitungen übertragen. Die Glasfaserverbindung zu den Kunden wird mit Single Mode Fasern hergestellt. Die einzelnen Wellenlängen werden dann mittels CWDM auf einen maximal 10km Trunk gemultiplext [vgl. EFMA Fiber, 2004].

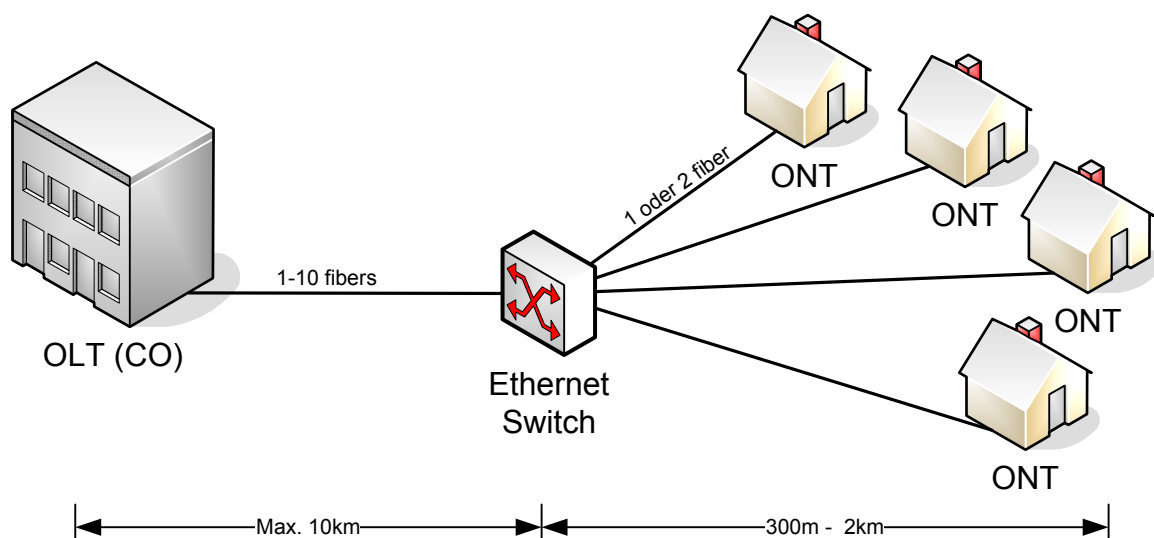


Abbildung 5-14: Ethernet in the First Mile Fiber

Die wichtigsten Elemente sind eine Optical Line Termination (OLT) im Centel Office (CO), der Ethernet Switch, der die Bandbreite der Hauptfaser pro User aufteilt und ein Endgerät, auch Terminal Unit (TU) oder Optical Network Termination (ONT) genannt, beim Endkunden [vgl. EFMA Fiber, 2004].

EFMF ist kostengünstig und heute bereits gerne für FTTH und FTTB verwendet. Durch die enge Verbindung zum existierenden Ethernet können zukünftige Services für „Tiple Play“ ohne größere Probleme realisiert werden.

Ein Nachteil ist allerdings die Notwendigkeit des Switches. Dieser benötigt eine Stromversorgung, welche vom Provider bis zum Switch hergestellt werden muss.

5.3.3 Passive Optical Network

Passive Optische Netzwerke (PON) werden als Zukunft der Zugangsverfahren gesehen und werden verwendet um Fiber to the Home (FTTH) zu realisieren. Ziel von optischen Teilnehmeranschlüssen ist es den optischen Netzanschluss so weit wie möglich an oder in die Wohnung zu verlegen. Wie der Name schon sagt kommen PON's, im Gegensatz zu elektrischen Systemen, ohne aktive Komponenten aus. Bei PON ist neben der OLT im Centel Office und der ONT beim Kunden, ein passiver Verteiler, der die Hauptfaser in einen eigenen verschlüsselten Kanal pro User aufteilt, der wichtigste Bestandteil. Wird ein Unternehmen per Fiber versorgt, so nennt man die TU Optical Network Unit (ONU). Bei PON wird eine Point-to-Multipoint Verbindung aufgebaut, indem die Bandbreite eines Fiberlinks durch passive optische Splitter auf maximal 32 Einzelverbindungen auf gesplittet wird.

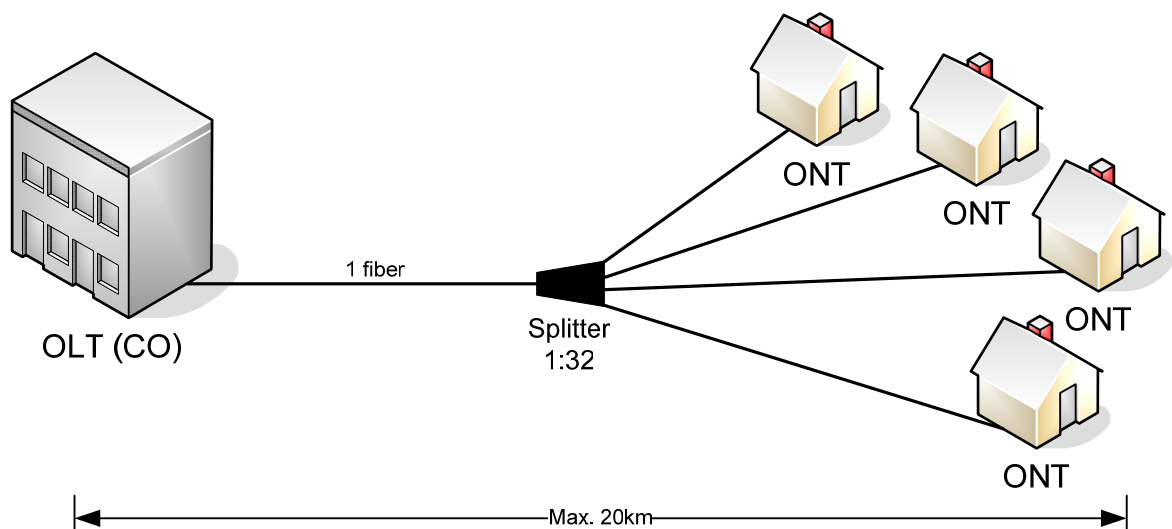


Abbildung 5-15: Passiv optical Network

Die Erstellung von Standards wurde durch die Organisationen FSAN (Full Services Access Network), ITU-T und IEEE vorangetrieben. FSAN kümmert sich um die Definition von Anforderungen und Systempartitionierung, die ITU-T Arbeitsgruppe erarbeitet Empfehlungen wie PON-Zugangsverfahren standardisiert werden können und IEEE hat 2004 die Definition des Standards 802.ah verfasst. Mehrere PON-Varianten gingen aus der Standardisierung hervor [vgl. PON Forum]:

- A-PON (ATM PON)

für Datenkommunikation in Unternehmen

- B-PON (Breitband PON)

festgeschrieben in ITU-T G.983.3, enthält Erweiterungen zu A-PON zur Unterstützung von Videodiensten. B-PON ist gegenwärtig am weitesten verbreitet und kann mit Hilfe der RFC 2684 [RFC 2684] mit Ethernet-Switches verbunden werden. B-PON wird gerne mittels Ethernet realisiert.

- E-PON (Ethernet PON)

basiert auf der paketorientierten Datenübertragung. Es werden nur Bandbreiten von 1Gbps in Up- und Downstream unterstützt.

- G-PON (GigaBit PON)

festgeschrieben in ITU-T G.984.2, ermöglicht Datenübertragungen im Gbit-Bereich (bis 2,5 Gbps im Down- und Upstream). G-PON ist der neueste Standard und ermöglicht Reichweiten bis 20 km, bei Einsatz von Fehlerkorrekturtechniken (FEC) sogar bis 60km. [vgl. PON Forum].

E-PON

Wie man am Namen erkennt, wird bei einem EPON Ethernet als Layer 2 Protokoll verwendet. In der IEEE Spezifikation 802.3ah ist Ethernet in the First Mile (EFM) für EPON niedergeschrieben. Die OLT sitzt typischerweise im CO und wird von einem Ethernet-Switch oder einer Media Converter Platform realisiert. Der OUN hat ein WAN-Interface und ein LAN-Interface für das Heimnetzwerk. Bei E-PON können maximal 32 Kunden über eine maximale Distanz von 20 km mit einer Bandbreite von bis zu 1Gbps in Up- und Downstream versorgt werden. Vom OLT in der CO, bis zum ersten Splitter wird nur ein LWL benötigt. Der Splitter teilt dann diese Bandbreite in 32 Punkt-zu-Punkt Verbindungen, je eine pro Teilnehmer, auf. Up- und Downstream verwenden WDM mit den Wellenlängen 1310 nm (Upstream) und 1490 nm (Downstream). Mit TDMA als Zugriffsverfahren wird gewährleistet, dass zu einer bestimmten Zeit immer nur ein User Daten senden kann. Da die Glasfasern zu den einzelnen ONT's unterschiedliche Längen besitzen, werden die einzelnen Zeitschlitzte bei Inbetriebnahme des Netzes automatisch eingemessen (Ranging). Als Management Protokoll wird Multi Point Control Protocol

(MPCP) verwendet. Es ist im Layer 2 implementiert und ist für Bandbreitenzuweisung, Auto-Discovery und Ranging der Teilnehmer verantwortlich [vgl. EPON, 2004].

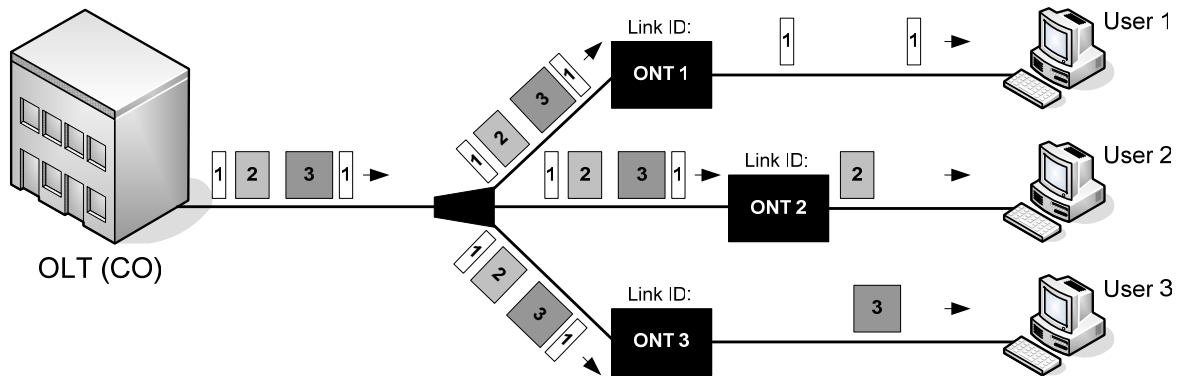


Abbildung 5-16: PON Downstream Kontrolle

Die Daten werden im Downstream an alle ONTs gesendet. Um die richtigen Daten pro User empfangen zu können, macht das ONT einen Abgleich auf die logische Link ID.

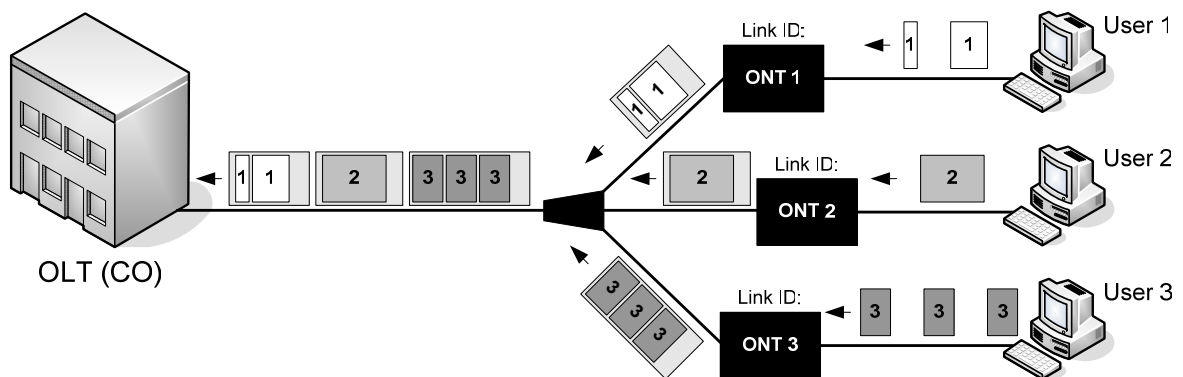


Abbildung 5-17: PON Upstream Kontrolle

Im Upstream werden die Timeslots von MPCP mit den 802.3 Frames belegt und an die OLT gesendet. Im optischen Splitter werden dann die Daten wieder zu einem Datenstrom zusammengefasst.

In E-PON werden neben 802.3ah noch Hersteller-Proprietäre Funktionen, wie Dynamic Bandwidth Assignment (DBA) implementiert, das dem Kunden die Bandbreite dynamisch zur Verfügung stellt, die für die Echtzeitanwendungen benötigt werden. Um Datensicherheit für jeden User zu gewährleisten, werden Up- und Downstreamdaten dynamisch mit kontinuierlich wechselnden Schlüsseln gesichert [vgl. EPON, 2004].

6 Multimedia over Wlan

Durch die steigende Popularität von VoIP hat die digitale Sprachübertragung auch in dem Bereich WLAN Einzug gehalten. Da WLAN wiederum gerne im Heimnetzwerk verwendet wird, sollen hier vor allem die Erweiterungen von WLAN bezüglich QoS angeführt werden. Um die Betrachtung von VoIP zu vervollständigen, werden in diesem Kapitel die Änderungen bzw. die Erweiterungen zu den bisher verwendeten WLAN Standards beleuchtet. Da das bisherige CSMA/CA Zugriffsverfahren keine Priorisierung für unterschiedliche Daten unterstützte, wurden alle Daten nach dem Best Effort Prinzip übertragen. Durch den Standard 802.11e [IEEE 802.11e] soll ein gewisses Maß an QoS in die WLAN-Technologie integriert werden. 802.11e bietet QoS sowohl für Infrastrukturnetzwerke als auch für Ad-hoc Netzwerke. In diesem Standard wurden zusätzliche Funktionen in den Standard implementiert, die es den WLAN Komponenten ermöglichen die Datenpakete von zeitkritischen Anwendungen auf dem Datalink Layer zu priorisieren.

6.1 802.11e MAC-Erweiterung

Eine Basisstation, auch Access Point genannt, die QoS unterstützt, wird dann Hybrid Coordinator (HC) genannt und eine Funkzelle die QoS unterstützt heißt QoS-Basic Service Set (QBSS) [vgl. Rech, 2004, S. 231].

6.1.1 Enhanced Distribution Coordination Function

Die Enhanced Distribution Coordination Function (EDCF) ist eine Basiszugriffsmethode, die auf der Distribution Coordination Function (DCF) basiert. DCF regelt, wer wann senden kann und verwendet dabei CSMA/CA, welche eine Zugriffsmethode auf das Medium ist, die von jeder Basisstation im Netzwerk ausgeführt werden kann. Keine, der im Netzwerk befindlichen Access Points, steuert den Zugriff auf das Medium. Daher stehen alle Stationen beim Zugriff auf das Medium in Konkurrenz zu einander. EDCF eignet sich für Infrastrukturnetzwerke und für ad-hoc Netze. Diese Funktion stellt für QoS das Grundzugriffsverfahren dar, und wird nur während der Contention Period (CP) ausgeführt. Diese Periode ist der Zeitraum, der beim Zugriff auf das Medium durch EDCF verwaltet wird [vgl. Rech, 2004, S. 232ff].

Prinzipiell gibt es in den früheren Standards bereits Möglichkeiten den Traffic zu gewichten. Dies erfolgt über Inter Frames Spaces (IFS). IFS werden über verschiedene

zeitliche Abstände zwischen zwei aufeinander folgenden Frames realisiert. Durch die unterschiedliche Länge der Zeitabstände erhalten die Frametypen unterschiedliche Prioritäten für den Zugriff auf das Medium. Also wartet eine Station, welche Daten mit hoher Priorität aussenden will nicht so lange auf den Medienzugriff, wie eine Station die Daten mit niedriger Priorität senden will. Es gibt in den 802.11 Standards normalerweise vier unterschiedliche IFS: [vgl. Rech, 2004, S.162ff]

- Short Interframe Space (SIFS)

Wird für Übertragungen, von Frame-Bestätigungen oder Clear-to-send-Frames verwendet. SIFS werden also für Managementframes verwendet und haben die höchste Priorität.

- Point Interframe Space (PIFS)

Wird von Stationen verwendet, die den Point Coordination Funktion (PCF) Modus verwenden. Über diese PIFS wird während der Contention Free Period (CFP) der bevorzugte Medienzugriff von PCF-Stationen sichergestellt.

- Distributed Interframe Space (DIFS)

Wird von Stationen verwendet, die im DCF Modus arbeiten.

- Extended Interframe Space (EIFS)

Wird von Stationen im DCF Mode verwendet. Sollte auf dem Physikalischen Layer festgestellt werden, dass die Daten von Datalink Layer nicht korrekt übergeben wurden, so wird vom Physikalischen Layer die Aussendung des Frames abgebrochen. Nach dem Ablauf von EIFS wird dann der Zugriff auf das Medium wieder erlaubt.

EDCF verwendet für die Gewichtung der Daten acht unterschiedliche Traffic Categories (TC) nach 802.1d (User Priority) [vgl. IEEE 802.1d, 2004]. Die acht Gruppen werden in vier Access Categories (AC) eingeteilt. Diese AC sind Sprache (AC3, High Priority) Video (AC2, Medium priority), Best Effort (AC1, Low Priority) und Background (AC0). Die Daten einer AC werden in separaten Queues pro AC verarbeitet [vgl. Rech, 2004, S. 232ff].

User Priority (laut 802.1D)	Bestimmung gemäß 802.1d	Access Category (AC) IEEE 802.11e	Diensttyp
2	Nicht festgelegt	0	BE
1	Hintergrund (Background, BK)	0	BE
0	Best Effort (BE)	0	BE
3	Excellent Effort (EE)	1	Video Probe
4	Controlled Load (CL)	2	Video
5	VI (Video < 100ms Latenz und Jitter)	2	Video
6	VO (Video < 100ms Latenz und Jitter)	3	Sprache
7	Netzwerkkontrolle (Network Control, NC)	3	Sprache

Tabelle 6-1: 802.1d Priority und 802.11e AC [vgl. Enterasys, White Paper]

Ferner wird in der EDCF ein neuer Arbitration-IFS (AIFS) definiert. Während der CP-Zeitdauer erhält jede TC, für eine bestimmte Dauer eine Zugriffsberechtigung, Transmission Opportunity (TXOP), auf das Medium. Ist das Medium für die Dauer des AIFS frei werden, um Kollisionen zu verhindern, nach dem Zufallsprinzip unterschiedliche Wartezeiten für den Zugriff auf das Medium generiert. Das heißt also, ein TXOP sichert für eine gewisse Zeit ab einem bestimmten Zeitpunkt den Zugriff auf das Medium. Für diese Wartezeiten werden aber die unterschiedlichen TC berücksichtigt, was bedeutet, je höher die Priorität (TC) der Daten ist, desto kürzer ist die Wartezeit. Den einzelnen TC werden unterschiedliche AIFS, je nach Priorität, zugeteilt [vgl. Rech, 2004, S.232ff].

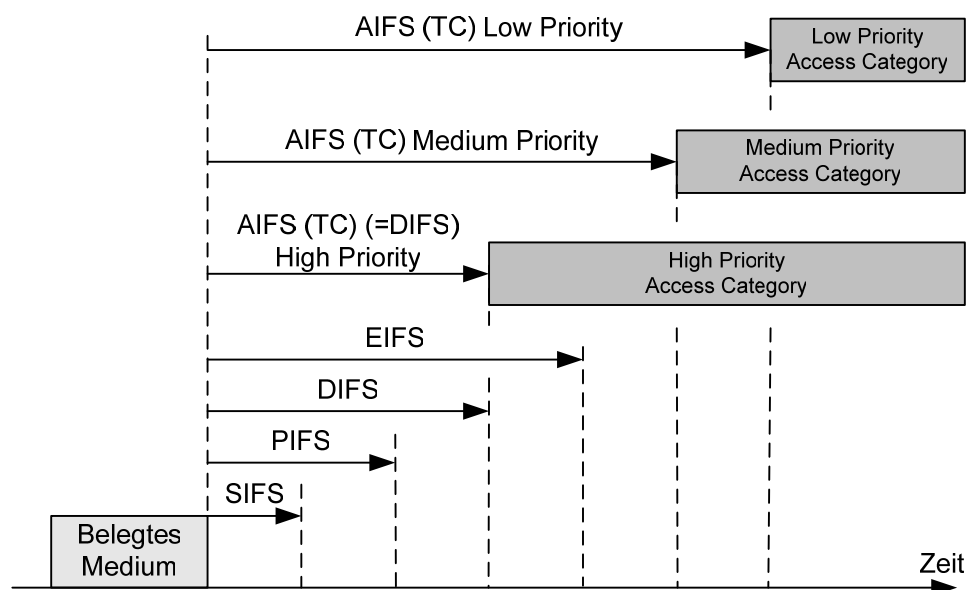


Abbildung 6-1: 802.11e Interframe Spaces [vgl. Rech, 2004, S. 233]

Um die Effizienz des Medienzugriffs bei 802.11e zu steigern, wurde EDCP-TXOP Bursting entwickelt. Es wird einer Station erlaubt, mehrere Frames hinter einander zu übertragen, bis ein Timer abgelaufen ist. Dadurch werden die Wartezeiten zwischen den Frameaussendungen reduziert und das Medium kann optimaler genutzt werden [vgl. Rech, 2004, S.235].

Ein weiterer Mechanismus, der die Effizienz des Übertragungsmediums verbessern soll, ist das Block-Acknowledgement. Den in bisherigen Systemen war es so, dass jedes übertragene Frame vom Empfänger bestätigt werden musste. Bei diesem Mechanismus werden nun vom Sender mehrere Frames als Burst übertragen, der anschließend von Empfänger mit einem Block-Ack-Frame bestätigt wird [vgl. Rech, 2004, S. 235].

6.1.2 Hybrid Coordination Function

Diese Funktion ist ein erweitertes Zugriffsverfahren von EDCF und basiert auf einem zentralistischen Ansatz, das heißt der Zugriff auf das Medium wird von einer Zentralen Station in der Funkzelle gesteuert. Der Vorgänger von HCF war die Point Coordination Funktion (PCF). HCF wird verwendet, wenn der Medienzugriff von einer zentralen Station, meist einem Access Point welcher der HC der Zelle ist, gesteuert wird. Es gibt also geregelte Verhältnisse für den Medienzugriff und es kann daher nicht zu Kollisionen kommen. Die vorhandene Bandbreite wird unter allen QoS-Stationen gerecht aufgeteilt. Die Zeitdauer, in der das Medium zentral verwaltet wird, nennt man Contention Free Period (CFP). CFP ist für den Medienzugriff von zeitkritischen Anwendungen entwickelt worden. Der Name Hybrid Coordination Function kommt daher, da sie während der Contention Period und der Contention Free Period ausgeführt werden kann. Der HC sendet an eine bestimmte QoS-Station ein QoS-Poll-Frame, wobei innerhalb dieses Frames die TXOP zugeteilt wird. Das QoS-Poll-Frame wird nur dann ausgesandt, wenn das Medium für die Dauer eines PIFS frei war. Um dem HC bekannt zu geben an welche Stationen die Poll Frames gesendet werden müssen, fordern die Stationen über Requestanfragen den TXOP an. Mit anderen Worten müssen sich die Clientstationen beim HC anmelden um Zugriff auf das Medium zu bekommen. Die HCF ist also nur in Infrastrukturnetzen möglich. [vgl. Rech, 2004, S.236f].

6.2 Wi-Fi Multimedia

Um die Anforderungen von QoS an die schnurlose Datenübertragung zu übernehmen, startete die Wi-Fi-Alliance die Zertifizierung von Wi-Fi Multimedia (WMM) auf WLAN unterstützenden Produkten. Wi-Fi hielt sich dabei eng an den Standard IEEE 802.11e und ist ein mögliches Profil zu diesem Standard. (802.11e bietet zusätzliche Funktionen die noch nicht in WMM eingearbeitet wurden.) Neben QoS für WLAN wird auch noch zusätzlich Traffic Management für die Multimedia Applikationen unterstützt. Um Multimedia Funktionalitäten im WLAN nutzen zu können, muss der Access Point für Wi-Fi zertifiziert sein. Das Klientdevice, auf welchem die gewünschte Applikation genutzt wird, muss ebenfalls für Wi-Fi zertifiziert sein. Und zu guter Letzt muss die Applikation selbst WMM unterstützen, das heißt die Datenpakete müssen je nach gewünschter Priorität markiert werden können. WMM ist optional für Wi-Fi Produkte, denn nicht alle Applikationen brauchen QoS und durch die Zertifizierung soll die Interoperation mit älteren Geräten, die nicht für WMM ausgelegt sind, gewährleistet werden [vgl. WiFi Alliance, 2004].

WMM definiert ebenfalls vier Access Gruppen für Video, Audio, Best Effort (Daten) und Background. Die Daten können sowohl mit einem DSCP-Header als auch mit 802.1d (User Priority) markiert werden. Jeder dieser Gruppen wird eine eigene Traffic-Queue zugeordnet, die je nach Priorität abgearbeitet wird. WMM verwendet den Enhanced Distributed Channel Access (EDCA), welcher die EDCF nutzt, und den Hybrid Controlled Channel Access (HCCA), der die HCF nutzt [vgl. WiFi Alliance, 2004].

WMM ist vor allem für den Residential-Markt interessant, da gerade im Privatkundenbereich schnurloses Equipment gerne gebraucht wird, um Daten im Hausnetzwerk zu übertragen. Durch die Einführung von neuen Handys die sowohl GSM als auch VoIP unterstützen, könnte zu Hause schnurlos über IP telefoniert werden. Doch nicht nur für das Heimnetzwerk kann VoIP interessant sein, sondern auch Firmen können VoIP für Telefonate innerhalb des Firmengeländes nutzen. Digitale Videorecorder, Set-Top-Boxes, MediaCenter Systeme oder HiFi- und TV-Anlagen sowie PDA's unterstützen bereits die Verbreitung der Video- und Audiodaten über integriertes WLAN-Equipment. Durch die steigende Vielfalt von Anwendungen für Multimedia wird das Management und die Priorisierung vom Datenverkehr durch QoS immer wichtiger. Daher wird QoS für die Hersteller von Wireless Equipment ein wichtiges Thema in der Zukunft sein. Es gibt bereits jetzt viele Einsatzmöglichkeiten von WLAN und mit der Einführung von WMM wird sich das Einsatzgebiet noch vergrößern.

7 Das Heimnetzwerk

Die, durch den Provider angebotenen Network-based Services im Rahmen von „Triple Play“, werden vom Kunden über eine Breitbandverbindung empfangen. Diese Verbindung endet (terminiert) am, je nach Access-Technologie verwendeten CPE des Kunden. Das CPE kann je nach Access-Technologie ein Kabel-, DSL- oder FTTH-Modem sein. Solange „nur“ Internetdienste angeboten wurden, wurden die Modems meist in der Nähe des PCs installiert. Will nun ein Kunde auch Video- und Sprachdienste nutzen, so muss man sich überlegen, wie man die Video- und Sprachdienste an den gewünschten Ort der Nutzung des Dienstes transportiert, denn man muss berücksichtigen, dass Sprachdienste meist nicht am selben Ort genutzt werden, wie TV-Dienste oder das Internet. Wichtig für den Kunden ist die Nutzbarkeit der Services wo und wann der Kunde es will. Zum Beispiel steht der PC mit einem installierten Internetzugang in einem kleinen Büro in der Wohnung, indem eventuell auch ein Telefon benötigt wird. Während dessen kann im Wohnzimmer über eine STB der TV-Service empfangen werden. Um nun die Dienste vom Terminierungspunkt der Breitbandverbindung zu den für die Nutzung der Dienste nötigen Endgeräten zu transportieren, muss ein Netzwerk, welches alle diese Services übermitteln kann, aufgebaut werden. Sollen nachträglich Zimmer mit einem Zugang zum Internet ausgestattet werden, soll dies mit wenig Aufwand aber mit der Sicherstellung der Servicequalität passieren. So entsteht ein Heimnetzwerk, welches mehrere verschiedene Arten von Diensten unterstützen muss. Je nach Dienst werden unterschiedliche Anforderungen bezüglich Bandbreite und QoS an dieses Heimnetzwerk und das zugehörige Equipment gestellt. Es soll nun möglich sein, verschiedene, auf dem Markt erhältliche Technologien, in das Heimnetzwerk zu integrieren. Die Endgeräte müssen bestimmte Voraussetzungen in Bezug auf QoS, Management, etc. erfüllen, um alle Services die im Zuge von „Triple Play“ angeboten werden, auch im Heimnetzwerk transportieren zu können.

Service Provider stehen, mit den von ihnen angebotenen Network-based Services, in starker Konkurrenz mit den Herstellern von Multimediacenter PC's oder Home Entertainment Systemen (HES). Die Basis eines HES ist ein PC oder eine STB welche als Server für die Bereitstellung der Dienste dienen. Die Serverkomponente verfügt über die entsprechende Hard- und Software die benötigt wird um TV Programme auf einem Plattenspeicher oder einer DVD zu speichern. Weiters werden Funktionen wie das Streamen von aufgenommen Filmen zu anderen Stationen im Heimnetzwerk unterstützt.

Der Vorteil solcher HES ist, dass man diese Station aufstellen kann, wo immer man will. Allerdings müssen auch hier die entsprechenden Verbindungen zu den einzelnen Client-Stationen hergestellt werden.

7.1 Kriterien

Bisher wurden „Triple Play“ Services nur von der Seite des Providers betrachtet, das heißt welche Anstrengungen der Provider in seinem Netzwerk unternehmen muss, um „Triple Play“ Services anbieten zu können. In diesem Kapitel wird der letzte, aber ein sehr wichtiger Teil für „Triple Play“ untersucht: das nötige Equipment, welches der Kunde zu Hause verwenden muss, um „Triple Play“ Services empfangen zu können. Denn auch wenn der angebotene Service technisch ausgereift ist und mit einer guten Qualität zum Kunden übertragen werden kann, so ist des Weiteren beim Kunden Equipment nötig, welches die Übertragungstechnologie und dieses Service unterstützt. Um letztendlich eine Entscheidung darüber treffen zu können, wie die Endgeräte beschaffen sein müssen, sind einige Punkte bezüglich des Heimnetzwerkes des Users zu beachten.

7.1.1 Terminierung der Breitbandverbindung

Die Grenze zwischen dem Breitbandnetzwerk und dem Heimnetzwerk des Kunden bildet das Breitbandmodem, welches je nach Access-Technologie unterschiedliche Funktionen beinhaltet. Das Modem bildet den Abschluss der Local Loop und kann mit unterschiedlichen Funktionen ausgestattet sein. Sie kombinieren neben der Unterstützung der entsprechenden Access-Technologie oft mehrere andere Funktionalitäten wie Switching- und Routingfunktionen, Firewall, sowie die Unterstützung von WLAN in einem physikalischen Gerät.

Wo nun die Breitbandverbindung terminiert hängt vom Standort der Telefonanschlussdose für ADSL und vom Standort der HFC-Anschlussdose ab. Mit diesen Anschlüssen wird dann das jeweilige Modem (ADSL, Kabel) verbunden. Hat der Provider ein PON (für FTTH), dann ist man beim Kunden zwar prinzipiell unabhängiger betreffend der Standortwahl des Modems, aber es muss dann auch noch das Glasfaserkabel bis zum Modem verlegt werden. Sollen nun nachträglich Räume mit Equipment für den Empfang von „Triple Play“ Services ausgestattet werden, dann kann die Verbindung zum Breitbandmodem mit unterschiedlichen Technologien ausgeführt werden (Natürlich muss das Modem die entsprechenden Technologien unterstützen).

7.1.2 Ort der Nutzung der Services (räumliche Situation)

Dies ist ein wichtiger Punkt den es zu berücksichtigen gilt, denn die Orte im Heimnetzwerk, an denen die Services genutzt werden, bestimmen die nötigen Verbindungen vom Breitbandmodem zu den einzelnen Endgeräten im Haus oder der Wohnung. Wird ein neues Gebäude errichtet, so kann auf die nötigen Verbindungen zu den einzelnen Endgeräten besser Rücksicht genommen werden. Eine strukturierte Herstellung der Verbindungen, erfolgt sie nun mit Kabel- oder mit Funktechnologie, kann so aufgebaut werden, dass zum Beispiel in jedem Raum bereits beim Bau des Gebäudes die nötigen Installationen durchgeführt werden.

7.1.3 Übertragungstechniken

Das Heimnetzwerk nicht allzu oft schon von Beginn an durchkonstruiert, sondern es wächst mit der Anzahl der in Anspruch genommenen Dienste. So soll es in jedem Raum einen Zugang zum Internet geben. Weiters möchte man die „Triple Play“ Services in mehreren Räumen nutzen können. Der nachträgliche Ausbau des Heimnetzwerkes erfordert dann eventuell größere Anstrengungen. Durch die Möblierung des Raumes ist es manchmal schwierig, die gewünschten Verbindungen herzustellen. Der strukturierte Aufbau von Verbindungen ist dann nur mehr schwer möglich, sodass Alternativen zu Ethernet-Kabelverbindungen gefunden werden müssen. Die Vernetzung der einzelnen Standorte bei denen die „Triple Play“ Services genutzt werden sollen, kann über Kabelverbindungen, Funk oder Stromleitungen erfolgen. Ziel des Heimnetzwerkes soll es sein, den heute meist gebrauchten Ethernetstandard 802.3 zu verwenden, da für diesen Standard sehr viel Equipment auf dem Markt erhältlich ist, und die in professionellen Netzwerken weit verbreiteten Techniken wie Routing, Switching, QoS, VLAN, Security, etc. auch im Heimnetzwerk genutzt werden können.

- Verbindungen können hergestellt werden mit:
- CAT5 Kabel, oder höherwertige Kabel für zukünftige Services
- Koaxialkabel
- Glasfaser
- Funktechnologie (z.B. WiFi)
- HomePlug

- HomePNA

Es gibt zwei wichtige Arbeitsgruppen die sich intensiv mit dem Thema „mehrere Dienste im Heimnetzwerk „ auseinandersetzen:

- DSL Forum
- CableHome Projekt

Ziel dieser beiden Arbeitsgruppen ist das Anbieten von Breitbandservices zu erleichtern und Anforderungen an das Kundenequipment wie QoS, Security und Managementfunktionen zu vereinheitlichen. Beide Arbeitsgruppen gehen von der Verwendung von IP auf Layer 3 des OSI Schichtenmodells aus.

7.2 DSL Forum

Das DSL-Forum beschäftigt sich mit der Spezifikation von Standards, der Entwicklung von Applikationen und der Veröffentlichung von gängigen und guten Praktiken auf dem DSL-Sektor [DSL Forum]. Diesem Forum gehören zahlreiche führende Firmen aus dem Telekommunikations-, Computer-, DSL-Equipment-, und Netzwerksektor an. Zahlreiche Technische Reports und White Papers über Konfigurationen, Management, QoS, etc. und das Heimnetzwerk für DSL wurden von DSL Forum veröffentlicht. Speziell im Technical Report TR-094 „Multi-Service Delivery Framework for Home Networks“ wird eine Referenzarchitektur für Heimnetzwerke präsentiert [vgl. DSL Forum TR-094, 2004]. Diese Referenzarchitektur kann auch auf Kabelnetzwerke oder Passive Optische Netze angewendet werden, da die Schnittstellen und Endgeräte allgemeine Bezeichnungen tragen. Es werden keine Endgeräte genauer benannt, sondern nur die notwendigen Schnittstellen und ihre Aufgaben. Das Heimnetzwerk wird in dieser Architektur als eigenständiges Netzwerk betrachtet, welches an der Grenze zum Access Netzwerk des Providers endet.

7.2.1 Überblick

In Abbildung 7-1 kann man gut erkennen, welche unterschiedlichen Technologien, Applikationen und Services in einem Heimnetzwerk vorhanden sein können.

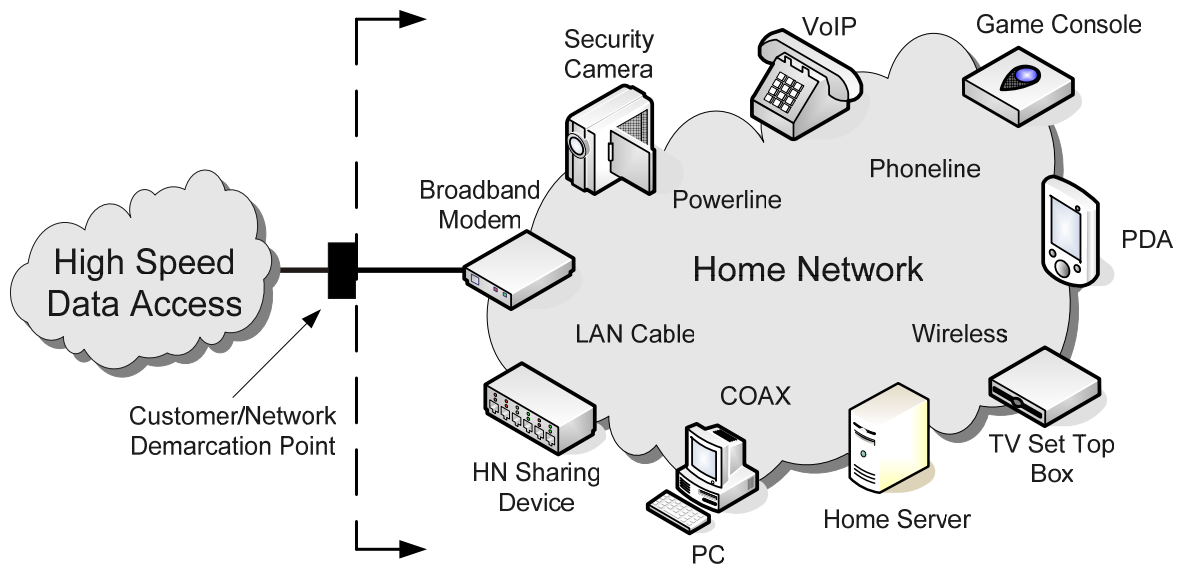


Abbildung 7-1: DSL Forum - Heimnetzwerk [vgl. DSL Forum TR-094, 2004]

Die Heimnetzwerk Architektur sollte folgende Punkte unterstützen [vgl. DSL Forum TR-094, 2004]:

- Das Heimnetzwerk und die Breitband Access-Technologie müssen aufeinander abgestimmt werden, um Änderungen im Hausnetzwerk oder bei der Access-Technologie zu vermeiden.
- Das Heimnetzwerk soll zu den angebotenen netzwerkbasierenden Diensten kompatibel sein
- Das Heimnetzwerk soll verschiedene Applikationen, mit und ohne QoS übertragen können

Verschiedenste Applikationen und Services, die im Zuge von „Triple Play“ angeboten werden können, muss das Heimnetzwerk unterstützen. Oft wird der Internetzugang vom Kunden nur in einem Raum genutzt, in welchem das Breitbandmodem und der Computer aufgestellt sind. Das Heimnetzwerk muss durch geeignete Maßnahmen in der Lage sein, die Services in der geforderten Qualität zu den Endgeräten, wie Set-Top-Boxes oder Digital Media Server/Receiver (z.B. HES, IP-STB), zu übertragen. Digital Media Server kann aber auch ein zentraler Server sein, auf dem die digitalen Daten gespeichert werden. Der Benutzer kann dann nach Belieben Daten abspielen, löschen oder bearbeiten. Durch den Media Server ist es möglich Ressourcen im Heimnetzwerk gemeinsam zu nutzen.

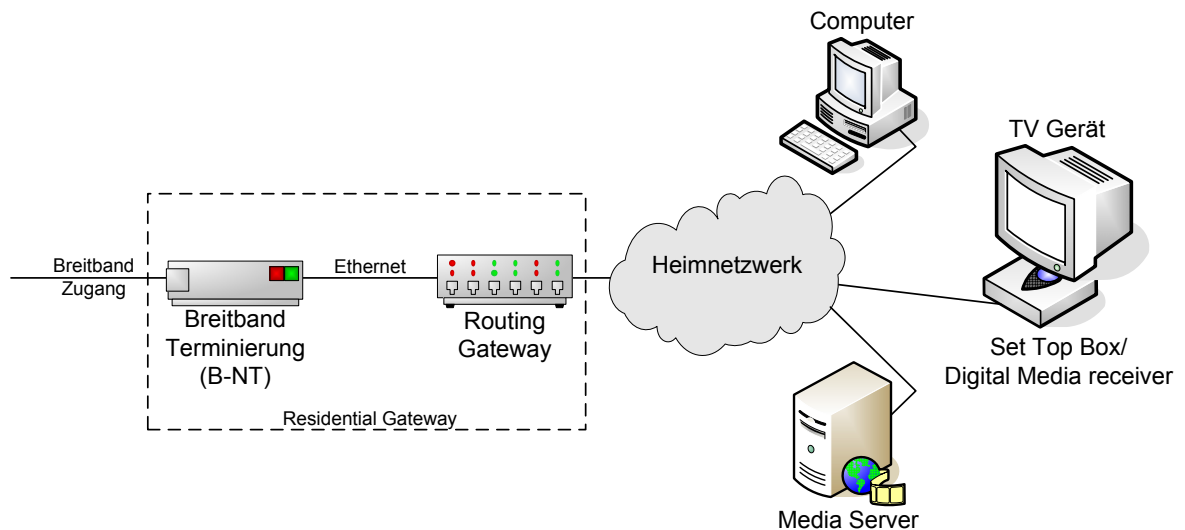


Abbildung 7-2: DSL Forum - Digital Video im Heimnetzwerk

Für DSL werden im Technical Report TR-094 verschiedene Schnittstellen definiert, die je nach Access-Technologie unterschiedliche Funktionen unterstützen [vgl. DSL Forum TR-094, 2004].

7.2.2 DSL Forum Referenz Modell

Die Broadband Network Termination (B-NT) besteht eigentlich aus zwei Teilen. Das Transmission Unit on CPE Side (xTU-R) Interface terminiert die Breitbandverbindung im Modem und das Service Modul (SM) konvertiert die empfangenen digitalen Signale in Signale für das Heimnetzwerk. Die B-NT ist im DSL Modem implementiert und muss nicht zwingend mit einem Routing Gateway (RG) kombiniert werden.

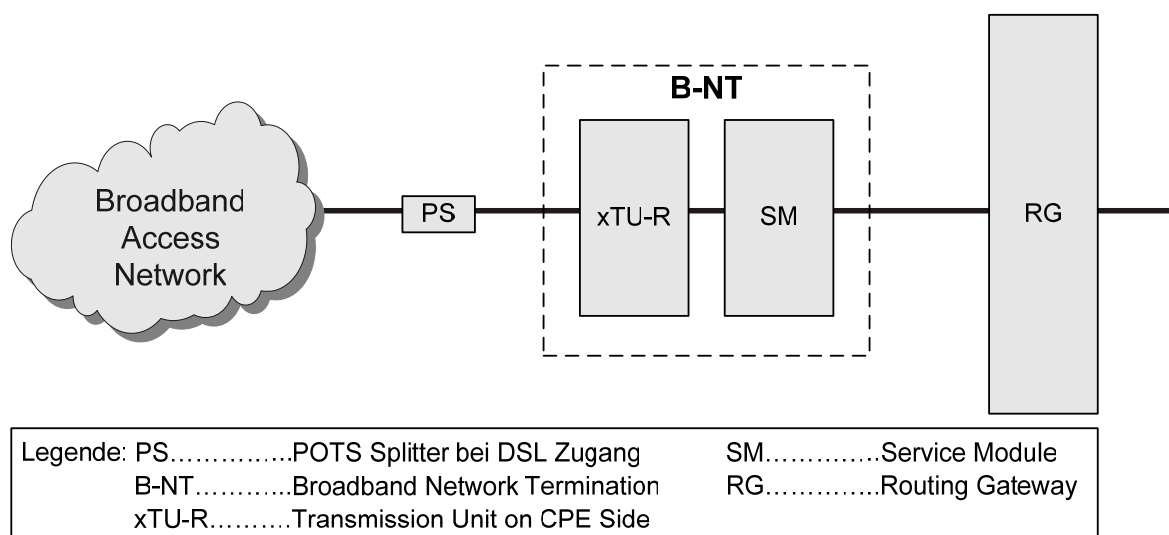


Abbildung 7-3: DSL Forum - Breitbandterminierung [vgl. DSL Forum TR-094, 2004]

In diesem Fall sollte das Interface am B-NT, welches auf der Seite des Heimnetzwerkes ist, zumindest Ethernet und Fast Ethernet unterstützen. Je nachdem welche Breitband-Technologie am WAN Interface terminiert, müssen diese Signale vom B-NT in, für im Heimnetzwerk transportierbare Signale, umgewandelt werden. Ist das Modem zum Beispiel für ADSL konzipiert, so sollten alle für ADSL verfügbaren Transportmodi am Modem terminiert werden können. Ein Beispiel für B-NT ohne Routingfunktion sind DSL-Modem welche als reine Bridge arbeiten, oder ein Kabelmodem ohne CableHome Unterstützung. Ein wesentliches Kriterium für die unterschiedlichen Modems ist die Möglichkeit der Unterstützung von QoS-Mechanismen am WAN-Interface, um die Services mit garantierter Qualität empfangen zu können. QoS kann auf Layer 2 und/oder Layer 3 des OSI Schichtenmodells passieren. Ist das Modem ohne Routingfunktion ausgestattet, dann kann QoS nur auf Layer 2 durch 802.1d oder 802.1p,q [vgl. IEEE 802.1q, 1998] unterstützt werden. Alle Interfaces, WAN sowie LAN, auf dem Bridge-Modem müssen dieses QoS-tagging unterstützen. Das Bridge-Modem oder das RG müssen vor allem WAN-QoS auf LAN-QoS mappen können [vgl. DSL Forum TR-094, 2004]. Als größter Nachteil der Bridge-Modem, könnten die fehlenden Sicherheitsfunktionen bezüglich Firewall angeführt werden.

Nutzt der Provider für seinen DSL-Service allerdings ein Modem welches ein Routing Gateway inkludiert hat, dann können neben Firewallfunktionen auch Layer 3 QoS Mechanismen unterstützt werden.

Im TR-094 wird die bevorzugte Verwendung von Equipment empfohlen, welches auf dem MAC-Layer (Layer 2) Ethernet-Encapsulierung nach 802.3 verwendet. Dadurch kann im Heimnetzwerk Ethernet-Switching angewendet werden, um das Netzwerk mittels VLAN-tagging in Segmente aufzuteilen. Auch kann auf Layer 2 QoS gewährleistet werden. Für 802.3 Framing (Ethernet) sollte es einen zentralen Verteilungspunkt geben, von welchem die Verbindungen ausgehen. Dieser Zentrale Knoten kann ein Residential Gateway, Switch (für Ethernet), etc. sein.

Transportmodi

PPPoE, Routed Mode, Bridged Mode und MAC Encapsulation Routing (MER) sind die drei wesentlichen Daten-Encapsulierungstechniken für den Zugang zum Internet (Falls der Provider den Service über ATM-Netze anbietet kann noch PPPoA verwendet werden.)

PPPoE nutzt das PPP Protokoll über eine Ethernetverbindung und wurde in der RFC 2516 [RFC 2516] spezifiziert. Grund für die Verwendung von PPPoE sind Möglichkeiten

wie Authentifizierung des Kunden sowie automatische Netzwerkkonfiguration bei der Einwahl.

Im Routed Mode wird IP over ATM genutzt und im Bridged Mode wird Ethernet over ATM verwendet. Der Unterschied liegt nur in der Arbeitsweise des DSL-Modem. Beim Routed Mode wird am Modem NAT, ev. eine Firewall, UPnP, etc. aktiviert. Im Bridged Mode wird der Traffic nur vom WAN in das LAN gebridged.

MER ist eine Funktion im DSL-Modem die besagt, das das Modem als Bridge in das WAN arbeitet, während es auf der LAN-Seite als Router arbeitet. Dadurch wird bei Datenverkehr vom LAN in das WAN NAT durchgeführt, während das Modem als DHCP Server im LAN operieren kann.

7.2.3 Management und Security

Das Breitbandmodem sollte durch den Provider durch Remote-Zugriff konfiguriert werden können, um die zuverlässige Übertragung der „Triple Play“ Services garantieren zu können. Das Provider- und das Heimnetzwerk basieren auf IP, daher könnte theoretisch der Provider noch weiter in das Heimnetzwerk eingreifen. Wie weit dies dann tatsächlich passiert, könnte Inhalt eines Service Level Agreements zwischen Provider und Kunde sein. Die Trennung, bezüglich Sicherheit gegen unbefugte Zugriffe von außen, zwischen WAN und Heimnetz erfolgt durch eine Firewall. Wird im Heimnetzwerk WLAN-Technologie angewendet, so sollte darauf geachtet werden, dass das WLAN-Equipment entsprechende Verschlüsselungen beherrscht.

Das DSL-Forum legt zwar in einer Referenz Architektur verschiedene Elemente und Interfaces fest, beschreibt aber nicht genaue Abläufe im Heimnetzwerk. Vielmehr kann in einem DSL-Forum Heimnetzwerk sehr viel Equipment integriert werden, das derzeit auf dem Markt erhältlich ist. So ist es für Heimuser leichter das Heimnetzwerk auszubauen oder mehrere verschiedene Übertragungstechniken zu verwenden. Weiters kann das Heimnetzwerk im Sinne des DSL-Forums unabhängig von der Access-Technologie aufgebaut werden. Das in diesem Forum vorgestellte Multiservices Heimnetzwerk kann sowohl für den Aufbau eines Netzwerkes mit einem Zentralen Baustein, wie ein Home Entertainment System genutzt werden, als auch für die Übertragung von Network-based Services des Providers.

7.3 CableHome

Die zweite Arbeitsgruppe ist das CableHome Projekt [CableHome Projekt] von CableLabs [CableLabs], welches damit beschäftigt ist, Spezifikationen und Weiterentwicklungen der Kabelmodem für den Heimnetzwerkgebrauch zu erstellen. Im Gegensatz zum DSL Forum werden hier genaue Spezifikationen für Elemente in einem Heimnetzwerk beschrieben. Die in dieser Arbeitsgruppe erarbeiteten Spezifikationen sind speziell auf die Kabelnetzwerktechnik ausgelegt. Die CableHome Architektur unterstützt aber jedes Layer 1 und Layer 2 Netzwerk das den Transport von IP-Datenpaketen beherrscht. Neben den momentan existierenden Kabelnetzinfrastrukturen, werden auch ältere Kabelnetzwerke (DOCSIS 1.0) unterstützt. Ein Ziel der CableHome Spezifikation ist es, Services und Dienste von DOCSIS auch im Heimnetzwerk zu verwenden. Zusätzlich zu den DOCSIS Funktionen wurden Managementfunktionen speziell auf das Heimnetzwerk hinzugefügt. In der CableHome Version 1.1 wurden Securityfunktionen, QoS und die Unterstützung von Universal Plug and Play (UPnP) [UPnP], für Kabelmodem und andere Hosts definiert [vgl. CableHome 1.1, 2005, S. 1].

Die wichtigsten Funktionen, die in CableHome festgelegt wurden:

- Network address management für Netzwerkadressen und Portübersetzung (port translation)
- statisches Port Mapping
- Remote Konfiguration des Residential Gateways
- QoS zwischen LAN Hosts
- Firewall mit minimaler Funktion
- VPN Unterstützung
- Unterstützung von DOCSIS 1.0 und DOCSIS 1.1
- Unterstützung von PacketCable
- Unabhängigkeit der Layer1 und Layer 2 im Heimnetzwerk
- Interoperation mit Equipment welches nicht-kompatibel zu CableHome ist

Eine genauere Aufstellung der in CableHome spezifizierten Funktionen findet man in [vgl. CableHome 1.1, 2005, S.20f].

7.3.1 CableHome Architektur

Die CableHome Architektur ist so ausgelegt, das über ein Residential Gateway das Heimnetzwerk bezüglich Management, QoS, Security, etc. konfiguriert werden kann. Zusätzlich wurden QoS-Meldungen festgelegt, die zur Kommunikation mit UPnP-Host dienen.

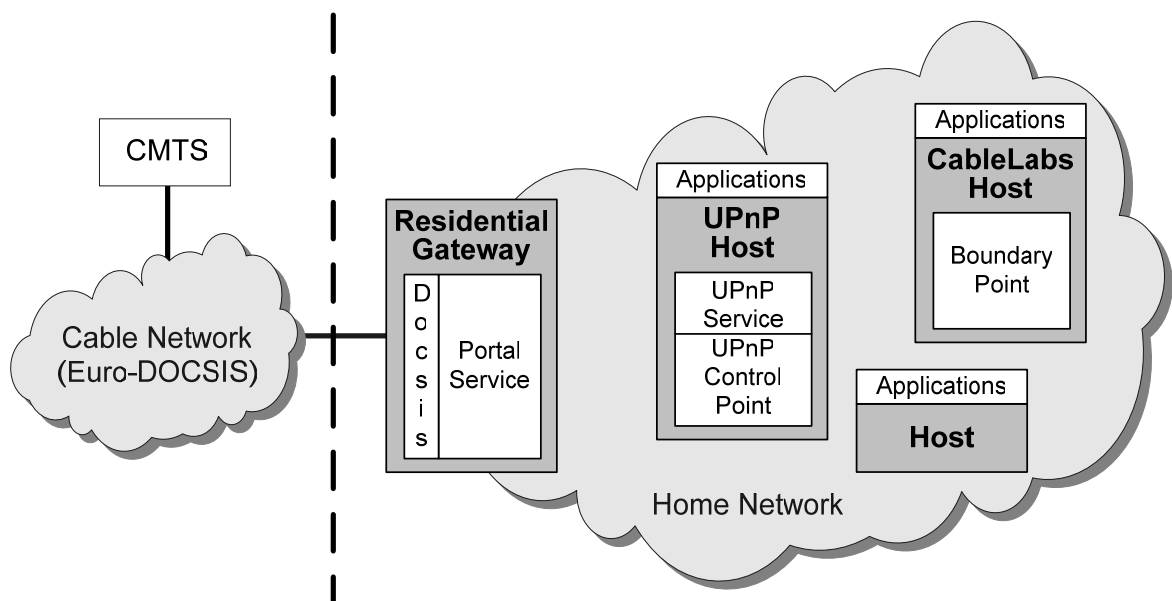


Abbildung 7-4: CableHome Konzept (Version 1.1) [vgl. CableHome 1.1, 2005, S21]

Residential Gateway

Das Residential Gateways ist das Zentrale Element der CableHome Architektur. Es kann in ein Kabelmodem eingebettet sein (Embedded Residential Gateway), oder als eigenes physikalisches Gerät (Stand-Alone Residential Gateway) ausgeführt sein. Die CableHome Architektur geht von nur einem Kabelmodem (CM) und einem Residential Gateway im Heimnetzwerk aus. Ein Stand-Alone-RG sollte direkt mit dem Kabelmodem verbunden werden. Das CM sollte das einzige Device sein, das direkt mit dem HFC-Netzwerk verbunden ist. Üblicherweise wird aber das Kabelmodem und das Residential Gateway kombiniert. Analog zum DSL-Modem besitzt ein Embedded Residential Gateway ein WAN-Interface, an dem das Kabelnetz des Providers terminiert. Für den Anschluss an das LAN (Heimnetzwerk) kann das Gateway über ein oder mehrere LAN-Interfaces verfügen. Das Residential Gateway ist im Heimnetzwerk verantwortlich für Management, Provisioning, Security, Adressing und QoS. Der wichtigste logische Baustein im Residential Gateway ist

das Portal Service (PS). Portal Service deshalb, weil es eine Schnittstelle zwischen WAN und LAN bildet. [vgl. CableHome 1.1, 2005, S.21-25].

CableLabs Host

Als CableLabs Host wird ein Gerät bezeichnet, das von CableLabs definierte Funktionalitäten implementiert hat. In diesem Element ist der Boundary Point (BP) implementiert, welcher für das Zusammenspiel von CableLabs Host und Residential Gateway verantwortlich ist [vgl. CableHome 1.1, 2005, S.22f].

UPnP Host

Als UPnP Host wird ein Gerät bezeichnet, das UPnP Funktionalitäten implementiert hat. Im UPnP Host sind die UPnP Services und der UPnP Control Point implementiert. Ein UPnP Host kommuniziert mit dem Residential Gateway über UPnP Meldungen [vgl. CableHome 1.1, 2005, S.22f].

Host

Als Host wird ein Gerät bezeichnet, das weder CableLabs noch UPnP Funktionalitäten beherrscht.

7.3.2 Portal Service

Wie schon erwähnt ist das PS eine Schnittstelle zwischen WAN und LAN und ist für alle Funktionen im Residential Gateway zuständig. Das sind Management und Provisioning der IP-Hosts, Security Funktionen wie Authentifizierung der Hosts und gesicherte Übertragung, QoS für die „Triple Play“ Anwendungen sowie die Übertragung der verschiedenen Messages im LAN und in das WAN. Es werden auch alle üblichen kabelnetzwerkbasierenden Funktionen für Management, Provisioning, Security, Adressing und QoS für das Residential Gateway selbst unterstützt. Diese Dienste werden aber hier nicht gesondert angeführt.

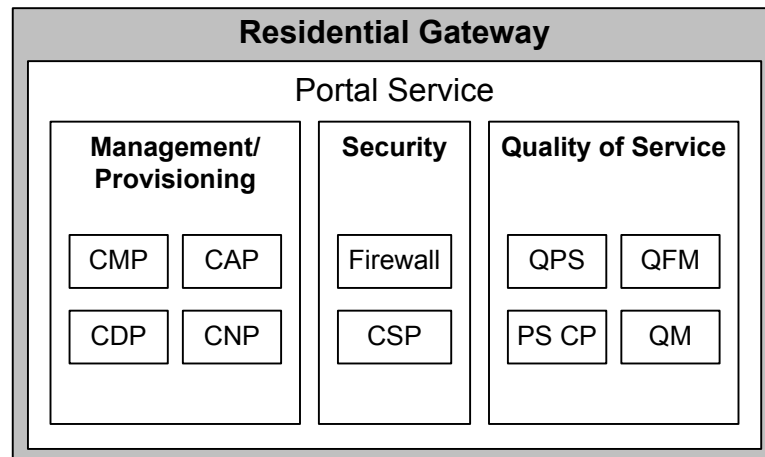


Abbildung 7-5: CableHome Portal Service Funktionen

Management und Provisioning

Das PS ist zuständig für die Herstellung der Verbindung zwischen WAN und LAN. Diese und andere Funktionen werden vom CableHome Addressing Portal (CAP) ausgeführt. Das CAP unterstützt eine Pass-through Funktion für WAN - LAN Datentransport Address Translation, da im LAN private Adressen vergeben werden. Das PS hat eine Upstream Selective Forwarding Switch (USFS) für LAN Device – LAN Device Datentransport implementiert. Weitere Funktionen von CAP sind: static Port Forwarding, VPN Support, Access Control Lists, Multicast und UPnP Unterstützung. Ein DNS Dienst für LAN Hosts wird durch das CableHome Naming Portal (CNP) unterstützt. [vgl. CableHome 1.1, 2005, S. 133-154].

Weiters ist das CableHome DHCP Portal (CDP) implementiert, welches eine DHCP-Client Funktion für das WAN, sowie eine DHCP-Server Funktion für das LAN beinhaltet. Das CableHome Management Portal (CMP) ist eine Schnittstelle zum MSO und ist nötig um das Residential Gateway remote vom Providernetzwerk aus managen zu können. Das Management Portal ist außerdem für das Auffinden von UPnP-Hosts und dessen UPnP-Services im LAN zuständig. Mittels dem Simple Objekt Access Protocol (SOAP) und XML werden die Meldungen der einzelnen Hosts im LAN übertragen. SOAP verwendet HTTP als Transportprotokoll und XML für die Darstellung der Daten. Das PS arbeitet ebenfalls als HTTP-Server für SOAP-Messages im LAN und es besitzt die entsprechenden Parserfunktionen für SOAP und XML [vgl. CableHome 1.1, 2005, S. 26f].

Security

Das CableHome Security Portal (CSP) im PS kommuniziert mit den Security Server des Provider und unterstützt Client-Authentifizierung, Austausch des Verschlüsselungs-Keys

und zertifiziert den Managementvorgang. Außerdem sind Remote Firewall Management für die Firewall (FW), Secure Download und Management Message Security inkludiert [vgl. CableHome 1.1, 2005, S. 173-245]

Quality of Service

Für QoS ist der QoS Policy Server (QPS) zuständig. Er verwaltet Policies für die unterschiedlichen Hosts und Applikationen. Eine andere Funktion ist die QoS Forwarding and Media Access (QFM) Funktion. Sie ist verantwortlich für queuing, paket forwarding und den priorisierten Zugriff auf das Netzwerk (Shared Medium). Daneben gibt es noch zahlreiche Funktionen die für die Unterstützung von UPnP Hosts gedacht sind, wie zum Beispiel der QoS Manager Service (QM). Der QM ist für QoS-Abfragen im LAN zuständig. Darüber hinaus arbeitet das PS als Control Point für UPnP QoS Services im Heimnetzwerk, um QoS spezifische Informationen aus dem LAN zu sammeln [vgl. CableHome 1.1, 2005, S. 156-173]

Messaging

Der Austausch von Meldungen zwischen Residential Gateway und LAN IP Devices erfolgt über Messaging Interfaces [vgl. CableHome 1.1, 2005, S. 29f].

- Headend - Portal Service Interface

für Meldungen zwischen Kabel-Headend und Portal Service

- Headend – LAN IP Device Interface

für Meldungen zwischen Kabel-Headend und LAN IP Device

- Portal Service – LAN IP Device Interface

für Meldungen zwischen PS und LAN IP Device.

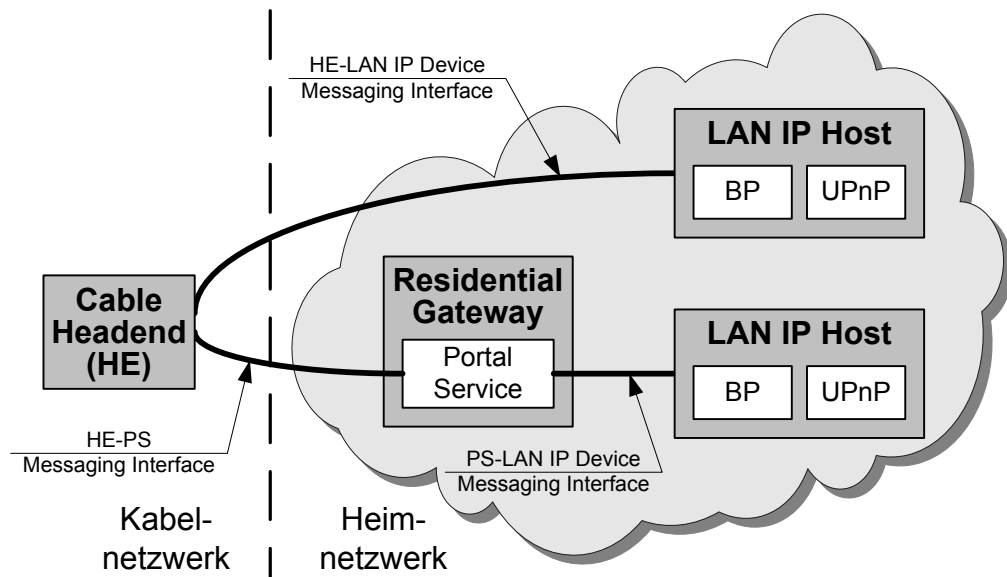


Abbildung 7-6: CableHome Messaging Interface Model [vgl. CableHome 1.1, 2005, S. 30]

CableHome ist eine sehr umfangreiche und genau spezifizierte Architektur für das Heimnetzwerk. Da CableHome speziell für den Kabelmarkt entwickelt wurde, sind MSO in der Lage, QoS und andere Funktionen für „Triple Play“ Dienste bis zu jedem Hosts im Heimnetzwerk zu transportieren. Schon seit langem angewendete, und in den verschiedenen DOCSIS und Euro-DOCSIS Versionen festgelegte Mechanismen für Management, Provisioning, Security, QoS, etc. wurden weiterentwickelt und können nun auch im Heimnetzwerk verwendet werden. CableHome unterstützt alle IP-Hosts unabhängig vom physikalischen und vom Datalink Layer, jedoch kann die Funktionsvielfalt von CableHome nur mit einem CableLabs Host oder UPnP Hosts genutzt werden.

Das Residential Gateway, als zentrales Element in der CableHome Netzwerkarchitektur, ist für die Kommunikation mit den Hosts und dem Bereitstellen von Diensten für die Hosts zuständig.

Durch die genaue Standardisierung von den Abläufen im Heimnetzwerk, von den Interfaces und Funktionen der einzelnen Bauteile, ist es für die Equipment-Hersteller einfacher, Endgeräte spezifiziert für CableHome zu entwickeln. Im Gegensatz zum DSL Forum werden in den CableHome Spezifikationen alle Elemente genauestens beschrieben.

7.4 Vernetzungstechniken im Heimnetzwerk

DSL Forum und, mehr noch CableLabs zeigen ein Gesamtkonzept für die Übermittlung von zeitkritischen und bandbreitenintensiven Services. Zahlreiche Übertragungstechnologien sind im privaten Netzwerk zu finden. Als Problem, welches zu lösen ist, kann die Fähigkeit der einzelnen Technologien zur Interoperabilität angesehen werden.

7.4.1 Cat5 Verkabelung

CAT5 Kabel werden für Ethernetnetzwerke verwendet. Der Vorteil einer Ethernetverkabelung gegenüber WLAN ist ganz klar die höhere und vor allem gleich bleibende Bandbreite (10 oder 100 Mbps). Der Nachteil ist ebenfalls so offensichtlich wie der Vorteil, nämlich das Verlegen von Kabel. Im Zuge eines Hausneubaues kann man die Verkabelung von Beginn an berücksichtigen. Sie sollte dann von einem zentralen Punkt aus erfolgen. Dies könnte ein Switch oder Router sein, der auch im Breitbandmodem integriert sein könnte. Durch die Sternförmige Verteilung hat man dann theoretisch in jedem Raum einen Zugang zum Internet und zu den Services des Provider oder des HES.

Anders verhält es sich in einer Wohnung, wo keine ausreichende Verkabelung verlegt ist. Nachträglich Kabel zu verlegen ist oft mühsam und aufwendig. Daher wird von den Heimanwendern eine alternative zu der Verkabelung gesucht.

7.4.2 Multimedia over Coax

Die Multimedia over Coax Alliance (MoCA) wurde Anfang 2004 gegründet, um Spezifikationen für die Übertragung von digitalen Inhalten über Koaxialverkabelung im Heimnetzwerk zu entwickeln. Die ersten Produkte sollen im kommenden Jahr auf den Markt kommen. Diese Gruppe wurde gebildet, da 70% der Amerikanischen Haushalte über eine Koaxialverkabelung im Haus verfügen und daher keine neue Verkabelung nötig sein soll um MoCA verwenden zu können. Die Technologie soll Datenraten bis 270 Mbps und ein hohes Maß an QoS ermöglichen [MoCA 1].

Die Vorteile von Koaxialkabel sind, dass die Kabel geschirmt sind und das es prinzipiell möglich ist, hohe Datenraten über diese Kabel zu übertragen. Über die Koaxialkabel sollen nun IP-Datentransfers erfolgen. Dadurch wäre HPNA over Coax, 802.11g over Coax möglich. Durch die Verwendung von IP, und die hohen Datenraten können alle denkbaren Services der Zukunft, wie HDTV übertragen werden. Außerdem ist es dann innerhalb des Koaxialnetzes möglich, Video-Streams von einer STB zum Beispiel zu

einem PVR zu senden, wo er dann aufgenommen wird. So könnten wiederum Ressourcen in einem Heimnetzwerk zentral aufgestellt und von allen Bewohnern des Hauses gemeinsam genutzt werden. [vgl. MoCA 2, 2004].

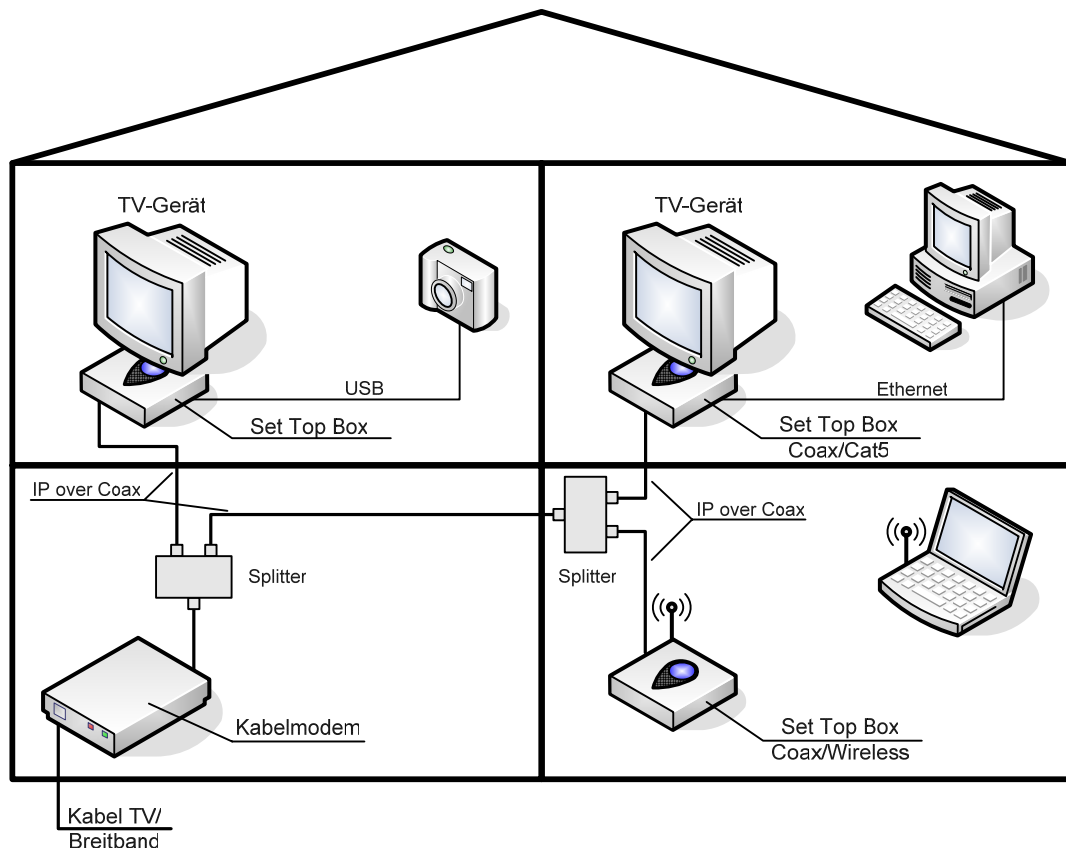


Abbildung 7-7: Multimedia over Coax [vgl. MoCA 2, 2004]

MoCA eignet sich sehr gut für die Verwendung in CableHome Heimnetzwerken, da die Datenübertragung nicht von Koaxialkabel auf eine andere Verkabelung wechseln muss.

Durch die Entwicklung Hybrider Produkte die Ethernet- und Koax-Anschlüsse implementiert haben, wie zum Beispiel Router (Wired oder Wireless), etc. könnte auch Ethernetverkabelung in das Koaxialkabel inkludiert werden. Doch die Entwicklung und Einführung solcher Endgeräte für den Europäischen Markt wird noch einige Zeit dauern. Weiters ist auch hier wiederum eine zusätzliche Verkabelung nötig, falls sie noch nicht in der Wohnung vorhanden ist. Sollten sich jedoch in kurzer Zeit einige, für den User erschwingliche Produkte finden lassen, ist es durchaus vorstellbar, dass diese Technologie eine Alternative zu einer Cat5 Verkabelung darstellt. MoCA ist nur dann eine sinnvolle Technologie, wenn die Verkabelung bereits weitgehend existiert. Für die nachträgliche Installation eines Heimnetzwerkes sollten andere Technologien genutzt werden.

7.4.3 WLAN (WiFi)

WLAN funktioniert bezüglich erreichbarer Bandbreite ausgezeichnet bei freier Sicht auf den Access Point oder die WLAN-Antenne. Zu Problemen mit der zur Verfügung stehenden Bandbreite, kann es aber in Wohnräumen kommen, da jede Mauer oder Decke das Funksignal je nach Stärke und Aufbau dämpft. Die WLAN-Technologie basiert auf dem Prinzip des Shared Medium, das heißt die User sie auf das Medium zugreifen, müssen sich die vorhandene Bandbreite teilen. Die Daten von allen Usern werden nach dem Best Effort Prinzip übertragen. Egal ob Internet Traffic oder Daten für TV-Services. Um daher ein gewisses Maß an QoS zu erreichen, wurde von der IEEE der Standard 802.11e spezifiziert und von der WiFi Alliance ein WMM Konzept für QoS im Enduserequipment entwickelt (siehe Kapitel 5: Multimedia over Wlan).

Wenn man von einer Bandbreite von 3,5 Mbps für einen Film im MPEG-2 Format ausgeht und daneben noch Bandbreite für Telefonie oder Internet benötigt, dann kommt man auf eine erforderliche Bandbreite von ca. 4,5 bis 5 Mbps die pro User mit Funktechnologie übertragen werden müssen. Durch die vorhin erwähnten Einschränkungskriterien von WLAN, wird eine Höchstdatenrate von 11Mbps bei 802.11b (2,4 GHz) von vornherein zu gering sein, um Daten in einer Wohnung oder in einem Haus für Echtzeitanwendungen und Fernsehen in geeigneter Qualität zu übertragen. Durch die Entwicklung der Standards 802.11a/h (5 GHz) mit einer Bruttodatenrate von 54 Mbps und 802.11g (2,4 GHz) mit 54 Mbps Bruttodatenrate, sowie einigen Erweiterungen können jedoch die erforderlichen Bandbreiten erreicht werden. WLAN wird durch die Unabhängigkeit von einer Verkabelung und der daraus resultierenden Mobilität, immer mehr zu einer der besten Alternativen zu einer fixen Verkabelung im Heimnetzwerk. Die Verschlüsselungsmechanismen wurden durch die Entwicklung des 802.11i Standards, bzw. der WPA, WPA2-Verschlüsselung von WiFi, verbessert. Des Weiteren können durch die oben genannten Standards 802.11a/h und 802.11g größere Reichweiten erreicht werden.

7.4.4 HomePlug

HomePlug [HomePlug] ist die Technik welche die Übertragung von Daten über die Stromverkabelung im Haus ermöglicht. Die HomePlug Alliance wurde im Jahre 2000 von führenden Firmen der Netzwerkindustrie gegründet. Der HomePlug Standard wurde im 2001 mit Version 1.0 spezifiziert und erlaubt Bruttodatenraten von 14 Mbps, wobei bei Tests in der Praxis Datenraten von 4-6 Mbps erreicht wurden. HomePlug ist in dieser Version also für Datenverkehr und Audioanwendungen geeignet.

HomePlug ist die Powerline Technik im Heimgebrauch. Es wurde für die Übertragung von Daten im 50-60 Hz Stromnetz des Gebäudes konzipiert. Um nun höhere Bandbreiten erzielen zu können sind aber höhere Bandbreiten nötig. Dies bringt einige Probleme mit sich. So ist die Datenübertragung starken Schwankungen des Ohm'schen Widerstandes und der im Stromnetz auftretenden Frequenzen ausgesetzt. Auch kommt es bei der Datenübertragung zu einer starken Interferenz wenn Stromsteckerleisten mit Schaltern, Halogenlampen oder Geräte mit starken Motoren im Stromnetz vorhanden sind. Die Stromverkabelung wurde ursprünglich nicht für diesen Verwendungszweck eingebaut, daher kommt es auf den Leitungen zu Dämpfungen, die innerhalb des Hauses, aber von Raum zu Raum unterschiedlich stark sein können. All diese Störeinflüsse erfordern spezielle Techniken wie, eine gegen Störungen robuste Übertragung, kombiniert mit Forward Error Correction (FEC), Interleaving und Automatic Repeat Request (ARQ). Die Übertragung der Daten erfolgt mittels OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). OFDM teilt den zur Verfügung stehenden Frequenzbereich von 4,5 MHz – 21 MHz in 84 gleichgroße Kanäle. Zwischen den Kanälen wird ein Sicherheitsband eingehalten, das der Übertragungsgeschwindigkeit des modulierten Signals entspricht. Die Daten werden durch Differential Binary Phase Shift Keying (DBPSK) oder Differential Quadrature Phase Shift Keying (DQPSK) auf diese Kanäle aufmoduliert und werden für die Fehlerkorrektur zusätzlich Viterbi- und Reed-Solomon kodiert. Der Vorteil der schmalen Frequenzbänder ist, dass burstartige, schmalbandige Störungen nur den betroffenen Kanal stören. Diese werden für die Datenübertragung ausgeschlossen. Mit der HomePlug-MAC wird auf das Medium zugegriffen. Die HomePlug-AC ist kompatibel zu Ethernet um die Integration zu Ethernet zu erleichtern. Auf einen Frequenzkanal wird mittels einer Variante von CSMA/CD zugegriffen. Das heißt, HomePlug ist ein Shared Medium, da sich die Teilnehmer die vorhandne Bandbreite teilen. HomePlug unterstützt VLAN-tagging nach 802.1q und Ethernet Priority nach 802.1d. HomePlug definiert auch Security Funktionen. So können Daten mit dem Data Encryption Standard (DES) Algorithmus verschlüsselt werden. Dies ist wichtig, denn wird HomePlug in einem Heimnetzwerk verwendet, so könnte auch der Nachbar in der nächsten Wohnung Zugriff auf das eigene Netzwerk erhalten. Nur HomePlug Adapter mit derselben Verschlüsselung, gehören dann zum selben Netzwerk [vgl. HomePlug, White Paper].

In der geplanten Version HomePlug-AV sollen Datenraten bis 100 Mbps und mehr erreicht werden. Des Weiteren wird fortgeschrittenes QoS möglich sein. Mit HomePlug-AV soll auch digitales Fernsehen in HDTV-Qualität übertragen werden können [vgl. HomePlug AV, Artikel].

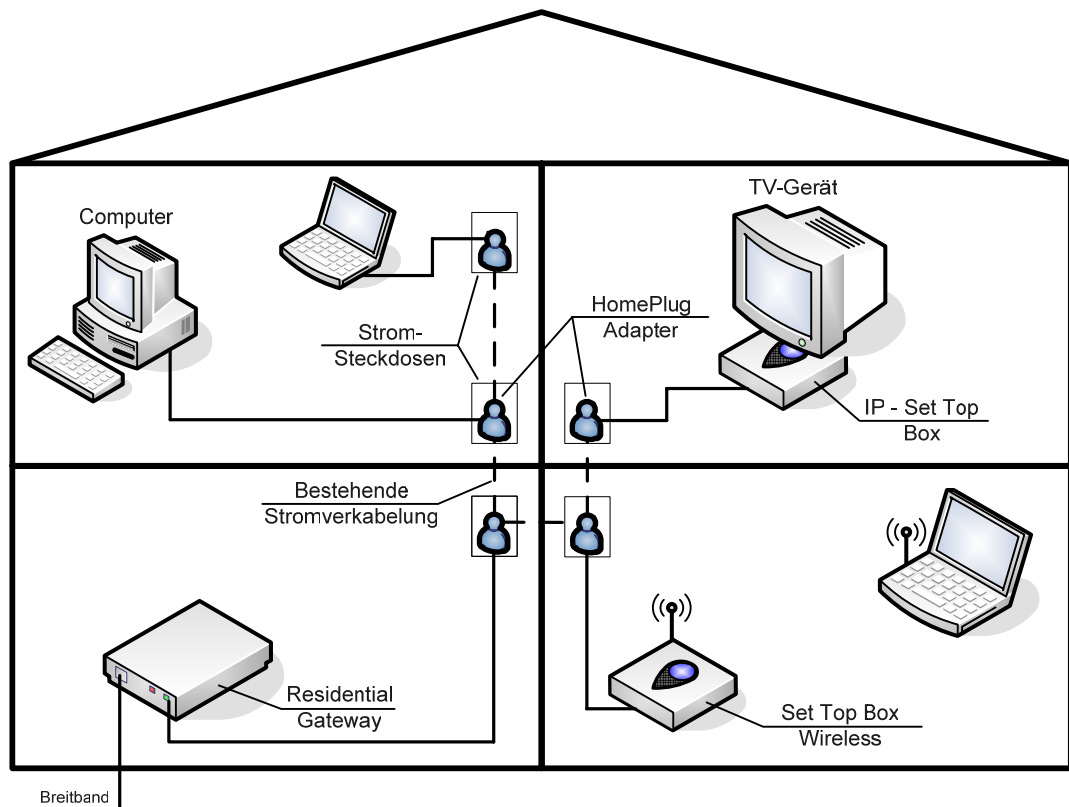


Abbildung 7-8: HomePlug AV im Heimnetzwerk

Um die Daten in das Stromnetz des Hauses einspeisen zu können, benötigt man einen Adapter. Diese Adapter sind meist mit einem Ethernetanschluss versehen, sodass die Ethernetdaten über das Hausnetz übertragen werden. Die Daten werden dann von einem zweiten Adapter empfangen und wieder über die Ethernetschnittstelle ins das Cat5 Kabel abgegeben.

Der Vorteil dieser Technik ist, dass in jedem Raum in dem eine Steckdose vorhanden ist, ein Adapter angeschlossen werden kann. So kann das vorhandene Hausnetzwerk über die Stromvernetzung erweitert werden. Die Verlegung von Ethernetkabel kann so entfallen. Ein Nachteil dieser Technik ist die geringe Datenrate von 4-6 Mbps, abhängig vom Stromnetz in der Wohnung. Der HomePlug Standard 1.0 ist für „Triple Play“ prinzipiell geeignet, solange nur ein User das HomePlug Netzwerk nutzt. Mit der Einführung von HomePlug AV wird sich diese Technik bestimmt als Alternative zu einer fixen Verkabelung anbieten.

7.4.5 HomePNA

Die Home Phoneline Networking Alliance (HomePNA) [HomePNA] wurde im Jahre 1999 gegründet. Ziel dieser Technik ist, die vorhandenen Telefonkabel, ähnlich wie bei DSL, in einer Wohnung für die Übertragung von Daten zu nützen. In Version 1.0 konnten über die

2-adrigen Kupferkabel in einem Frequenzbereich von 4–10 MHz durch Pulse Position Modulation (PPM) Datenraten bis zu 1 Mbps erzielt werden, wobei der Frequenzbereich durch FDM in einzelne Kanäle geteilt wurde. QoS wird nicht unterstützt. Die Reichweite betrug 150m. Durch den gewählten Frequenzbereich kann HomePNA parallel zu POTS, ISDN und DSL-Technologie genutzt werden [HomePNA].

Noch im selben Jahr wurde Version 2.0 mit einer Datenrate von 10 Mbps bei gleich bleibender Reichweite vorgestellt. Allerdings müssen die verlegten Kupferkabel eine wesentlich höhere Qualität aufweisen, als bei Version 1.0. Version 2.0 verwendet FDM um die verfügbare Bandbreite in Kanäle aufzuteilen. Danach werden die Daten mit QAM auf die einzelnen Kanäle moduliert. Die verfügbare Bandbreite wird zwischen den Teilnehmern aufgeteilt. Der Zugriff auf dieses Shared Medium erfolgt mittels CSMA/CD. Um ein gewisses Maß an QoS zu gewährleisten wurden acht Access Priority Klassen definiert. Jeder Access Class wird nach einer Art von TDM ein bestimmter Zeitschlitz zugeordnet. Bevor Daten einer Access Class gesendet werden dürfen wird dieser Zeitschlitz initialisiert und nur innerhalb oder nach diesem Zeitschlitz darf gesendet werden. Innerhalb eines Priority Levels wird ein Back-off Algorithmus angewendet, um bei einer Kollision eine erneute Kollision zu vermeiden. Kommt es zu einer Kollision, wird nach dem Zufallsprinzip der Back-off Level der Station um 0, 1 oder 2 erhöht. Die Station mit dem niedrigeren Level darf dann erneut senden. Um Datenpaketverluste auf der Leitung durch Burststörungen, die auf der 2-Draht-Telefonleitung durch das Läuten des Telefons oder durch das Auflegen des Hörers auftreten, zu verhindern, wird Limited Automatic Repeat Request (LARQ) angewendet [vgl. HomePNA 2.0, 2000].

Auch hier wurde die Entwicklung in Richtung Unterstützung von Breitbandservices und QoS vorangetrieben. So wurde 2003 HomePlug Version 3.0 spezifiziert. Diese Version ist rückwärtskompatibel zu Version 2.0, unterstützt Datenraten bis 128 Mbps und erweiterte QoS Funktionen. In Version 3.0 wird der Frequenzbereich von 4 – 21 MHz benötigt. Um QoS zu erhalten wird nach IEEE1394 (Fire Wire) eine synchrone Medium Access Control verwendet. Auch die ITU-T entwickelte drei Empfehlungen zu HomePNA. Empfehlung G.989.1 behandelt allgemein HomePNA Transceiver, G.989.2 behandelt das Datenformat und den Datalink Layer und G.989.3 behandelt die Isolierungen der Leitungen [vgl. Electronic Business, 2002].

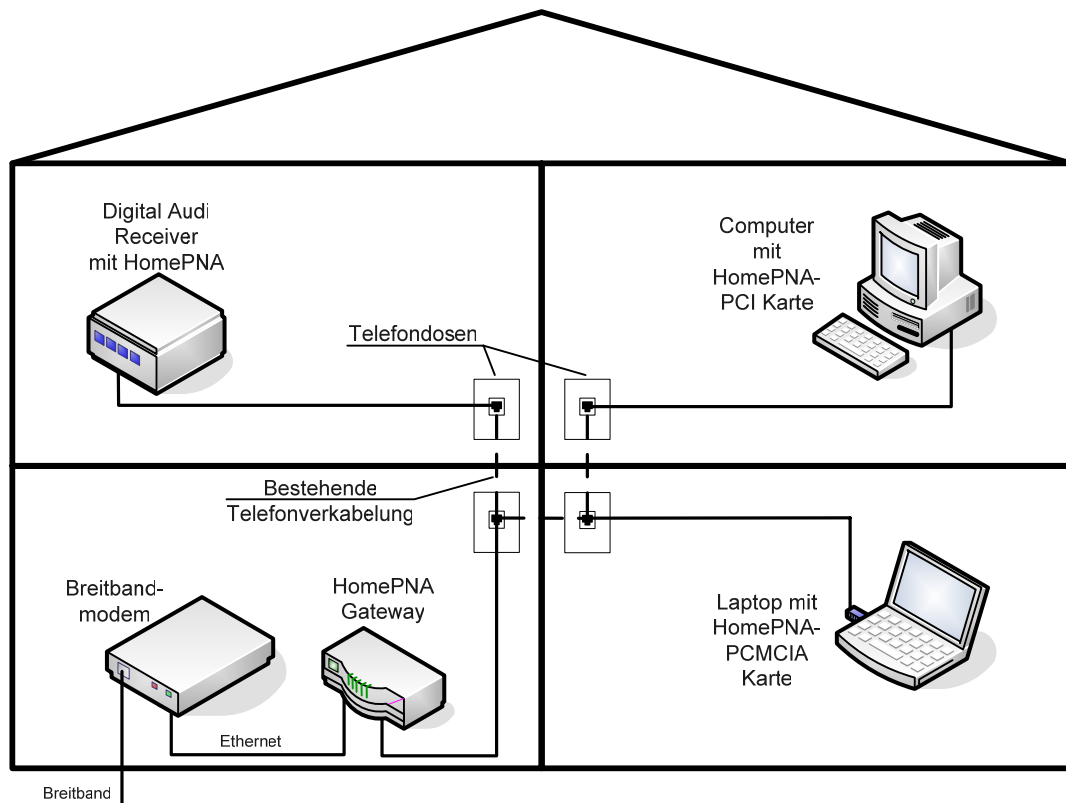


Abbildung 7-9: HomePNA im Heimnetzwerk

HomePNA Versionen 2.0 und 3.0 können auch mit Koaxialkabel verbunden werden. Um die für HomePNA formatierten Signale über Koax-Kabel übertragen zu können, werden Adapter benötigt [Home Networking Depot].

Ähnlich wie bei HomePlug, sind auch bei HomePNA die spezifizierten Versionen 1.0 und 2.0 nicht für Anwendungen geeignet, die hohe Bandbreiten erfordern. HomePNA 3.0 ist jedoch durch die höhere Bandbreite und durch die verbesserten QoS-Mechanismen eine Alternative zu HomePlug oder Wireless Lan, wenn die nötige Telefonverkabelung im Haus oder der Wohnung vorhanden ist. HomePNA wurde in den USA für den Amerikanischen Markt entwickelt, wo eben diese Voraussetzungen besser gegeben zu sein scheinen.

Laptops und PCs benötigen eine PCMCIA- oder eine PCI-Steckkarte um HomePNA verwenden zu können. Für den Übergang von HomePNA auf Ethernet sorgt ein HomePNA Gateway, welches auch mit Wlan-Technik ausgestattet sein kann.

7.4.6 Nicht Standardisierte Übertragungsmethoden

Es gibt zahlreiche Anwendungen in einem Heimnetzwerk, die nicht alle, zum Beispiel über Cat- oder Koaxialkabel übertragen werden können, oder IP für die Datenübertragung verwenden. Diese Technologien finden vor allem bei Funkübertragungssystemen

Anwendung, die für Audio- und Videoübertragung vom PC, Videorekorder, Receiver, etc. zu den Fernsehgeräten erfolgt. Diese speziellen Technologien sollten natürlich ebenfalls in das Heimnetzwerk integrierbar sein. Ein Beispiel wären die Funkübertragungssysteme für die Übertragung von Video- und Audiodaten von einem PC oder DVD Player zum Fernsehgerät.

7.5 Varianten eines Heimnetzwerkes

Es ist natürlich möglich die vorhin erwähnten Vernetzungsarten in einem Heimnetzwerk zu kombinieren. So können eine Ethernetverkabelung, WLAN, HomePlug und eventuell HomePNA und Koaxialkabel in einem Heimnetzwerk zusammenspielen. Voraussetzung ist aber zwischen den einzelnen Übertragungstechniken aktive Komponenten eingebaut werden die die Signale für die entsprechenden Technologien aufbereiten. Ziel sollte es sein, wie vom DSL-Forum vorgeschlagen, das Ethernet und IP als Protokolle auf Layer 2 und Layer 3 verwendet werden. Bei HomePNA gibt es eigene HomePNA Gateways, bei HomePlug die Adapter auf der Stromsteckdose die die Daten auf Ethernet Encapsulierung umwandeln. Für Kabelnetzbetreiber ist der von PacketCable entwickelte CableHome Standard sicherlich eine sehr gute Möglichkeit um den Kunden „Triple Play“ Services anzubieten. CableHome ist unabhängig vom physikalischen Layer und vom Datalink Layer, so dass auch in CableHome Heimnetzwerken alle oben genannten Vernetzungstechniken nutzbar sind. Die einzelnen Engeräte müssen jedoch für PacketCable oder UPnP spezifiziert sein um die CableHome Funktionen gut nützen zu können.

Die beste Variante für ein Heimnetzwerk ist die Verkabelung mit CAT5 Kabel (oder höher) für ein Ethernetnetzwerk. Dies ist aber nur bei einem Neubau des Gebäudes leicht zu bewerkstelligen. Für den nachträglichen Aufbau oder Ausbau eines Heimnetzwerkes, vor allem in einer Wohnung ist dies nur schwer oder gar nicht möglich (siehe 7.4.1 „Cat5 Verkabelung“).

HomePlug und HomePNA bieten in ihren derzeitigen Versionen zu geringe Bandbreiten für mehr als einen User im Heimnetzwerk. Für einen User könnte man HomePNA und die dafür nötige Telefonverkabelung verwenden. Dies funktioniert natürlich nur dann, wenn bereits Telefonkabel in den gewünschten Wohnbereich führen und die Kupferdrähte eine gute Qualität aufweisen um genügend Bandbreite transportieren zu können. Denn nachträglich Telefonkabel für HomePNA zu verlegen ist wenige sinnvoll. Stattdessen sollte man gleich Ethernetkabel verlegen. Für einen weiteren User könnte man HomePlug

im Heimnetzwerk verwenden. Hier sind aber die Störquellen im Haushalt wiederum ein großes Problem. Sollen jedoch keine neuen Kabel verlegt werden, dann sollte man auf jeden Fall diese Technologien im Heimnetzwerk ausprobieren.

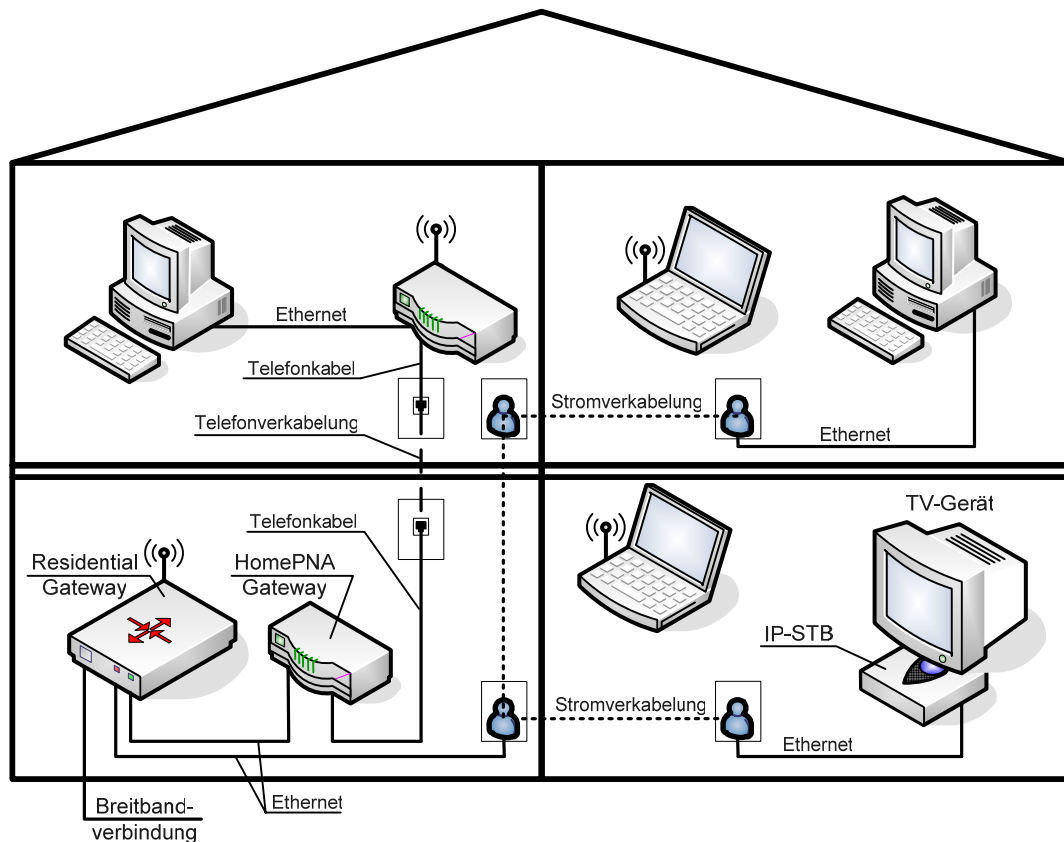


Abbildung 7-10: HomePlug und HomePNA (Access: FTTx, Kabel, ADSL Single-Circuit)

Abbildung 7-10 zeigt eine mögliche Vernetzung durch HomePlug und HomePNA. Wie man sieht kommt man nie ganz ohne neue Verkabelung aus. Sie ist aber nur innerhalb eines Raumes, zwischen den einzelnen Geräten nötig (ohne Funktechnik). Wird im Heimnetzwerk WLAN-Technologie benötigt, dann sollten die Endgeräte für WiFi Multimedia zertifiziert sein, um Unterstützung für QoS sicherzustellen. Die eingezeichnete Doppellinie in Abbildung 7-10 soll eine Geschoßdecke darstellen und soll die starke Dämpfung der Funksignale von WLAN abdeuten. In dieser Abbildung wird von ADSL als Access-Technologie ausgegangen, wobei der Provider die Services über eine Single-Circuit Architektur anbietet.

Im technischen Report, TR-094 vom DSL-Forum, wird erwähnt, dass die Netzwerkterminierung (B-NT) nicht zwingend mit einem Routing Gateway in einem physikalischen Gerät kombiniert sein muss. Ein solches Endgerät wäre dann nur mit reiner Switching-Funktionalität ausgestattet. Mit ADSL als Technologie in der Local Loop,

kann der Provider für den Transport von Video, Sprache und Daten jeweils einen anderen PVC verwenden.

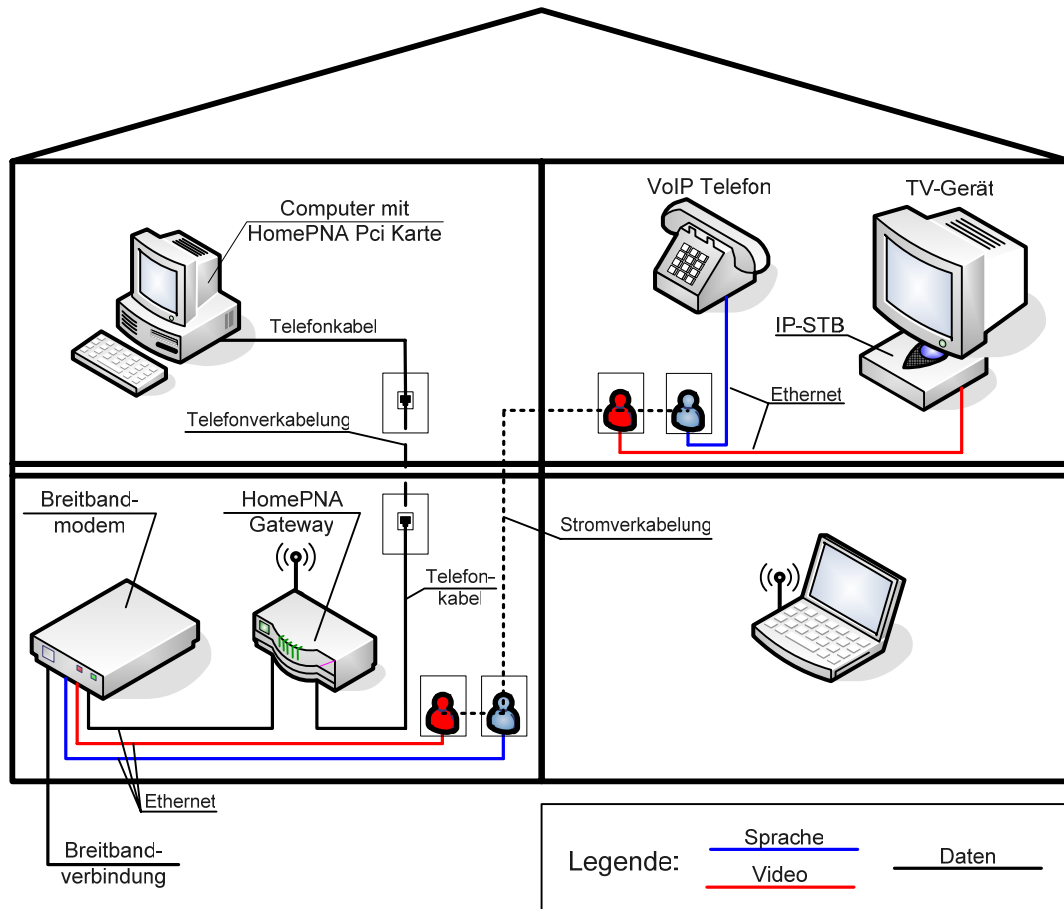


Abbildung 7-11: HomePlug und HomePNA (Access: ADSL Multi-Circuit)

Abbildung 7-11 zeigt ein mögliches Heimnetzwerk mit ADSL Multi-Circuit Architektur als Access-Technologie. Für diese Art des ADSL Services wird ein ADSL Modem benötigt, das PVC-to-Port mapping beherrscht. Jeder PVC wird dann wiederum mit einem eigenen VLAN verknüpft (siehe Multi-Circuit Architektur). Nur an einem bestimmten LAN-Port können daher z.B. Videodienste genutzt werden. Von den einzelnen Ports werden die Endgeräte für den jeweiligen Dienst mit dem ADSL-Modem verbunden. Video, Voice und Datendienste sind in Abbildung 7-11 mit Rot, Blau und Schwarz gekennzeichnet. Sprachdatenpakete (blau) und Videodatenpakete (rot) werden in dieser Variante jeweils über HomePlug übertragen. Es ist daher notwendig die Daten zu trennen, da es sonst sein könnte, dass die Datenpakete für VoIP zum falschen LAN-Port am ADSL-Modem transportiert werden. Die Trennung könnte über unterschiedliche Passwörter für die jeweiligen HomePlug Adapter passieren. Mit Hilfe der Passwörter wird ja die Verschlüsselung durchgeführt. Nur Adapter mit derselben Verschlüsselung gehören zum selben HomePlug-Netzwerk.

Bei der in Abbildung 7-11 gezeigten Vernetzung darf das VoIP-Telefon nicht mit der IP-STB mit einem gemeinsamen Switch verbunden werden und der gemeinsame Datenstrom über eine gemeinsame Verbindung zum ADSL-Modem transportiert werden, da die Daten der einzelnen Dienste nicht mehr getrennt werden können. Dies funktioniert nur dann, wenn die Endgeräte in der Lage sind, jeden Dienst für ein separates VLAN zu markieren, oder wenn im Heimnetzwerk Ethernet Switches eingebaut werden, welche das VLAN-tagging der jeweiligen Daten übernehmen.

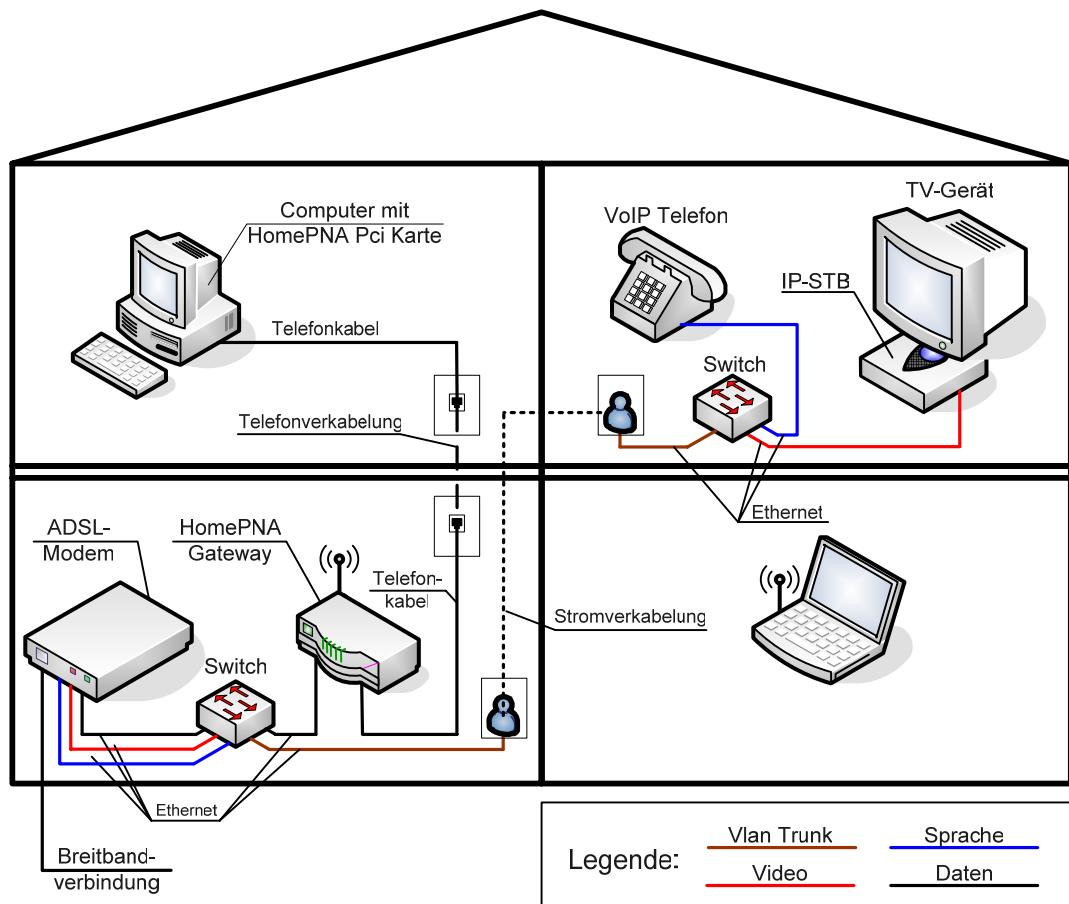


Abbildung 7-12: HomePlug und HomePNA (Access: ADSL Multi-Circuit; Vlan-tagging)

Durch das Zuweisen der Dienste zu den unterschiedlichen VLANs kann man die Dienste im Heimnetzwerk über eine gemeinsame Verbindung transportieren (Vlan-Trunk). Die einzelnen Dienste (VLANs) werden durch einen weiteren Switch vor dem Modem wieder getrennt und an die jeweiligen LAN-Ports des Modems angeschlossen. Die Switches müssen zusätzlich QoS auf dem Datalink Layer unterstützen, um die Daten je nach Priorität übertragen zu können.

Man sieht ganz deutlich, dass die Verwendung von ADSL-Multi-Circuit Access wesentlich mehr Aufwand im Heimnetzwerk bedeutet, als eine Single-Circuit Architektur.

Bei der Verwendung unterschiedlicher Technologien im Heimnetzwerk, ist allerdings darauf zu achten das nicht zu große Delay-Zeiten zustande kommen. Delay-Zeiten können in einer gemischten Heimnetzwerktopologie vor allem durch die Konvertierung der Daten auf die unterschiedlichen Technologien erfolgen. Gerade für VoIP ist dies besonders wichtig, da sonst keine ausreichende Gesprächsqualität gewährleistet werden kann.

8 Kundenequipment

In diesem Kapitel werden die Funktionen aufgezeigt, welche im Kundenequipment implementiert sein sollten, weil gerade dieses für die Übertragung der Services im Heimnetzwerk sehr wichtig ist.

8.1 DHCP

8.1.1 Breitbandmodem

Das Breitbandmodem ist das wichtigste Endgerät im Heimnetzwerk, denn es bildet den Übergang von diesem zum Providernetzwerk. Es wird dem Kunden bei der Herstellung des Internetzugangs meist vom Provider installiert. Die genauen Funktionalitäten des Modems hängen von der Access-Technologie in der Local Loop ab. Prinzipiell können aber folgende Mindestanforderungen festgelegt werden:

DHCP Client (WAN)

Auf dem Interface zum Providernetzwerk sollte DHCP unterstützt werden. Das Interface sollte als DHCP Client funktionieren, um eine IP-Adresse aus dem Adresspool des Providers zugewiesen zu bekommen. Im Providernetzwerk ist also ein DHCP Server vorhanden, auf dem neben der IP-Adresse auch die MAC-Adresse dieses Interface gespeichert ist. Die IP-Adresse sowie die MAC-Adresse können vom Provider für das Provisioning der Kundenservices verwendet werden. Remote-Konfigurationen können ebenfalls durchgeführt werden. Eine statische Konfiguration der WAN IP-Adresse wäre ebenfalls denkbar, würde aber eine Vorkonfiguration Seitens des Providers oder eine Konfiguration durch den Kunden nötig machen. Von dieser Lösung ist aber abzuraten, da die Vorkonfiguration Zeit- und Kostenaufwendig ist. Zu Problemen bei Konfiguration durch den Kunden kann es durch unzureichende Netzwerktechnikenkenntnisse kommen.

Am WAN Interface sollte DHCP sowohl von Modem im Bridgemode, als auch von Modem im Routermode unterstützt werden.

DHCP Server (LAN)

Als DHCP Server für das Heimnetzwerk (LAN) kann nur ein Modem im Routermode agieren. Der DHCP Server vergibt private IP-Adressen im LAN, die dann vom Router für das öffentliche Netz mittels NAT übersetzt werden müssen. Die Endgeräte des Kunden sind also vom WAN nicht erreichbar.

Wird ein Modem gebraucht, welches als Bridge arbeitet, werden die einzelnen Verbindungen nicht zu einem Router aufgebaut sondern direkt zu den jeweiligen Endgeräten des Kunden. Diese können eine IP-Adresse vom Provider aber per DHCP beziehen. Die Adresse ist wiederum aus dem Pool des Providers. Der Provider sieht daher welches Endgerät des Kunden mit welcher MAC- und IP-Adresse angeschlossen ist.

Möchte man dennoch ein LAN aufbauen, dann kann aber gleich nach dem Bridge-Modem ein Breitbandrouter installiert werden.

8.1.2 Endgeräte

Sämtliche, im LAN verwendete Endgeräte, sofern sie auf IP basieren und Layer 3 Funktionalitäten haben, sollten DHCP unterstützen. Die Installation der Endgeräte ist so für den Kunden wesentlich einfacher. Vorsicht ist hier aber bei der Nutzung von WLAN-Equipment im LAN geboten. Ohne entsprechende Maßnahmen kann auf das WLAN-Netz uneingeschränkt zugegriffen werden, so dass auf jedem DHCP-Request geantwortet und eventuell eine IP-Adresse vergeben wird.

8.2 TFTP

TFTP kann für Image-Filedownloads oder Softwareupdates auf das Customer Premises Equipment verwendet werden. Der Updatevorgang kann dann manuell, vom User oder remote vom Provider durchgeführt werden. Bei einer großen Anzahl von Kunden ist dies aber nicht zweckmäßig. Daher sollte dies automatisch durchführbar sein. Die entsprechenden Adressen der TFTP Server im Netzwerk können dem Modem per DHCP-Optionen mitgeteilt werden.

Für den Provider kann sich der Konfigurationsaufwand erheblich verringern, da von einem TFTP Server die entsprechenden Konfigurationsfiles auf das Modem geladen werden können. Allerdings muss der Provider genau wissen, wie die Konfigurationsfiles der jeweiligen Endgeräte aussehen müssen.

Um TFTP verwenden zu können, muss es natürlich vom jeweiligen Endgerät unterstützt werden.

8.3 Management

Um Support für den Kunden gewährleisten zu können, ist das Management und der Zugriff auf das CPE, sowie das Auslesen von wichtigen Daten des CPEs von großer Bedeutung. Ist zum Beispiel auf dem Breitbandmodem eine Weboberfläche implementiert, dann kann diese für das Management des Modems herangezogen werden. Doch kann es sein, dass eine Weboberfläche nicht in allen Modemtypen implementiert. Um dennoch Managementaufgaben wahrnehmen zu können, sollte SNMP oder Remote Zugriff per Telnet möglich sein. Wird SNMP unterstützt, kann man die Geräte in ein größeres Managementsystem integrieren. Durch die bei auftretenden Fehlern gesendeten SNMP-Traps ist der Provider in Lage schnell zu reagieren. Wird SNMP ebenfalls nicht unterstützt, dann könnte man noch remote per Telnet oder SSH auf das Modem zugreifen.

Wie weit der Provider in das Heimnetzwerk mit dem Management vor dringen darf, könnte Inhalt eines Service Level Agreement (SLA) mit dem Kunden sein.

8.4 QoS

Für „Triple Play“ Services ist die Unterstützung von QoS-Funktionen des CPEs sehr wichtig. QoS kann auf dem Datalink Layer (Layer 2) und/oder dem Network Layer (Layer 3) unterstützt werden, egal wie der Transport der Daten erfolgt.

QoS für das WAN muss nur vom Breitbandmodem unterstützt werden. Das Breitbandmodem muss dann das WAN-QoS auf LAN-QoS mappen und umgekehrt, um QoS im Heimnetzwerk gewährleisten zu können. Wird ein Modem mit Bridge-Funktionalität verwendet, so kann nur Ethernet-QoS nach 802.1p,q [vgl. IEEE 802.q, 1998] (ADSL) oder Service Flows (Kabel) genutzt werden. Wird ein RG eingesetzt so kann auch auf Layer 3 QoS (IntServ, DiffServ) bereitgestellt werden.

8.5 Firewall

Die Ausführung der Firewall kann unterschiedlich erfolgen. Entweder ist sie direkt in einem RG, oder in einem Router hinter dem Breitbandmodem, implementiert. Oft wird bereits NAT als Firewallfunktion bezeichnet. NAT hilft aber nicht mehr gegen Eindringlinge, wenn man bereits z.B. ein Trojanisches Pferd auf einem Computer im Netzwerk hat. Hier sollte man sich zusätzlich auf eine Softwarefirewall auf den PCs im Netzwerk verlassen.

8.6 Verschlüsselung

Dieser Punkt ist wichtig für Techniken wie WLAN oder HomePlug. Der Zugriff auf das Netzwerk soll für Unbefugte nicht möglich sein. Gerade bei WLAN ist dies sehr wichtig da die Funkstrahlen nicht nur innerhalb eines Gebäudes oder Wohnung bleiben. Auch bei der Verwendung von HomePlug könnte es vorkommen, dass man in der Nachbarwohnung Zugriff auf das Heimnetzwerk hat. Daher werden auch hier die Daten verschlüsselt.

9 Resümee

9.1 Dienste von HES und/oder MSO

Die HES sind deshalb eine so starke Konkurrenz für den Provider, weil sie für die weit verbreiteten DVB-Varianten verwendet werden können, leicht zu bedienen sind und sehr viele Funktionen in einem Gerät kombinieren. Sie können als zentraler Media Server im Heimnetzwerk installiert werden, welche viele Funktionen in einem physikalischen Gerät kombinieren. Gerade diese Kombination der Dienste ist die Stärke der HES. Die Geräte sind außerdem einfach zu bedienen und sie stellen je nach Ausführung alle wichtigen Funktionen wie Teletext, EPG, PVR, Timeshift zur Verfügung.

Ein Nachteil ist allerdings die fehlende Interaktivität der Services über die HES. Interaktive Services für MHP werden noch nicht von vielen TV-Sendern und Endgeräteherstellern unterstützt, da eine bedeutende, wichtige Anwendung für den Kunden noch fehlt und der für interaktive Services nötige Rückkanal schwer zu realisieren ist. Dienste wie Timeshift, PVR, etc. können nur am Standort des HES genutzt werden. Also möchte man alle Services nutzen, dann ist pro Fernsehgerät ein HES notwendig. Die HES sind aber relativ teuer. Das in dieser Arbeit vorgestellte HES von Fujitsu Siemens, das „ACTIVITY Media Center 370“ kostet derzeit ca. 1000€. Für drei Fernsehgeräte im Haushalt würde das einen Preis von 3000€ ergeben (exklusive Kosten für die Verkabelung und eventuelle zusätzliche Geräte). Es gibt natürlich HES die günstiger sind, die aber dann auch nicht die volle Servicepalette implementiert haben.

Im Gegensatz zu den Diensten des HES können die netzwerkbasierenden „Triple Play“ Dienste, bei entsprechendem Ausbau des Heimnetzwerkes, in jedem Raum genutzt werden. Alle die von IP unterstützten Funktionen der Netzwerktechnik (z.B. Routing, QoS) können genutzt werden, um die Dienste im Heimnetzwerk zu verteilen. Da alle Dienste vom Provider verwaltet werden, müssen die Endgeräte nicht sehr „intelligent“ sein. Daher wären die Endgeräte wesentlich billiger als die HES. Nicht einmal eine Festplatte für TS oder den PVR ist notwendig. Die Konfiguration der Endgeräte kann einfach über Imagefiles erfolgen, welche beim Start der STB von einem zentralen Server geladen wird. Die Kosten für den Provider und somit für den Kunden reduzieren sich daher auf ein Minimum. Außerdem muss sich der Kunde um Dienste wie Timeshift kaum kümmern, da alles vom Provider automatisch aufgenommen wird. Lediglich Einstellungen für den PVR oder für VoD muss der Kunde selbst durchführen. Der Kunde kann Filme oder Sendungen

die ihm besonders gefallen, auf für ihn reservierten Speicherplätzen auf einem Server des Providers, speichern und diese dann verwalten. Da sämtliche Dienste auf IP basieren, können sie wesentlich flexibler angeboten werden. So wäre es möglich, Dienste je nach Wunsch des Kunden zu Bundles zusammenzufassen, oder verschiedene Servicepakete anzubieten. Diese Flexibilität sollte auch in der Bedienung der Dienste vorhanden sein. IP-TV für sich allein, also ohne zusätzliche Dienste wie EPG, Timeshift, etc., wird nicht die erhoffte Killer-Applikation sein. Besonders die Kombination der Dienste zu Servicepaketen macht IP-TV für den Kunden interessant.

Die großen Vorteile gegenüber den HES sind VoD und VoIP.

VoD ist die Möglichkeit Filme anzusehen, wann immer man das will. Der Kunde kann sich über eine Weboberfläche, die auf der IP-STB implementiert ist, oder auf der Homepage des Providers den Film aussuchen, den er sehen will. Diese Interaktivität der Dienste ist ebenfalls eine wichtige Funktion, auf die Provider hoffen.

Das SIP-Protokoll für VoIP unterstützt eine Vielzahl von zusätzlichen Funktionen (siehe 3.2.2 bis 3.2.5). Besonders Mobilität ist der heutigen Zeit sehr wichtig. Durch die einfache Architektur von SIP können neue Funktionen und Services einfach implementiert werden. Auch wäre eine Kombination von VoIP und dem IP-TV System denkbar. So könnten SIP-Messages verwendet werden, um ankommende Anrufe auf dem TV-Bildschirm anzuzeigen.

9.2 Anforderungen an die Übertragungstechniken

Der Provider nutzt die für den Kunden hergestellte Breitbandverbindung für den Transport der „Triple Play“ Services zum Kunden. Wenn es sich um MPEG-2 kodierte Datenströme handelt, müssen pro User für IP-TV ca. 3,5 Mbps an Bandbreite sichergestellt werden.

Genau diese erforderliche Bandbreite ist ein Problem für das Kabelnetzwerk. Das CMTS kann nur eine fix festgelegte Gesamtbandbreite zur Verfügung stellen, welche sich alle, mit diesem CMTS verbundenen Kunden, teilen müssen. Diese Gesamtbandbreite liegt bei Euro-Docsis1.1 bei ungefähr 56 Mbps (siehe 5.2.2). Was wiederum für den Provider bedeutet, dass durch die hohen Bandbreiten für IP-TV weniger Kunden auf einem CMTS terminiert werden können. Um alle Kunden mit IP-TV versorgen zu können, muss daher das Kabelnetzwerk ausgebaut werden. Dies kann durch Erhöhung der Anzahl an CMTSen erfolgen. Die Kunden können dann auf diese zusätzlichen CMTSen aufgeteilt

werden. Am wichtigsten ist aber die Unterstützung von QoS. Daher sollten Euro-DOCSIS 1.1 oder 2.0 im Kabelnetz verwendet werden, da diese Standards QoS unterstützen.

ADSL könnte für die Erweiterung des Kabelnetzes des MSOs herangezogen werden. Neue Kunden, die die konvergenten „Triple Play“ Services beziehen wollen, werden dann, wenn sie nicht im Versorgungsbereich des bestehenden Kabelnetzes liegen, mittels ADSL angeschlossen. Der Vorteil der DSL-Technologie ist, dass theoretisch jeder Kunde mit den „Triple Play“ Services erreicht werden kann. Es wäre möglich neue Kunden durch die so genannte Entbündelung der Kupferdoppeladern zu gewinnen. Durch die Entbündelung werden aber zusätzliche Investitionen für den MSO nötig. Auch bei ADSL ist die Unterstützung von QoS besonders wichtig. Wie in den Punkten 5.1.4 und 5.1.5 erwähnt, gibt es unterschiedliche Access-Architekturen, auf die beim Serviceangebot von „Triple Play“ Rücksicht genommen werden muss. Durch den Overhead auf der ADSL-Line wird eine Bandbreite von mindestens 4 Mbps für IP-TV benötigt.

Die Glasfasertechnologie wird das Problem „nicht genug Bandbreite für alle“ bald beheben. FTTx ist für IP-TV und „Triple Play“ besonders geeignet, da die Reichweite mehr als doppelt so hoch ist als bei ADSL und Bandbreiten bis 1 Mbps möglich sind. Durch die Verwendung von Ethernet in der Local Loop können bekannte QoS- und Switching-Mechanismen für den Datentransport verwendet werden. Am besten eignen sich PON Netzwerke für die Erweiterung des Providernetzes. Für diese Netze sind keine aktiven Komponenten im Netzwerk notwendig und sie ermöglichen die größte Reichweite. Daher sollte der Provider bereits jetzt bei etwaigen Ausbauten des Kabelnetzwerkes die entsprechenden Leerverrohrungen für Glasfaserkabel mitverlegen.

HomePlug, HomePNA und MoCA sind Techniken für das Heimnetzwerk. In den derzeit am Markt erhältlichen Versionen sind sie noch nicht brauchbar für den Transport von „Triple Play“ Services. Doch in den kommenden Versionen könnten sie durchaus im Heimnetzwerk eine Alternative zu WLAN oder einer fixen Verkabelung darstellen. Besonders geeignet erscheint hier HomePlug AV und HomePNA 3.0. Sie sind einfach in ihrer Bedienung und Installation und sind vollkommen transparent für den Data Link Layer und den Network Layer. MoCA ist eine neuere Entwicklung welche ausreichend Bandbreite gewährleisten wird. Derzeit sind für diese Technik noch keine Endgeräte auf dem Markt erhältlich.

WLAN wird heute sehr gerne im Heimnetzwerk gebraucht. Durch die Einführung von QoS für WLAN kann ab nun die Qualität der Übertragung von „Triple Play“ Services

gewährleistet werden. Beim Kauf von WLAN-Equipment sollte unbedingt darauf geachtet werden, dass die Endgeräte WMM-Zertifiziert sind.

Für alle Übertragungstechniken gelten Bandbreite und QoS als wesentliche Anforderungen der „Triple Play“ Services. QoS muss von allen Übertragungstechniken zumindest auf dem Datalink Layer unterstützt werden. Durch die Verwendung von IP, können alle bekannten IP-QoS-Mechanismen (IntServ, DiffServ) angewendet werden. Besonders wichtig ist hier die Priorisierung der Daten in der Local Loop, denn diese bildet den Flaschenhals zwischen dem Heimnetzwerk des Kunden und dem Providernetzwerk.

9.3 Anforderungen an das Kundenequipment

Das Kundenequipment ist für die Nutzung von „Triple Play“ Services von entscheidender Bedeutung. Als Mindestanforderungen an das Kundenequipment gelten die in Kapitel 8 „Kundenequipment“ erklärten Funktionen. Besonders das Breitbandmodem sollte diese Funktionen unterstützen. Es wird in der Praxis, parallel zum Aufbau von „Triple Play“ im Provider-Netzwerk, auch eine Anpassung der Funktionen des Kundenequipments an die Anforderungen der „Triple Play“ Services geben müssen.

Funktionen, wie Webbrowser, müssen in speziellen Geräten wie in den STBen implementiert werden. Wird IP-TV über Kabel angeboten, dann könnte man auch eine STB verwenden, die einen Koaxialanschluss eingebaut hat. Für einen MSO wäre eine hybride Variante, also Koaxialanschluss und Ethernet-Anschluss auf der STB eine optimale Lösung. Diese Hybrid-Boxen wären für den MSO ein großer Vorteil, da er diese Box sowohl für ein auf Ethernet basierendes Heimnetzwerk, als auch für ein Kabel-Heimnetzwerk verwenden könnte.

Die im DSL Forum und in der CableHome Spezifikation vorgeschlagenen Funktionen des Heimnetzwerkes sollten als Richtlinien für das Heimnetzwerk und für das Kundenequipment berücksichtigt werden. Besonders die CableHome Spezifikation ist für den MSO von Bedeutung, da die Kabelnetzwerk-spezifischen Dienste und Konfigurationsprozesse dann auch im Heimnetzwerk angewendet werden könnten.

9.4 Fazit

Die in Punkt 7.5 „Varianten eines Heimnetzwerkes“ betrachteten Vorschläge konzentrieren sich vornehmlich auf die Verwendung von unterschiedlichen Techniken in der Local Loop und im Heimnetzwerk. Sie können aber als allgemeine Musterlösung herangezogen werden. Welche Endgeräte (Hersteller) zu verwenden sind, wird hier nicht näher beschrieben.

„Triple Play“ und vor allem „Triple Play“ Konvergenz eröffnet dem Provider neue Möglichkeiten das Average Revenue per User (ARPU) wieder anzuheben. Fakt ist, dass alle drei Bereiche („Triple Play“ Dienste, Übertragungstechnik in der Local Loop und im Heimnetzwerk, sowie die Funktionen des Kundenequipments) zusammenspielen. Abhängig von den angebotenen Diensten sind wiederum die Anforderungen an die Access-Technologie, an das Heimnetzwerk und das Kundenequipment. Dies kann natürlich auch in der anderen Richtung gesehen werden. Ist die maximale Auslastung des Breitband-Netzes erreicht, können manche Dienste nicht mehr angeboten werden. Gelingt es dem Provider alle, in dieser Arbeit aufgezeigten, Technologien, Protokolle, Services und Endgeräte für die „Triple Play“ Services zu vereinen, dann kann „Triple Play“ eine große Chance für ihn sein, die Einnahmen wieder zu erhöhen. Dabei muss aber beachtet werden, dass die Grundgebühren für die Services für den Kunden erschwinglich bleiben. Die notwendigen Erweiterungen der Netzwerkinfrastruktur (Netzwerk, Support, etc.) verursachen aber auch zusätzliche Kosten die bei der Preisgestaltung berücksichtigt werden müssen.

Durch das enge Zusammenwirken dieser drei Bereiche ist ein umfassendes Management notwendig. Die Funktionalität des Kundenequipments ist von entscheidender Bedeutung. Daher muss der Provider mit dem Management weiter in das Heimnetzwerk des Kunden vordringen. Solche Möglichkeiten sind bereits in der CableHome Spezifikation von CableLabs vorgesehen. Der MSO sollte für seine Dienste geeignetes Enduserequipment dem Kunden beim Kauf der Services mit anbieten. Dadurch kann die Verfügbarkeit der Dienste besser sichergestellt werden.

Anhang A: Literatur- und Quellenverzeichnis

[Arthur D. Little]

Arthur D. Little Global Management Consulting GmbH: <http://www.adlittle.at/>

[CableHome Projekt]

CableHome Projekt: <http://www.cablelabs.com/projects/cablehome/>

[CableHome 1.1, 2005]

CableHome Spezifikation 1.1, 8. April 2005: *CH-SP-CH1.1-I08-050408*
<http://www.cablelabs.com/projects/cablehome/downloads/specs/CH-SP-CH1.1-I08-050408.pdf>

[CableLabs]

Cable Television Laboratories, Inc. (CableLabs): <http://www.cablelabs.com>

[DAB, 2001]

ETSI EN 300 401 v.1.3.3 (2001-05): *Radio Braodcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB)to mobile, portable and fixed receivers*
DAB, 15. Mai 2001

[DOCSIS]

Data over Cable Service Interface Spezifikation: <http://www.cablemodem.com>

[DOCSIS 1.0, 2002]

Society of Cable Telecommunications Engineers: *Data over Cable Service Interface Specification DOCSIS 1.0 Radio Frequency Interface ANSI7SCTE 22-1 2002*
<http://www.scte.org/documents/pdf/ANSISCTE2212002DSS0205.pdf>
22. Jänner 2002

[DOCSIS 1.1 QoS, 2003]

CableLabs: *Data over Cable Service Interface Specification DOCSIS 1.1 Radio Frequency Interface Specification SP-RF1v1.1-I10-030730*
<http://www.cablemodem.com/downloads/specs/SP-RF1v1.1-I10-030730.pdf>
30. Juli 2003

[DOCSIS 2.0, 2002]

CableLabs: *Data over Cable Service Interface Specifications; Radio Frequency Interface Specification; SP-RF1v2.0-I08-050408*
<http://www.cablemodem.com/downloads/specs/CM-SP-RF1v2.0-I08-050408.pdf>
Revision03, 8. April 2005

[DOCSIS Layer, 1999, S. 5]

DOCSIS Protokollschichten:
http://www.cable-modems.org/standards/DOCSIS/DOCSIS_DVB-RC_comparison.pdf
CableLabs 1999

[DOCSIS ROADMAP, 2002]

Data over Cable Service Interface Specification, Roadmap DOCSIS:
<http://www.cablemodem.com/downloads/slideshow.ppt>
CableLabs, DOCSIS Team 2002

[DSL Forum]

DSL Forum: <http://www.dslforum.org/>

[DSL Forum, Tutorial]

DSL Tutorial: http://dslforum.org/about_dsl.htm?page=aboutdsl/IForums.html

[DSL Forum TR-001, 1996]

Technical Report TR-001: *ADSL Forum System Reference Model*
http://dslforum.org/aboutdsl/Technical_Reports/TR-001.pdf
DSL Forum, May 1996

[DSL Forum TR-040, 2001].

Technical Report TR-040: *Aspects of VDSL Evolution*
http://dslforum.org/aboutdsl/Technical_Reports/TR-040.pdf
DSL Forum, Juni 2001

[DSL Forum TR-059, 2003].

Technical Report TR-059: *DSL Evolution – Architecture Requirements for the Support of QoS-Enabled IP Services*
http://dslforum.org/aboutdsl/Technical_Reports/TR-059.pdf
DSL Forum, September 2003

[DSL Forum TR-094, 2004]

Technical Report TR-094: *Multi-Service Delivery Framework for Home Networks*
http://www.dslforum.org/aboutdsl/Technical_Reports/TR-094.pdf
DSL Forum, August 2004

[DSL Forum WP, 2003]

White Paper: *ADSL2 and ADSL2plus – The New ADSL Standards*
http://www.dslforum.org/about_dsl.htm?page=aboutdsl/dsl_resources.html
DSL Forum, März 2003

[Durkin, 2003]

Fames F. Durkin: *Voice-Enabling the Data Network: H.323, MGCP, SIP, QoS, SLAs, and Security*
CISCO Press 2003, Indianapolis

[Dusch, 2002]

Dipl.-Ing. Edith Dusch: *Internet Telefonie – VoIP*
http://www.it-academy.cc/content/article_browse.php?ID=520
17. Juli 2002

[DVB Consortium]

Digital Video Broadcasting Consortium: <http://www.dvb.org/>

[DVB-C, 1998]

ETSI EN 300 429 v.1.2.1 (1998-04): *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for cable systems*
DVB-C, 22. April 1998

[DVB-H, 2004]

ETSI EN 302 304 v.1.1.1 (2004-11): *Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for handheld Terminals (DVB-H)*
DVB-H, 4. November 2004

[DVB-S, 1997]

ETSI EN 300 421 v.1.1.2 (1997-08): *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services*
DVB-S, 13. August 1997

[DVB-T, 1997]

ETSI EN 300 744 v.1.5.1 (2004-11): *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*
DVB-T, 4. November 2004

[DVB MHP, 2000]

ETSI TS 102 812 v.1.2.1 (2003-06): *Digital Video Broadcasting (DVB); Multimedia Home Plattform (MHP) Specification 1.1.1*
MHP, 30. juni 2003

[DVB SI, 2004]

ETSI EN 300 468 v.1.6.1 (2004-11): *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB Systems*
SI, 4. November 2004

[Elektronik Business, 2003]

Elektronik Business: *Version 3.0 of HomePNA Standard Reaches Final Form*
Artikel: Mark Long; 6.5.2003
<http://www.reed-electronics.com/eb-mag/index.asp?layout=article&articleid=CA303327&spacedesc=news>

[EFMA Copper, 2004]

Ethernet in the First Mile Alliance: *EFM Copper (EFMC) Tutorial*
http://www.efmalliance.org/whitepapers/EFMC_Tutor_V4.pdf
White Paper, Version 4, Juni 2004

[EFMA Fiber, 2004]

Ethernet in the First Mile Alliance: *Ethernet in the First Mile over Point-to-Point Fiber (EFMF) Tutorial*
http://www.efmalliance.org/whitepapers/EFM_Optical_Tutorial.pdf
White Paper, Februar 2004

[EFMA, 2004]

Ethernet in the First Mile Alliance: <http://www.efmalliance.org>

[Enterasys, White Paper]

Enterasys, *Secure Networks: Wireless LAN und Konvergenz*
http://www.enterasys.com/de/products/whitepapers/securenetworks_wlan_de.pdf
Markus Nispel, White Paper

[EPON, 2004]

Ethernet in the First Mile Alliance: *Ethernet passive optical Network (EPON) Tutorial*
http://www.efmalliance.org/whitepapers/EPON_Tutor_V4.pdf
White Paper, Version 4, Juni 2004

[ETSI]

European Telecommunications Standardisation Union: <http://www.etsi.org/>

[Euro-DOCSIS 1.0]

tComLabs; Euro-DOCSIS: <http://www.tcomlabs.com/About/index.htm>

[Euro-DOCSIS Frequency, 2000]

tComLabs: *Document for the Certification of EuroDoCSIS CMs and CMTSs*
http://www.tcomlabs.com/Euro-DOCSIS/documents/Euro-DOCSIS_spec.pdf
Endgültige Version 3.3, 19. Mai 2000

[Ginsburg, 1999]

David Ginsburg: *Implementing ADSL*
Addison-Wesley 1999, Massachusetts

[HES]

ACTIVITY Media Center; Fujitsu Siemens:
http://www.fujitsu-siemens.de/products/entertainment/media_centers/activy_media_center.html

[HomePlug]

HomePlug Powerline Alliance: <http://www.homeplug.org/en/index.asp>

[HomePlug AV, Artikel]

HomePlug Powerline Alliance, Artikel: *Coming soon to your TV: HomePlug AV*
http://www.homeplug.org/en/products/experience_page2.asp

[HomePlug, White Paper]

HomePlug Powerline Alliance:
http://www.homeplug.org/en/docs/HP_1.0_TechnicalWhitePaper_FINAL.pdf

[HomePNA]

Home Phoneline Networking Alliance: <http://www.homepna.org>

[HomePNA 2.0, 2000]

Home Phoneline Networking Alliance: *Connecting the Home with a Phone Line Network Chipset*
<http://www.homepna.org/docs/paper500.pdf>
Edward H. Frank, Jack Holloway, April 2000

[Home Networking Depot]

Home Networking Depot, HomePNA over Coax Adapter:
<http://www.homenetworkingdepot.com/html/file04/network/homenet/adapter/hpna/adapter.frame.html>

[IDATE, 2005]

IDATE: Report: *Is FTTx taking off?*
http://www.idate.org/pages/download.php?id=226&rub=news_telech&nom=343
[IDATE news FTTx Uk.pdf](#)
Alain Puissochet, Februar 2005

[IEEE]

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE):

<http://www.ieee.org/portal/site/mainsite/menuitem.e0007c26eb2a454de38570e85bac26c8/index.jsp?&pName=home>

[IEEE 802.1d, 2004]

IEEE Standard for local and metropolitan area networks: *802.1D – Medium Access Control (MAC) Bridges*

IEEE 2004, Revision of IEEE Std 802.1d-1998

[IEEE 802.1q, 1998]

IEEE Standard for local and metropolitan area networks: *802.1Q – Virtual Bridged Local Area Networks*

IEEE 1998

[IEEE 802.3ah, 2004]

IEEE: *802.3ah*: <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/ah/index.html>

7. September 2004

[IEEE 802.11e]

IEEE: *802.11e*: <http://www.ili-info.com/ieee802drafts/index.shtml>

[Lamy, White Paper]

Michael Lamy, Chief System Architect, ADTRAN Enterprise Networks Division
Whitepaper: *A Description of MGCP and SIP*

<http://www.adtran.com/adtranpx/Doc/0/FK9QDDQQPRAH39QU038BE81ID8/FK9QDDQQPRAH39QU038BE81ID8.pdf>

[MHP]

MHP Forum: <http://www.mhp-forum.de/>

[MoCA 1]

Multimedia over Coax Alliance

<http://www.mocalliance.org/en/index.asp>

[MoCA 2, 2004]

Patrick Donovan, Ucentric Systems, White Paper: *Networking the digital Home*

<http://www.hometoys.com/htinews/oct04/articles/ucentric/networking.htm>

2004

[PacketCable, 2004]

PacketCable, PKT-SP-EC-MGCP-I10-040402: *Network-Based Call Signalling Protocol Specification*

<http://www.packetcable.com/downloads/specs/PKT-SP-EC-MGCP-I10-040402.pdf>

2. April 2004

[PacketCable ISTP, 2002]

PacketCable: *Network-Based Call Signalling Protocol Specification, PKT-SP-ISTP-I02-011221*

<http://www.packetcable.com/downloads/specs/PKT-SP-ISTP-I02-011221.pdf>

21. Dezember 2001

[PacketCable Multimedia]

PacketCable Multimedia: *PacketCable Multimedia Architecture Framework Technical Report, PKT-TR-MM-ARCH-V01-030627*
<http://www.packetcable.com/downloads/specs/PKT-TR-MM-ARCH-V01-030627.pdf>
26. Juni 2003

[PacketCable TGCP, 2004]

PacketCable: *Network-Based Call Signalling Protocol Specification; PKT-SP-TGCP-I19-040723*
<http://www.packetcable.com/downloads/specs/PKT-SP-TGCP-I09-040723.pdf>
4. Juli 2004

[PON Forum]

The Passive optical Network Forum: <http://www.ponforum.org/default.asp>

[Pressetext Austria, 2005]

Pressetext Austria, Artikel 18.März 2005:
<http://www.presetext.at/pte.mc?pte=050318010>

[Rech, 2004]

Jörg Rech: *Wireless LANs: 802.11-WLAN-Technologie und praktische Umsetzung im Detail*
Heinz Heise Verlag, 1. Auflage 2004

[RFC 2246]

The TLS Protocol Version 1.0: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2246.html>

[RFC 2327]

SDP: Session Description Protocol: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2327.html>

[RFC 2401]

RFC 2401 - Security Architecture for the Internet Protocol:
<http://www.faqs.org/rfcs/rfc2401.html>

[RFC 2409]

The Internet Key Exchange (IKE): <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2409.html>

[RFC 2516, 1999]

PPPoE: RFC 2516 - A Method for Transmitting PPP Over Ethernet (PPPoE)
<http://www.faqs.org/rfcs/rfc2516.html>
L. Mamakos, K. Lidl, J. Evarts, D. Carrel, D. Simone, R. Wheller, Februar 1999

[RFC 2543]

SIP: Session Initiation Protocol: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2543.html>

[RFC 2617]

HTTP Authentication: Basic and Digest Access Authentication:
<http://www.faqs.org/rfcs/rfc2617.html>

[RFC 2684, 1999]

RFC 2684 - Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5
<http://www.faqs.org/rfcs/rfc2684.html>
D.Grossmann, J. Heinanen; September 1999

[RFC 2705]

Media Gateway Control Protocol (MGCP) Version 1.0:

<http://www.faqs.org/rfcs/rfc2705.html>

[RFC 2748]

The COPS (Common Open Policy Service) Protocol:

<http://www.faqs.org/rfcs/rfc2748.html>

[RFC 2974]

Session Announcement Protocol: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2974.html>

[RFC 3015, 2000]

Megaco Protocol Version 1.0: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc3015.html>

F. Cuervo, N. Greene, A. Rayhan, C. Huitema, B. Rosen, J. Segers; November 2000

[RFC 3261]

SIP: Session Initiation Protocol: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc3261.html>

[RFC 3262]

Reliability of Provisional Responses in Session Initiation Protocol (SIP):

<http://www.faqs.org/rfcs/rfc3262.html>

[RFC 3263]

Session Initiation Protocol (SIP): Locating SIP Servers

<http://www.faqs.org/rfcs/rfc3263.html>

[RFC 3264]

An Offer/Answer Model with Session Description Protocol (SDP):

<http://www.faqs.org/rfcs/rfc3264.html>

[RFC 3311]

The Session Initiation Protocol (SIP) UPDATE Method

<http://www.faqs.org/rfcs/rfc3311.html>

[RFC 3312]

Integration of Resource Management and Session Initiation Protocol (SIP)

<http://www.faqs.org/rfcs/rfc3312.html>

[RFC 3329]

Security Mechanism Agreement for the Session Initiation Protocol (SIP)

<http://www.faqs.org/rfcs/rfc3329.html>

[RFC 3515]

The Session Initiation Protocol (SIP) Refer Method

<http://www.faqs.org/rfcs/rfc3515.html>

[RFC 3665]

Session Initiation Protocol (SIP) Basic Call Flow Examples

<http://www.faqs.org/rfcs/rfc3665.html>

[RTR1, 2003]

Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH: *Digitalisierungskonzept zur Einführung von digitalem terrestrischem Fernsehen in Österreich*
[http://www.rtr.at/web.nsf/lookuid/12C7078912A7FE8BC1256FFC004C6145/\\$file/Digitalisierungskonzept.pdf](http://www.rtr.at/web.nsf/lookuid/12C7078912A7FE8BC1256FFC004C6145/$file/Digitalisierungskonzept.pdf)
Dezember 2003

[RTR2, 2004]

Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH: *Projektstartbericht für den DVB-T-Testbetrieb in Graz 2004*
http://www.rtr.at/web.nsf/deutsch/Portfolio_Berichte_nach%20Kategorie_Berichte_PjektStartberichtGraz?OpenDocument
Mai 2004

[Schmidt, 2000, S.160]

Ulrich Schmidt: *Professionelle Videotechnik*
Springer Verlag 2000, 2. aktualisierte und erweiterte Auflage, Berlin Heidelberg

[Tanenbaum, 2003]

Andrew S. Tanenbaum: *Computer Networks*
Pearson Education International 2003, 4. Auflage, New Jersey

[Trick/Weber, 2004]

Ulrich Trick/Frank Weber: *SIP, TCP/IP und Telekommunikationsnetze*
Oldenbourg Verlag 2004, München

[UPnP]

Universal Plug and Play Forum: <http://www.upnp.org/>

[Wi-Fi Alliance, 2004]

Wi-Fi Multimedia: *Wi-Fi CERTIFIED for WMM – Support for Multimedia Applications with Quality of Service in Wi-Fi Networks*
http://www.wi-fi.org/OpenSection/pdf/WMM_QoS_whitepaper.pdf
White Paper, September 2004

[Wikipedia, 2005]

Wikipedia, Multiplexverfahren: <http://de.wikipedia.org/wiki/Multiplexverfahren>

[WWW 01]

DVB-T Das Überall Fernsehen: <http://www.ueberall-tv.de/1home/UeF-home.htm>

Anhang B: Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Breitbandzuwachs 2003 auf 2004: 36% [vgl. Presstext Austria, 2005].....	9
Abbildung 1-2: Umsätze 2003 bis 2004: 18% [vgl. Presstext Austria, 2005]	10
Abbildung 1-3: „Triple Play“ Schichtenmodell	11
Abbildung 3-1: H.323 Protokoll Stack	27
Abbildung 3-2: SIP Protokoll Stack	30
Abbildung 3-3: SIP Three-Way-Handshake	31
Abbildung 3-4: SIP Registrierungsprozess	33
Abbildung 3-5: SIP Presence	37
Abbildung 5-1: ADSL - CAP Frequenzspektrum	47
Abbildung 5-2: ADSL - DMT Frequenzspektrum (ohne ISDN).....	48
Abbildung 5-3: ADSL - DMT Frequenzspektrum (mit ISDN).....	48
Abbildung 5-4: ADSL Architektur	50
Abbildung 5-5: ATM Layer	51
Abbildung 5-6: ADSL - Single Circuit Architektur	53
Abbildung 5-7: ADSL - Multi Circuit Architektur	54
Abbildung 5-8: DOCSIS Referenz Modell	55
Abbildung 5-9: Frequenzspektrum Euro - DOCSIS	56
Abbildung 5-10: DOCSIS Schichtenmodell [vgl. DOCSIS Layer, 1999, S. 5]	58
Abbildung 5-11: MGCP/NCS Signalisierung und RTP-Mediatransport.....	61
Abbildung 5-12: IDATE Forecast FTTH [IDATE, 2005].....	61
Abbildung 5-13: Globale Ethernet Standards [vgl. EFM Fiber, 2004]	64
Abbildung 5-14: Ethernet in the First Mile Fiber	65
Abbildung 5-15: Passiv optical Network.....	66
Abbildung 5-16: PON Downstream Kontrolle	68
Abbildung 5-17: PON Upstream Kontrolle	68
Abbildung 6-1: 802.11e Interframe Spaces [vgl. Rech, 2004, S. 233]	71
Abbildung 7-1: DSL Forum - Heimnetzwerk [vgl. DSL Forum TR-094, 2004].....	78
Abbildung 7-2: DSL Forum - Digital Video im Heimnetzwerk.....	79
Abbildung 7-3: DSL Forum - Breitbandterminierung [vgl. DSL Forum TR-094, 2004]	79
Abbildung 7-4: CableHome Konzept (Version 1.1) [vgl. CableHome 1.1, 2005, S21]	83
Abbildung 7-5: CableHome Portal Service Funktionen.....	85
Abbildung 7-6: CableHome Messaging Interface Model [vgl. CableHome 1.1, 2005, S. 30]	87
Abbildung 7-7: Multimedia over Coax [vgl. MoCA 2, 2004].....	89
Abbildung 7-8: HomePlug AV im Heimnetzwerk.....	92
Abbildung 7-9: HomePNA im Heimnetzwerk	94
Abbildung 7-10: HomePlug und HomePNA (Access: FTTx, Kabel, ADSL Single-Circuit)	96
Abbildung 7-11: HomePlug und HomePNA (Access: ADSL Multi-Circuit).....	97
Abbildung 7-12: HomePlug und HomePNA (Access: ADSL Multi-Circuit; Vlan-tagging)....	98

Anhang C: Tabellenverzeichnis

Tabelle 5-1: ADSL Standards und maximale Datenraten	49
Tabelle 5-2: Euro-DOCSIS Bitraten im Upstream.....	57
Tabelle 6-1: 802.1d Priority und 802.11e AC [vgl. Enterasys, White Paper].....	71

Anhang D: Danksagung

Zu Beginn möchte ich mich bei der **Firma LIWEST Kabelmedien GmbH** bedanken, die mir dieses Diplomarbeitsthema während meines, hier absolvierten, Praktikums angeboten hat. Während der Durchführung dieser Diplomarbeit fand ein außerordentlich intensiver Gedankenaustausch zwischen der Firma Liwest und mir statt. Ferner möchte ich mich für die Nutzung ihrer technischen Unterlagen über Kabelnetzwerktechnik und Glasfasertechnik bedanken.

Besonders bedanken möchte ich mich bei meinem Betreuer, **Herrn Prokurist Riedl Hubert**, der für mich jederzeit erreichbar war und mich mit zahlreichen Unterlagen und Ratschlägen tatkräftig unterstützte.

Des Weiteren möchte ich meinen **Kollegen** bei der Firma Liwest für ihre Unterstützung durch ihr Wissen und durch ihre praktische Erfahrung danken.

Ein herzlicher Dank geht an meine Eltern, **Ingrid** und **Franz Palme**, sowie an meine Freundin **Marina Dirl**, die mich während meiner Ausbildung und der Durchführung der Diplomarbeit in jeglicher Hinsicht unterstützten und somit einen wesentlichen Beitrag, für meinen erfolgreichen Abschluss, leisteten.

Glossar

ASCII

= American Standard Code of Information Interchange; ASCII ist ein Standardsystem zur Zeichenkodierung für die Darstellung von Buchstaben, Ziffern und Sonderzeichen in normaler Schriftsprache.

ATM

= Asynchronous Transfer Mode; ATM ist ein asynchrones Datenübertragungssystem, das auf Zellen mit fixer Größe aufbaut.

CableLabs

CableLabs ist eine Standardisierungseinrichtung für verschiedene Techniken im Kabelnetzwerk. Diese Einrichtung ist verantwortlich für die Festlegung von DOCSIS, PacketCable und CableHome.

CableHome

CableHome ist ein von CableLabs festgelegter Standard für das Management von Equipment im Heimnetzwerk.

CDMA

= Code Division Multiple Access; CDMA ist eine spezielle Technik zum Codieren des Nutzsignals. Dadurch können mehrere Systeme gleichzeitig im gleichen Frequenzband senden und empfangen.

CMS

= Call Management Server; Steuert die Signalisierung für den Aufbau eines VIP-Telefonates.

CMTS

= Cable Modem Termination System; Das CMTS ist die zentrale Steuereinheit im Headend des Kabelnetzwerkbetreibers. Es verbindet das Kabelnetzwerk mit dem Internet.

CPE

= Customer Premises Equipment; Ist das Netzwerkequipment, welches beim Kunden zu Hause benötigt wird, um Services empfangen zu können.

CSMA/CD

= Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection; CSMA/CD ist eine Zugriffsmethode verschiedener Stationen auf ein gemeinsames Übertragungsmedium.

DAB

= Digital Audio Broadcasting; DAB beschreibt einen neuen digitalen terrestrischen Hörfunk-Übertragungsstandard.

DOCSIS

= Data over Cable Service Interface Specification; DOCSIS ist ein Standard für die Übertragung von Daten im Kabelnetzwerk. Wurde mit Euro-DOCSIS für den Europäischen Markt spezifiziert.

DSL

= Digital Subscriber Line; Digitaler Breitbandinternet Anschluss. Kann in verschiedenen Versionen ausgeführt werden.

DSLAM

= Digital Subscriber Line Access Multiplexer; Im DSLAM laufen die DSL-Kupferleitungen der User zusammen. Er ist der Schnittpunkt zwischen Providernetz und der Local Loop.

DVB

= Digital Video Broadcasting; DVB ist ein Standard für die digitale Übertragung von Video,- Audio- und Data im Fernsehen. DVB kann über Satellit, Kabel oder terrestrisch ausgestrahlt werden.

EFM

= Ethernet in the First Mile; Bei dieser Technik wird Ethernet für die Datenübertragung über Glasfaserkabel in der Local Loop genutzt.

FTTH

= Fiber to the Home; Realisierung der Local Loop durch Glasfaserverbindungen.

Headend

Als Headend wird die Gesamtheit der Kontrollelemente in einer Zentralen Station des Kabelnetzbetreibers bezeichnet.

HES

= Home Entertainment Systeme; Sind Systeme die meist zusammen mit DVB verwendet werden. Sie kombinieren zahlreiche Funktionen, um das Fernsehvergnügen zu steigern.

HomePlug

HomePlug ist ein Standard für Inhaus-Powerline. Ist die Datenübertragung über die Stromverkabelung des Wohnbereiches.

HomePNA

= Home Phoneline Networking Alliance; HomePNA beschreibt einen Standard für die Datenübertragung über die Telefonkabel im Wohnbereich.

IEEE

= Institute of Electrical and Electronics Engineers; Internationaler Fachverband für die Standardisierung von Netzwerktechnologien.

IETF

Internationale Vereinigung von Netzwerktechnikern, Herstellern und Anwendern. Diese Vereinigung ist für Vorschläge zur Standardisierung des Internets zuständig.

IP-TV

= Internet Protocol Television; Die Übertragung von Fernsehprogrammen über das Internet Protokoll inklusive zusätzlicher Funktionen und Services.

ITSP

= Internet Telephony Service Provider; Service Provider der Internet-Telefonie (VoIP) anbietet.

ITU

= International Telecommunication Union; Organisation die sich mit der Spezifikation von Techniken in der Telekommunikation auseinandersetzt.

MoCA

= Multimedia over Coax Alliance; Ist eine Gruppe die gegründet wurde um Spezifikationen für die Übertragung von Multimedia über die Koaxialverkabelung des Wohnbereiches zu festzulegen.

MPEG

= Motion Picture Expert Group; Standard für die Video- und Audiokompression, sowie für das Format und die Übertragung der komprimierten Daten.

MTA

= Media Termination Adapter; Dieser Begriff kommt aus dem Kabelnetzwerktechnik und bestimmt ein physikalisches Endgerät das analoge Sprache in paketorientierte Sprache (VoIP) umsetzt.

OSI

= Open Systems Interconnection; Das OSI-Modell ist ein Schichtenmodell für Netzwerktechnologien. Es ist die Grundlage für eine Reihe von herstellerunabhängigen Netzwerkprotokollen.

PacketCable

PacketCable ist ein von CableLabs festgelegter Standard für VoIP in Kabelnetzwerken.

PON

= Passive Optical Network; Datennetzwerk vom Provider bis zum Kunden über Glasfaserkabel. In diesem Netzwerk werden keine Komponenten, die eine Stromversorgung benötigen und keine aktiven Komponenten verwendet.

POP

= Point of Presence; POP ist der logische Name für einen Einwahlknoten eines Providers.

RTR

= Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH; Regulierungsbehörde in Österreich für Techniken und Entwicklungen auf dem Gebiet Rundfunk, Telekommunikation und Elektronische Signaturen

UPnP

= Universal Plug and Play; basiert auf standardisierten Netzwerkprotokollen und dient zu Herstellerübergreifenden Steuerung und Konfiguration des Kundenequipments.

VoIP

= Voice over Internet Protocol; Paketorientierte Sprachkommunikation über das Internet Protokoll.

Abkürzungsverzeichnis

A

AAA

= Authentification, Authorization, Accounting

AAL5

= ATM Adaptation Layer 5

AC

= Access Category

ADSL

= Asynchronous Digital Subscriber Line

AIFS

= Arbitration Inter Frame Space

AP

= Access Point

A-PON

ATM-Passive Optical Network

ARQ

= Automatic Repeat Request

ASCII

= American Standard Code of Information Interchange

ATM

= Asynchronous Transfer Mode

B

BE

= Best Effort

BP

= Boundary Point

B-PON

= Broadband-Passive Optical Network

BK

= Background

BRAS

= Broadband Remote Access Server

C

CA

= Conditional Access

CAP

= Carrierless Amplitude and Phase (ADSL)

CAP

= CableHome Addressing Portal (CableHome)

CDP

= CableHome DHCP Portal

CDMA

= Code Division Multiple Access

CFP

= Contention Free Period

CI

= Common Interface

CL

= Controlled Load

CM

= Cable Modem

CMP

= CableHome Management Portal

CMS

= Call Management Server

CMTS

= Cable Modem Termination System

CNP

= CableHome Naming Portal

CO

= Central Office

COFDM

= Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing

COPS

= Common Open Policy Service

CP

= Contention Period

CPE

= Customer Premises Equipment

CSP

= CableHome Security Portal

CSMA/CD

= Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection

CWDM

= Coarse Wavelength Division Multiplexing

D

DAB

= Digital Audio Broadcasting

DBA

= Dynamic Bandwidth Assignment

DCF

= Distribution Coordination Function

DHCP

= Dynamic Host Configuration Protocol

DIFS

= Distributed Inter Frame Space

DMT

= Discrete Multitone

DOCSIS

= Data over Cable Service Interface Specification

D-QoS

= Dynamic-Quality of Service

DQPSK

= Differential Quadrature Phase Shift Keying

DSL

= Digital Subscriber Line

DSL-AC

= DSL-Access Concentrator

DSLAM

= Digital Subscriber Line Access Multiplexer

DVB-C

= Digital Video Broadcasting-Cable

DVB-S

= Digital Video Broadcasting-Satellite

DVB-T

= Digital Video Broadcasting-Terrestrial

DWDM

= Dense Wavelength Division Multiplexing

E

EC

= Echo Cancellation

EDCA

= Enhanced Distribution Channel Access

EDCF

= Enhanced Distribution Coordination Function

EE

= Excellent Effort

EFMC

= Ethernet in the First Mile Copper

EFMC LR

= Ethernet in the First Mile Copper Long Reach

EFMC SR

= Ethernet in the First Mile Copper Short Reach

EFMF

= Ethernet in the First Mile Fiber

EIFS

= Extended Inter Frame Space

EIT

= Event Information Table

EPG

= Electronic Program Guide

EPON

= Ethernet Passive optical Network

ETSI

= European Telecommunications Standards Institute

F

FDM

= Frequency Division Multiplexing

FDMA

= Frequency Division Multiple Access

FEC

= Forward Error Correction

FSAN

= Full Service Access Network

FTTH

= Fiber to the Home

FTTP

= Fiber to the Premises

FTTB

= Fiber to the Building

FW

= Fire Wall

G

GCP

= Gateway Control Protocol

G-PON

= GigaBit-Passive Optical Network

G.SHDSL

= Global Standard for Single-Pair High Data Rate Digital Subscriber Line

H

HC

= Hybrid Coordinator

HCCA

= Hybrid Controlled Channel Access

HCF

= Hybrid Coordination Function

HDTV

= High Definition Television

HomePNA

= Home Phoneline Networking Alliance

HES

= Home Entertainment System

HFC

= Hybrid Fiber Coax

HTTP

= Hyper Text Transfer Protocol

I

IEEE

= Institute of Electrical and Electronics Engineers

IETF

= Internet Engineering Task Force

IFS

= Inter Frame Space

IKE

= Internet Key Exchange

IP

= Internet Protocol

IP-TV

= Internet Protocol Television

IPDC

= Internet Protocol Device Control

IPsec

= Internet Protocol, Security

ISDN

= Integrated Services Digital Network

ITSP

= Internet Telephony Service Provider

ITU

= International Telecommunication Union

J

K

L

LAN

= Local Area Network

LARQ

= Limited Automatic Repeat Request

LDAP

= Lightweight Directory Access Protocol

LWL

= Lichtwellenleiter

M

MAC

= Medium Access Control

MC

= Multicast

MCU

= Multipoint Control Protocol

MDCP

= Media Device Control Protocol

MeGaCo

= Media Gateway Control

MER

= MAC Encapsulation Routing

MGC

= Media Gateway Controller

MGCP

= Media Gateway Control Protocol

MHP

= Multi Home Platform

MMF

= Multi Mode Fiber

MoCA

= Multimedia over Coax Alliance

MPCP

= Multi Point Control Protocol

MPEG

= Motion Picture Expert Group

MPEG-TS

= Motion Picture Expert Group- Transport Stream

MSO

= Multi Service Operator

MTA

= Media Termination Adaptor

N

NAT

= Network Address Translation

NC

= Network Control

NCS

= Network-based Call Signaling

O

OFDM

= Orthogonal Frequency Division Multiplexing

OLT

= Optical Line Termination

ONT

= Optical Network Termination

ONU

= Optical Network Unit

OSI

= Open Systems Interconnection

P

PAL

= Phase Alternate Line

PCF

= Point Coordination Function

PIFS

= Point Inter Frame Space

PKI

= Public Key Infrastructure

PMM

= PacketCable Multimedia

PON

= Passive optical Network

POTS

= Plain Old Telephone Service

POP

= Point of Presence

PPM

= Pulse Position Modulation

PPP

= Point to Point Protocol

PPPoA

= Point-to-Point over ATM

PPPoE

= Point-to-Point over Ethernet

PS

= Portal Service

PSTN

= Public Switched Telefon Network

PVC

= Permanent Virtual Circuit

PVR

= Personal Video Recorder

Q

QAM

= Quadrate Amplitude Modulation

QBSS

= QoS-Basic Service Set

QFM

= QoS Forwarding and Media Access

QM

= QoS Manager

QoS

= Quality of Service

QPS

= QoS Policy Server

QPSK

= Quadrate Phase Shift Keying

R

RADIUS

= Remote Authentication Dial-In User Service

RAS

= Registration, Admission, Status

RFC

= Request for Comment

RG

= Routing Gateway

RSVP

= Resource Reservation Protocol

RTCP

= Real Time Control Protocol

RTP

= Real Time Protocol

RTR

= Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH

S

SAP

= Session Announcement Protocol

S-CDMA

= Synchronous Code Division Multiple Access

SDH

= Synchronous Digital Hierarchy

SDP

= Session Description Protocol

SF

= Service Flow

SG

= Service Gateway

SGCP

= Simple Gateway Control Protocol

SHDSL

= Single-Pair High Data Rate Digital Subscriber Line

SI

= Service Information

SIFS

= Short Inter Frame Space

SIP

= Session Initiation Protocol

SIT

= Service Information Table

SLA

= Service Level Agreement

SMF

= Single Mode Fiber

SMTP

= Simple Mail Transfer Protocol

SNMP

= Simple Network Management Protocol

SNR

= Signal Noise Ratio

SOAP

= Simple Objekt Access Protocol

STM

= Synchronous Transfer Mode

STB

= Set Top Box

T

TC

= Traffic Class

TCP

= Transmission Control Protocol

TDM

= Time Division Multiplexing

TDMA

= Time Division Multiple Access

TFTP

= Trivial File Transport Protocol

TLS

= Transport Layer Security

TOCOF

= Telecom over Cable Operator Forum

TS

= Time Shift

TXOP

= Transmission Opportunity

TXT

= Teletext

U

UA

= User Agent

UAC

= User Agent Client

UAS

= User Agent Server

UDP

= User Datagram Protocol

UGS

= Unsolicited Grant Service

UMTS

= Universal Mobile Telecommunication System

UPnP

= Universal Plug and Play

URI

= Uniform Resource Identifier

UTF

= Unicode Transformation Format

V

VDSL

= Very High speed Digital Subscriber Line

VLAN

= Virtual Local Area Network

VOD

= Video on Demand

VoIP

= Voice over Internet Protocol

VPS

= Video Program System

W

WAN

Wide Area Network

WDM

= Wavelength Division Multiplexing

WiFi

= Wireless Fidelity

WLAN

= Wireless Local Area Network

WLL

= Wireless Local Loop

WMM

= WiFi Multimedia

X

XML

= Extensible Markup Language

Y

Stichwortverzeichnis

A

AAA	29
AAL5	51
AC	70
ADSL 11, 12, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 80, 81, 96, 97, 102	
ADSL2	48
ADSL2+	48, 49
AIFS	71
A-PON	67
ASCII	14, 30, 120
ATM	50, 51, 53, 64, 67, 80, 81

B

Boundary Point	84
B-PON	67
BRAS	53

C

CAP	85
Carrierless Amplitude and Phase (CAP)	47
CDMA	58, 120
CDP	60, 85
CFP	70, 72
CMP	85
CMS	60, 61, 120
CMTS	55, 56, 58, 59, 105, 120
CNP	85
Contention Free Period	72
Contention Period	69, 72
COPS	60
CPE	74, 79, 102, 120
CSMA/CD	51, 91, 93, 121
CSP	85
Customer Premises Equipment	20, 101
CVoDSL	48
CWDM	63, 65

D

DAB	17, 121
DCF	69, 70
DIFS	70
Discret Multi Tone (DMT)	47
DOCSIS	54, 55, 56, 58, 82, 87, 120, 121
D-QoS	41, 59
DQPSK	91
DSL-AC	50, 51
DSLAM	49, 50, 52, 121
DVB 13, 14, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 24, 104, 121, 122	
DVB-C	14, 19
DVB-S	14, 16, 19
DVB-T	13, 14, 17, 19
DWDM	63

E

Echo Cancellation	46
EDCA	73
EDCF	69, 70, 71, 72, 73
EFMC	63, 64
EFMF	63, 65
EIFS	70
EPG	16, 20, 22
E-PON	63, 67, 68
ETSI	14, 17
Euro-DOCSIS	54, 56, 57, 59, 87, 121
Euro-DOCSIS 1.1	54, 56, 59, 60
Euro-DOCSIS 2.0	55, 58

F

FDM	46, 62, 93
FDMA	57, 58
FSAN	66
FTTB	65
FTTH	65, 74, 75, 121
FTTx	11, 12, 49, 61, 62, 106

G

G.SHDSL	49
---------------	----

H

H.323	26, 27, 28, 29, 33, 35, 42
HCF	72, 73
HDTV	15, 88, 91
HES	8, 10, 19, 74, 75, 78, 88, 104, 105
HFC	26, 55, 59, 60, 61, 83
HomePlug. 11, 76, 90, 91, 92, 94, 95, 97, 103, 106, 122	
HomePNA	11, 77, 92, 93, 94, 95, 106
HTTP	30, 40, 85

I

IEEE	63, 66, 67, 90, 122
IPDC	41
IP-TV	10, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 61, 105, 122
ISDN	29, 46, 47, 52, 93
ITSP	34, 37, 122
ITU-T	64, 66, 67, 93

K

Kabel Modem	83
-------------------	----

L

LDAP	34
Local Loop 8, 11, 17, 20, 44, 52, 62, 63, 75, 96, 100, 106, 107, 108, 121	

M

MCU	35
MDCP	42
MeGaCo	42
MER	80, 81
MGC	60, 61
MGCP	41, 42
MHP	16, 20, 104
MoCA	88, 89, 106
MPCP	68
MPEG-2	15, 16, 17, 19, 21, 90, 105
MSO	8, 10, 12, 18, 44, 85, 87, 104, 107
MTA	41, 60, 123

N

NCS	26, 41, 60
-----------	------------

O

OFDM	91
OLT	65, 66, 67, 68
ONT	67, 68
ONU	66
OSI	50, 58, 63, 64, 77, 80, 123

P

PCF	70, 72
PIFS	70, 72
PMM	59
POP	51, 53, 123
Portal Service	84, 86
POTS	25, 50, 93
Powerline	91
PPPoE	51, 52, 53, 80
PSTN	28, 59, 60, 61
PVC	51, 52, 53, 62, 97
PVR	20, 23, 89

Q

QAM16	56, 57
QAM256	56
QAM64	56
QFM	86
QM	86
QoS	12, 30, 40, 41, 53, 54, 59, 60, 69, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 80, 82, 83, 86, 87, 88, 90, 91, 93, 96, 102, 106, 107
QPS	86
QPSK	56, 57

R

RADIUS	29
--------------	----

RAS	27, 29
RSVP	60
RTCP	30

S

SAP	31
SDP	35, 36, 41
Service Flow	59, 102
SG60, 61	
SGCP	41
SHDSL	49, 64
SIFS	70
SIP	26, 27, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 60
SOAP	85
STB	16, 18, 19, 21, 23, 24, 74, 88

T

TDM	25, 26, 93
TDMA	57, 58, 67
TFTP	101
Timeshift	16, 18, 20, 22, 23, 104, 105
TOCOF	54
TXOP	71, 72

U

UA	31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41
UAC	32
UAS	32
UGS	59
UPnP	81, 82, 83, 84, 85, 86, 87
URI	32, 33, 34, 38
UTF	30, 31

V

VDSL	46, 49
VLAN	53, 76, 80, 91, 97, 98
VoD	15, 18, 20, 23, 44, 105
VoIP8, 10, 11, 12, 25, 26, 30, 31, 44, 59, 60, 69, 73, 97, 99, 105, 122, 123	

W

WiFi	11, 76, 90, 96
WLAN	11, 12, 20, 69, 73, 75, 88, 90, 94, 96, 101, 103, 106
WMM	73, 90

X

XML	37, 85
-----------	--------