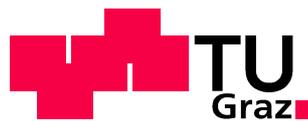


IPTV Umsetzungsvarianten im Vergleich zu konventionellen digitalen TV-Übertragungssystemen

Diplomarbeit



Dieter Fundneider

Institut für Kommunikationsnetze und Satellitenkommunikation

Technische Universität Graz

Inffeldgasse 12, A-8010 Graz

Vorstand : Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Otto KOUDELKA

Betreuer : Dipl.-Ing. Peter SCHROTTER

Begutachter : Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Otto KOUDELKA

Graz, Dezember 2010

Danksagung:

Ich möchte mich hiermit bei Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Otto Koudelka für die Begutachtung meiner Diplomarbeit bedanken.

Des Weiteren bedanke ich mich bei Herrn Dipl.-Ing. Peter Schrotter für die ausgezeichnete Betreuung und die Ratschläge und Anregungen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein Dank gilt auch meinen Freunden, den Mitgliedern des Hochspannungszeichensaales und meinen Kollegen, die mich durch meine Studienzeit begleitet haben.

Der größte Dank gebührt meinen Eltern, die mich während meines Studiums immer unterstützt und zu mir gehalten haben sowie meiner Freundin Bettina, die mir immer zur Seite gestanden und mich dadurch beim Verfassen dieser Arbeit unterstützt hat.

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am
.....
(Unterschrift)

Englische Fassung:

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

.....

date

.....

(signature)

Zusammenfassung:

Das Fernsehen ist heute nicht mehr nur einfaches „Berieseln lassen“ – die Ansprüche an die Inhalte, Verfügbarkeit und Services (wie z.B. Personalisierung oder Interaktivität) sind gestiegen bzw. werden immer mehr steigen. Ein System, das diese Ansprüche erfüllen könnte, ist IPTV.

Ziel der vorliegenden Arbeit war die praktische Realisierung eines solchen IPTV-Systems. Dieses sollte ausschließlich auf Open-Source Software basieren und von DVB-Programminhalten gespeist werden. Begonnen wurde mit einer Betrachtung der aktuellen digitalen Broadcastsysteme, deren Standards und Übertragungstechniken. Es wurde der Begriff IPTV und dessen technische Grundlagen (Übertragungsarten, Voraussetzungen) erklärt, sowie ein Einblick in die am Markt verfügbaren IPTV-Systeme gegeben und die Abgrenzung zum Internet-Fernsehen (Web-TV) aufgezeigt. Für die praktische Realisierung wurden anhand der Voraussetzungen die geeigneten Hardware-Komponenten sowie Streaming-Software ausgewählt. Die Konfiguration dieser Software stellt einen essentiellen Teil des IPTV-Systems dar, da diese für die Einspeisung der Fernsehprogramme in das lokale Netzwerk und deren Verteilung zuständig ist. Mit einer Betrachtung eines kürzlich definierten Standards, der die Fernsehentwicklung stark beeinflussen könnte, schließt diese Arbeit.

Stichwörter: DVB, MPEG2, IPTV, Web-TV, Unicast, Multicast, MuMuDVB

Abstract :

Today, television is more than only to be getting exposed to a constant stream – the demands on contents, availability and services (e.g. personalization or interactivity) went up – and will be still going up. A system, which could fulfill these demands, is IPTV.

Aim of this thesis was the implementation of such an IPTV-system. This should exclusively be based on open source software and supplied by DVB program contents. The work started with a survey on the actual digital broadcast systems and their standards and transmission. The concept of IPTV and the technical basics (transmission mode, techniques) were described, as well as an insight into on the market available IPTV systems and the differentiation to internet TV (webTV) was given. Based on the requirements the appropriate hardware components and streaming software for the implementation were chosen. The configuration of this software is an essential part of the IPTV system, because it is responsible for the supply and distribution of the TV programs. The thesis ends with an outlook on a recently defined standard, which could have much influence on the further development of television.

Keywords: DVB, MPEG2, IPTV, Web-TV, unicast, multicast, MuMuDVB

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | <i>Einleitung</i> | 1 |
| 1.1 | Zielsetzung | 1 |
| 2 | <i>DVB (Digital Video Broadcasting)</i> | 2 |
| 2.1 | Begriffsdefinition | 2 |
| 2.2 | Der MPEG2-Transport Stream..... | 3 |
| 2.3 | Konventionelle Übertragungswege | 7 |
| 2.3.1 | DVB-S..... | 7 |
| 2.3.2 | DVB-T | 9 |
| 2.3.3 | DVB-C..... | 13 |
| 2.3.4 | Die zweite Generation der DVB-Standards (DVB-S2, DVB-T2, DVB-C2) | 15 |
| 3 | <i>IPTV</i> | 18 |
| 3.1 | Begriffsabgrenzung | 18 |
| 3.2 | Definition von IPTV | 19 |
| 3.3 | IPTV – Komponenten | 23 |
| 3.4 | Übertragung von IPTV | 26 |
| 3.5 | Set-Top-Boxen (STB)..... | 30 |
| 3.5.1 | Prinzipieller Aufbau einer Set-Top-Box..... | 30 |
| 3.6 | IPTV – Anbieter in Österreich | 33 |
| 3.6.1 | Telekom Austria..... | 33 |
| 3.6.2 | UPC-Telekabel..... | 35 |
| 3.7 | WebTV..... | 36 |
| 3.7.1 | ORF tvthek..... | 37 |
| 3.7.2 | ZDF und ARD | 39 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 3.7.3 | RTL und VOX..... | 40 |
| 3.8 | Arten der Datenübertragung..... | 41 |
| 3.8.1 | Unicast..... | 41 |
| 3.8.2 | Broadcast..... | 43 |
| 3.8.3 | Multicast..... | 45 |
| 4 | <i>Aufbau eines lokalen IPTV-Systems.....</i> | 51 |
| 4.1 | Motivation | 51 |
| 4.2 | Server..... | 52 |
| 4.2.1 | Hardware | 52 |
| 4.2.2 | Software..... | 54 |
| 4.3 | Client..... | 67 |
| 4.3.1 | Hardware | 67 |
| 4.3.2 | Software..... | 67 |
| 5 | <i>Ergebnisse und Zukunftsaussichten.....</i> | 69 |
| 5.1 | Ergebnisse..... | 69 |
| 5.2 | Zukunftsaussichten | 70 |
| 5.2.1 | HbbTV..... | 70 |
| 6 | <i>Verzeichnisse</i> | 77 |
| 6.1 | Literaturverzeichnis..... | 77 |
| 6.2 | Tabellenverzeichnis..... | 80 |
| 6.3 | Abbildungsverzeichnis..... | 81 |

1 Einleitung

Das Fernsehen hat sich in den letzten Jahren und Jahrzehnten immer weiter entwickelt. Aus der Sicht des Endkunden sind das hauptsächlich folgende Entwicklungen:

- Fernsehgeräte: von Schwarz/Weiß auf Farbfernsehen sowie von Röhren-TV auf Flachbildschirme
- Qualität des Fernsehsignals: von analog auf digital sowie hin zu höheren Auflösungen bis hin zum HDTV sowie 3D-TV
- Anzahl der TV-Sender/Programme: größere Auswahl
- Angebotene Inhalte und Dienste: mehr Möglichkeiten als „nur“ Fernsehen – wie z.B. TV-Geräte oder DVD/BlueRay-Player mit Internetanschluss und integriertem WebBrowser sowie vor allem auch IPTV, Abspielbarkeit von Musik, Fotos usw.
- Um dem Endkunden diese erweiterten Möglichkeiten zur Verfügung zu stellen und auch für eine breite Masse zugänglich zu machen (Kostenfaktor), waren natürlich eine Reihe technischer Entwicklungen sowie auch Standardisierungen nötig.

1.1 Zielsetzung

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird in den ersten Kapiteln auf die aktuellen digitalen Broadcast-Übertragungssysteme eingegangen, sowie IPTV und dessen technische Grundlagen (Übertragungsarten, Voraussetzungen) erklärt. Des Weiteren wird ein Einblick in am Markt verfügbare IPTV-Systeme gegeben und die Abgrenzung zum Internet-Fernsehen (Stichwort Web-TV) aufgezeigt.

Hauptziel dieser Diplomarbeit ist es, möglichst kostengünstig und unter ausschließlicher Verwendung von Open-Source-Software ein aus DVB-Programminhalten gespeistes IPTV-System aufzubauen. Abschließend wird noch ein kürzlich verabschiedeter Standard betrachtet, der auf die zukünftige Entwicklung des Fernsehens großen Einfluss nehmen könnte.

2 DVB (Digital Video Broadcasting)

2.1 Begriffsdefinition

DVB ist die Abkürzung für „*Digital Video Broadcasting*“ und ist heute der Standard in Europa für die digitale Fernsehübertragung. Dabei sind die zu verwendenden Audio- und Videocodecs nicht vorgeschrieben. Es werden zur Zeit Codecs basierend auf MPEG (Moving Picture Experts Group) eingesetzt. Für Übertragungen in PAL-Auflösung (720x576) werden *MPEG2-Video* und *MPEG2-Audio* eingesetzt. Für das neue hochauflösende Fernsehen *HDTV (High Definition Television)* hingegen wird *MPEG4 (H.264/AVC)* verwendet. Es ist eine Weiterentwicklung des *MPEG2-Codecs* mit besserer Komprimierungsrate, wodurch eine effizientere Nutzung des Kanals möglich ist.

DVB lässt sich je nach Übertragungsweg in Kategorien einteilen. Die wichtigsten sind:

- DVB-S (1. Generation von DVB, Übertragung über Satellit)
- DVB-T (1. Generation von DVB, Übertragung über terrestrische Sender)
- DVB-C (1. Generation von DVB, Übertragung über Kabelnetze)
- DVB-S2 (2. Generation und Nachfolgestandard von DVB-S)
- DVB-T2 (2. Generation und Nachfolgestandard von DVB-T)
- DVB-C2 (2. Generation und Nachfolgestandard von DVB-C)

Weitere DVB-Standards sind zum Beispiel:

- DVB-H (Übertragung über terrestrische Sender zu mobilen Endgeräten)
- DVB-SH (Übertragung über Satellit zu mobilen Endgeräten)
- DVB-IP (Übertragung über IP-Netzwerke wie das Internet)
- DVB-RC(S/C/T) (RC steht für Return Channel, also Rückkanal für Dienste wie Breitbandinternet)

Die einzelnen Typen unterscheiden sich vorrangig in der Modulation und in der Fehlerkorrektur. Sie richten sich nach den Eigenschaften des jeweiligen Übertragungskanals.

Im Vergleich zur analogen Übertragung bietet DVB folgende grundlegende Vorteile:

- Mehrere Fernsehprogramme pro Kanal
- Spektrale Effizienz
- Gesteigerte Qualität von Video und Audio
- Übertragung von Radioprogrammen und Datendiensten
- Möglichkeit der Verschlüsselung für kostenpflichtige Dienste

Im DVB-Standard erster Generation ist die Übertragung fest an den MPEG2-Transport Stream gekoppelt. Alle Daten müssen in einen solchen Transport Stream gepackt werden, damit sie übertragen werden können.

In der zweiten Generation wurde diese Bindung gelöst was vor allem eine universellere Nutzung auch für zukünftige Einsatzzwecke ermöglicht.

2.2 Der MPEG2-Transport Stream

Der MPEG2-Datenstrom besteht aus sogenannten *Elementary Streams (ES)*.

Das können z.B. folgende Daten sein:

- ein komprimiertes Video- oder Audiosignal
- Teletext Service Informationen
- Conditional Access (CA)
- IP-Pakete
- Private Data
- Applikationen
- Applikationsinformationen

Direkt nach der Komprimierung wird der Elementary Stream in Pakete verpackt und erhält einen Header, Längeninformationen und Zeitsynchronisationsinformationen. Dieser nun in Pakete aufgeteilte Elementary Stream wird *Paketised Elementary Stream (PES)* genannt. Die Größe der Pakete ist variabel und kann bis zu 64 kByte betragen. Um den *Paketised Elementary Stream* robuster gegen Übertragungsfehler zu machen, werden die Pakete in kleinere Teile mit konstanter Länge aufgeteilt - das sind 184 Byte große Pakete mit hinzugefügtem 4 Byte Header. Diese nun 188 Byte langen Pakete werden Transport Stream - Pakete genannt. [1]

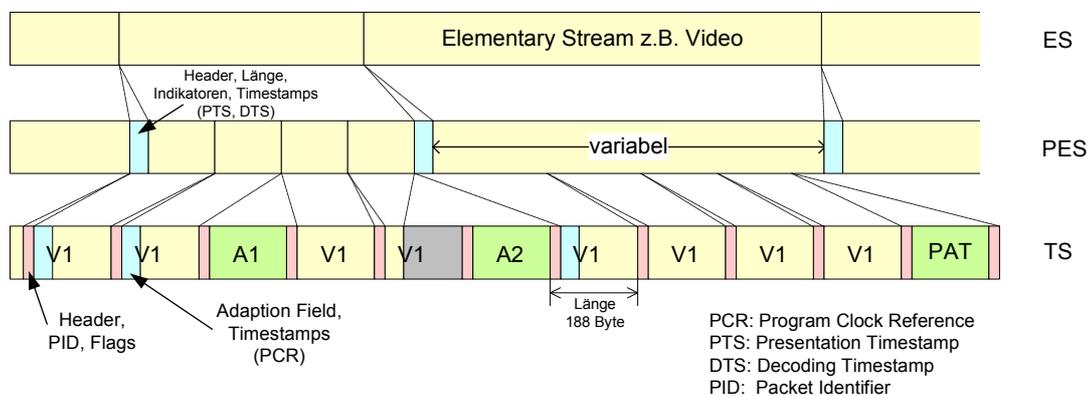


Abbildung 2-1: Zusammensetzung des Transport Streams [2]

Für die Übertragung mit DVB ist es nötig, einen kontinuierlichen Transport Stream zu erzeugen. Dazu werden die Transport Stream - Pakete der einzelnen Elementary Streams des Programms mit denen anderer Programme gemultiplext und zu einem Gesamtdatenstrom zusammengefasst. Man erhält den *MPEG2-Transport Stream (TS)*.

Der MPEG2 - Transport Stream enthält zusätzlich Serviceinformationen, damit die einzelnen *Elementary Streams* vom Decoder wiedergefunden werden können und die Zuordnung sowie Synchronisierung von Audio und Video erfolgen kann. [3]

Die Serviceinformationen sind in Tabellenform strukturiert und werden unterteilt in Programme Specific Information (PSI) und Service Information (SI). Sie sind durch eine eindeutige Packet Identifier (PID) - Nummer gekennzeichnet. [4]

Program Specific Information (PSI)

Program Association Table (PAT)

- Übertragung im TS obligatorisch
- Listet die gesamten Programme im Transport Multiplex und enthält die *Packet Identifier (PID)* der *Program Map Tables (PMT)*
- Gibt es einmal pro *Transport Stream* und wird alle 0,5 s wiederholt

Program Map Table (PMT)

- Übertragung im TS obligatorisch
- Listet die zugehörigen PIDs der einzelnen Programme und auch die Pakete mit der Program Clock Reference (PCR)
- Gibt es einmal pro Programm und wird alle 0,5 s wiederholt

Conditional Access Table (CAT)

- Optional (nur bei Verschlüsselung)
- Enthält Informationen für den eingeschränkten Zugriff (verschlüsselte Programme)

Network Information Table (NIT)

- Übertragung im TS obligatorisch
- Enthält Informationen über das Übertragungssystem wie Transpondernummer oder Orbitposition.

PAT und PMT sind notwendig um den MPEG2 – Transport Stream decodieren zu können, daher wurden sie im Standard genau definiert. NIT und CAT wurden im Standard nur allgemein beschrieben. Diese wurden dann von der europäischen Digital Video Broadcasting - Group dazu verwendet, die physikalischen Parameter der Rundfunknetze zu beschreiben.

Service Information (SI)

Service Description Table (SDT)

- Übertragung im TS obligatorisch
- Enthält alle im TS vorkommenden Dienste und Informationen (Dienstname, Name des Anbieters, zugeordnete Textinformationen)

Event Information Table (EIT)

- Übertragung im TS obligatorisch
- Enthält Namen, Anfangszeit, Dauer und Informationen der aktuellen und nachfolgenden Sendung

Bouquet Association Table (BAT)

- Übertragung ist optional
- Enthält Informationen zum Bukett (z.B. Programmanbieter, Dienste, usw.)

Running Status Table (RST)

- Gibt Auskunft ob eine bestimmte Sendung gerade läuft oder in naher Zukunft beginnen wird

Time and Date Table (TDT)

- Übermittelt die aktuelle Uhrzeit und das aktuelle Datum

Time Offset Table (TOT)

- Übermittelt die Differenz zwischen Ortszeit und UTC (Universal Time Coordinated)

Stuffing Table (ST)

- Existierende Informationen im TS können damit (zum Beispiel bei Kabelkopfstationen) überschrieben werden

2.3 Konventionelle Übertragungswege

2.3.1 DVB-S

Der Standard „Digital Video Broadcast – Satellite“ wurde 1994 veröffentlicht.

Bedingt durch die hohe Entfernung zu geostationären Satelliten (36000 km) wird das Signal durch die Freiraumdämpfung von 205 dB und dem daraus resultierenden Rauschen beeinflusst. Daher ist ein starker Fehlerschutz notwendig. [1]

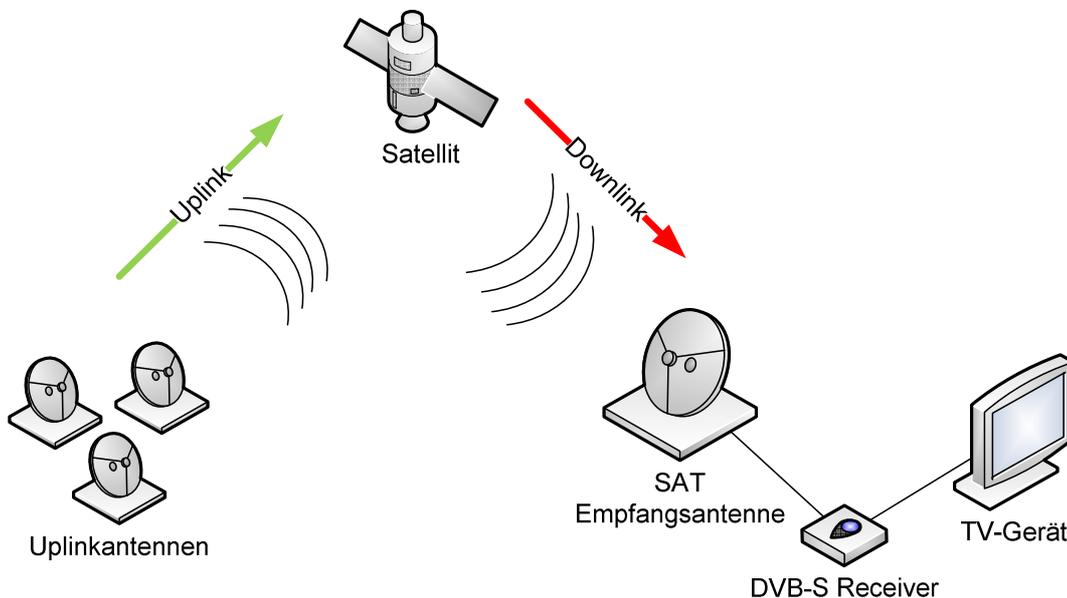


Abbildung 2-2: Übertragungsschema DVB-S

Als Modulation wird Gray-codierte QPSK (Quadratur Phase Shift Keying) eingesetzt. Gray-codiert bedeutet, dass sich zwischen den benachbarten Konstellationen jeweils nur ein Bit ändert. Das ist notwendig um die Bitfehlerrate möglichst gering zu halten. Die Kanäle (Transponder) sind mit 26 bis 36 MHz eher breitbandig. Die Übertragungsfrequenzen liegen für den Uplink zwischen 14 und 17 GHz und für den Downlink zwischen 11 und 13 GHz. Die Symbolrate wird so gewählt, dass das Spektrum davon in den Transponder passt. Es werden meist 27,5 MegaSymbols/s gewählt.

Das ergibt bei QPSK eine Bruttodatenrate von:

$$\text{Bruttodatenrate} = \text{bit/Symbol} \cdot \text{Symbolrate} = 2 \text{ bit/S} \cdot 27,5 \text{ MS/s} = 55 \text{ Mbit/s}$$

Es werden 2 unterschiedliche Fehlerschutzmechanismen angewandt:

Reed Solomon Blockcode (RS)

Durch den *Reed-Solomon-Blockcode* werden die Daten zu Paketen einer bestimmten Länge zusammengefasst und darüber die Quersumme berechnet. Dadurch ist es möglich, Fehler zu erkennen und eine bestimmte Anzahl auch zu korrigieren. Diese Anzahl wird durch die Länge der Quersumme bestimmt. Bei Reed-Solomon-Codes können immer genau die Hälfte der Fehlerschutzbytes an Fehlern repariert werden.

Dem *MPEG-2-Transport Stream Paket* mit der Länge von 188 Byte werden 16 Byte Reed-Solomon-Fehlerschutz dazugegeben. Das resultierende Paket ist dadurch 204 Byte lang. Dies wird auch als RS(204,188)-Codierung bezeichnet. Die Nettodatenrate ist wie folgt zu berechnen:

$$\text{Nettodatenrate}_{\text{Reed Solomon}} = \text{Bruttodatenrate} \cdot 188/204 = 50,69 \text{ Mbit/s}$$

Faltungscodierung

Der zweite Fehlerschutz wird durch einen Faltungscodierung realisiert. Dabei kann als Coderate $1/2$, $2/3$, $3/4$, $5/6$ oder $7/8$ gewählt werden. Die Coderate ist das Verhältnis von Eingangsdatenrate zu Ausgangsdatenrate. Bei zum Beispiel einer Coderate von $1/2$ wird die Datenrate des Datenstroms verdoppelt, was einer Halbierung der Nutzdatenrate entspricht. Dafür bekommt man allerdings den bestmöglichen Fehlerschutz. Bei einer Coderate von $7/8$ wird die Nutzdatenrate maximal und der Fehlerschutz minimal.

Die Nettodatenrate nach RS und Faltungscodierer mit einer Coderate von 3/4 beträgt:

$$\begin{aligned} \text{Nettodatenrate}_{\text{DVB-S } 3/4} &= \text{Nettodatenrate}_{\text{Reed Solomon}} \cdot \text{Coderate} \\ &= 50,69 \text{ Mbit/s} \cdot 3/4 = 38,01 \text{ Mbit/s} \end{aligned}$$

2.3.2 DVB-T

Der Standard für „Digital Video Broadcast – Terrestrial“ wurde 1995 im ETS 300744 [5] definiert.

Bei der terrestrischen Funkübertragung kommen im Gegensatz zur Übertragung per Satellit Reflektionen und Mehrwegeempfang dazu. Daher verwendet man als Modulationsverfahren das dafür besser geeignete COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex).

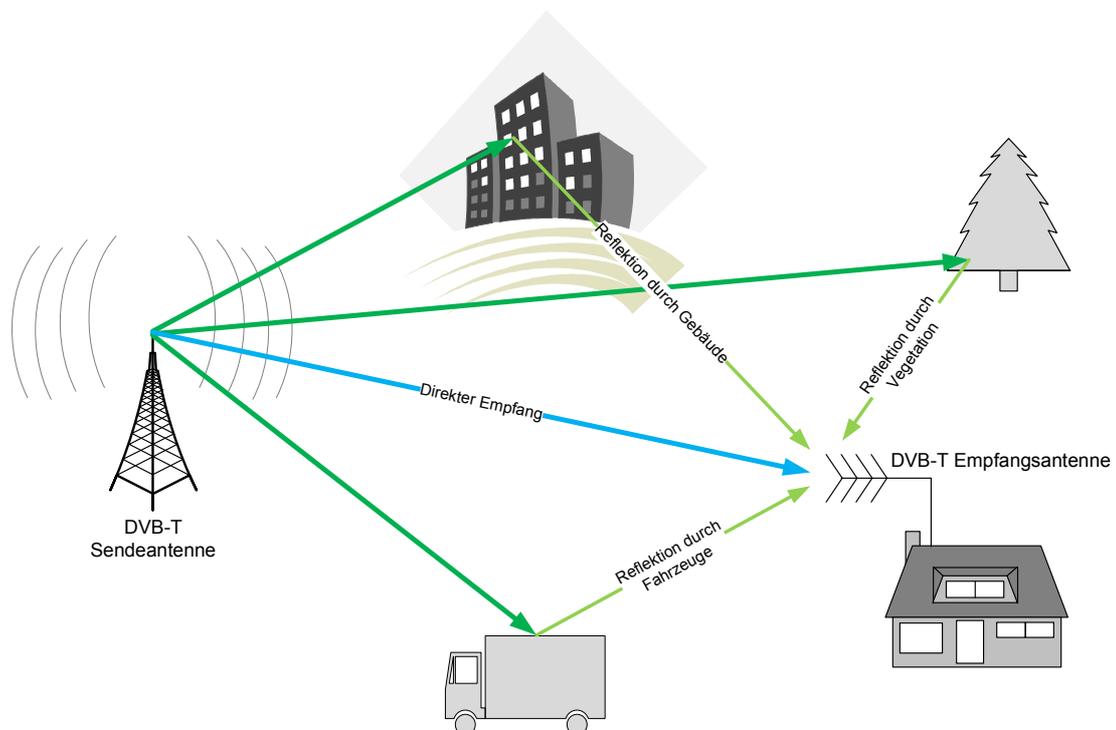


Abbildung 2-3: Der DVB-T Übertragungskanal

Mit COFDM bezeichnet man ein Vielträgerverfahren (Multi-Carrier System) mit bis zu tausenden Unterträgern. Das Nutzsignal wird dabei auf viele Frequenzteile verteilt. Die Information wird verschachtelt aufgeteilt und mit einem Fehlerschutz versehen. Diese Verschachtelung kann den durch Echos (Fading) hervorgerufenen Signalauslöschungen entgegenwirken. Die Unterträger sind so gewählt, dass sie sich gegenseitig nicht stören, d.h. sie stehen orthogonal zueinander. Sie sind jeweils mit QPSK, 16QAM (*Quadratur Amplituden Modulation*) oder 64QAM moduliert. Bei 16QAM werden 4 Bit und bei 64QAM 6 Bit pro Symbol übertragen. Letztere weist durch die längeren Codewörter eine höhere Nutzdatenrate auf, benötigt aber eine höhere Feldstärke an der Empfangsantenne und somit auch eine höhere Sendeleistung am Sender selbst.

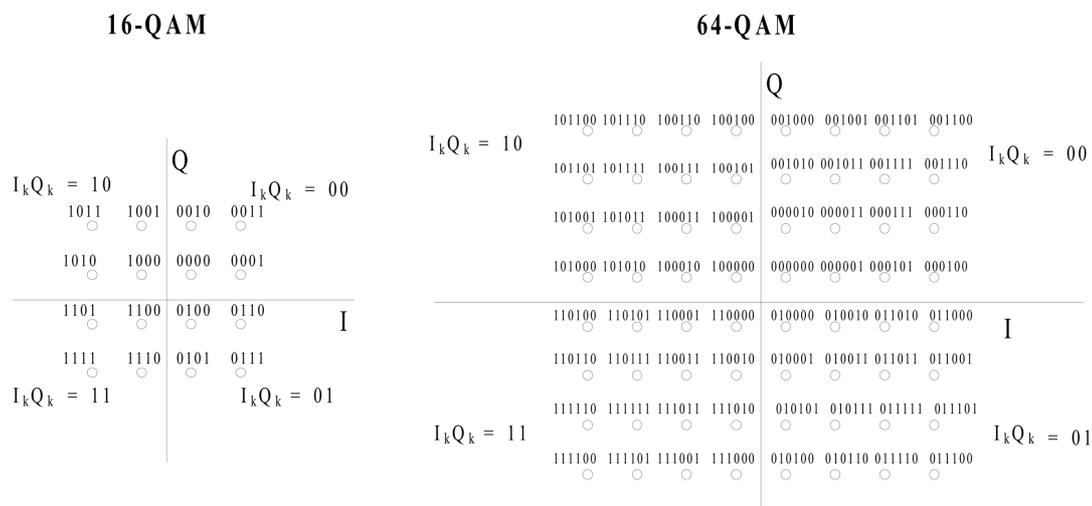


Abbildung 2-4: Konstellationsdiagramm 16QAM und 64QAM [5]

Es gibt zwei Betriebsarten:

- *2k - Mode*: Es stehen 2048 mögliche Unterträger zur Verfügung, wovon 1704 effektiv genutzt werden. Dieser Mode ist für den mobilen Empfang bis zu einer Geschwindigkeit von 300 km/h geeignet. Diese Betriebsart ist wenig störanfällig gegenüber Verschmierungen im Frequenzbereich, die durch Dopplereffekte bei mobilem Empfang oder durch Mehrfachechos auftreten können.

- *8k-Mode*: Es gibt 8192 mögliche Unterträger, von denen 6817 effektiv verwendet werden. Dieser Mode erlaubt einen mobilen Empfang bis zu einer Geschwindigkeit von 92 - 112 km/h.

Das modulierte Signal hat eine Bandbreite von 7,612 (2k) bis 7,608 MHz (8k). Dadurch kann ein in Österreich üblicher analoger 8 MHz Kanal als Übertragungskanal genutzt werden.

Die Datenraten sind unabhängig vom Mode, da beim 8K-Mode die Symbole 4-mal länger sind, dafür aber 4-mal so viel Nutzlastträger enthalten sind. Dadurch heben sich die Faktoren wieder auf [1].

Weitere wichtige Systemparameter sind:

- *Guard Intervall*:

Damit wird ein Schutzintervall angegeben, in dem Echos und reflektierte Signale abklingen können, ohne dabei das Nutzsignal zu stören. Die Länge dieses Intervalls bestimmt die Störfestigkeit - dies geschieht auf Kosten der Nutzdatenrate.

- *Code Rate*:

Sie beschreibt das Verhältnis von Eingangsdatenrate zu Ausgangsdatenrate des Fehlerschutzblocks. Je nach gewünschter Robustheit kann von 1/2 bis 7/8 gewählt werden.

Datenraten

Bruttodatenrate:

$$\text{Bruttodatenrate}_{\text{DVB-T}} = \text{Bit/Symbol} \cdot \text{Symbolrate} \cdot \text{Nutzlastträgeranzahl}$$

Nettodatenrate:

Die Nettodatenrate hängt zusätzlich vom Reed-Solomon-Fehlerschutz RS(188,204) und von der Coderate der verwendeten Faltungscodierung ab:

$$\begin{aligned} \text{Nettodatenrate}_{\text{DVB-T}} &= \text{Bruttodatenrate} \cdot 188 / 204 \cdot \text{Coderate} \\ &= 188 / 204 \cdot \text{Coderate} \cdot \log_2(m) \cdot \frac{1}{(1 + \text{Guard})} \cdot \text{Channel} \cdot \text{Const1} \end{aligned}$$

Parameter:

- m = 4 (QPSK), 16 (16QAM), 64 (64QAM)
- Coderate = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
- Guard = 1/4, 1/8, 1/16, 1/32
- Channel = 1 (8 MHz), 7/8 (7 MHz), 6/8 (6 MHz)
- Const1 = 6,75 • 10⁶ Bit/s

Die Nettodatenraten bei DVB-T variieren stark. Sie werden von den Übertragungsparametern und den Kanalbandbreiten beeinflusst und bewegen sich zwischen 4 und 31 Mbit/s.

Als Beispiel sind die Systemparameter für den Multiplex A in Österreich angeführt [6]:

- Bandbreite: 8 MHz
- Modulation: 16 QAM
- Mode: 8k
- Nutzträger: 6817
- Symboldauer: 896 µs
- Guard Intervall: 1/4 (224 µs)
- Coderate: 3/4
- Datenrate: 14,93 Mbit/s

| Modulation | CR | Guard 1/4 | Guard 1/8 | Guard 1/16 | Guard 1/32 |
|------------|-----|-----------|-----------|------------|------------|
| | | Mbit/s | Mbit/s | Mbit/s | Mbit/s |
| QPSK | 1/2 | 4,976471 | 5,529412 | 5,854671 | 6,032086 |
| | 2/3 | 6,635294 | 7,372549 | 7,806228 | 8,042781 |
| | 3/4 | 7,464706 | 8,294118 | 8,782007 | 9,048128 |
| | 5/6 | 8,294118 | 9,215686 | 9,757785 | 10,05348 |
| | 7/8 | 8,708824 | 9,676471 | 10,24567 | 10,55617 |
| 16QAM | 1/2 | 9,952941 | 11,05882 | 11,70934 | 12,06417 |
| | 2/3 | 13,27059 | 14,74510 | 15,61246 | 16,08556 |
| | 3/4 | 14,92941 | 16,58824 | 17,56401 | 18,09626 |
| | 5/6 | 16,58824 | 18,43137 | 19,51557 | 20,10695 |
| | 7/8 | 17,41765 | 19,35294 | 20,49135 | 21,11230 |
| 64QAM | 1/2 | 14,92941 | 16,58824 | 17,56401 | 18,0926 |
| | 2/3 | 19,90588 | 22,11765 | 23,41869 | 24,12834 |
| | 3/4 | 22,39412 | 24,88235 | 26,34602 | 27,14439 |
| | 5/6 | 24,88235 | 27,64706 | 29,27336 | 30,16043 |
| | 7/8 | 26,12647 | 29,02941 | 30,73702 | 31,66845 |

Tabelle 2-1: DVB-T Nettodatenraten beim 8 MHz DVB-T Kanal [1]

2.3.3 DVB-C

Digitale Fernsehübertragung über Kabelnetze wurde 1994 im Standard ETS 300429 [5] definiert.

In vielen Städten und dichter besiedelten Gebieten haben sich aufgrund geringer Entfernungen Kabelnetze für den TV-Empfang etabliert. Diese wurden nach und nach auch für Telefonie und Breitband ausgebaut.

Das dabei verwendete Koaxialkabel weist im Vergleich zur Satelliten- oder terrestrischen Übertragung ein günstigeres Signal / Rausch-Verhältnis auf. Es werden 30 dB Störabstand (S/N) erreicht. Es treten kaum Reflexionen auf und die Dämpfung im Bereich zw. 50 MHz und 860 MHz ist relativ gering. Die

Übertragungsparameter von DVB-C orientieren sich an diesen typischen Eigenschaften des Koaxialkabels.

Der MPEG2-Transport Stream wird wie bei DVB-S mit dem Reed-Solomon-Fehlerschutz versehen. Auf die Faltungscodierung kann aber aufgrund der guten Übertragungseigenschaften am Kabel verzichtet werden. Als Modulationsverfahren sind laut DVB-C-Standard 16QAM, 32QAM, 64QAM, 128QAM und 256QAM definiert. In der Praxis kommen vor allem 64QAM bis hin zu 256QAM zum Einsatz.

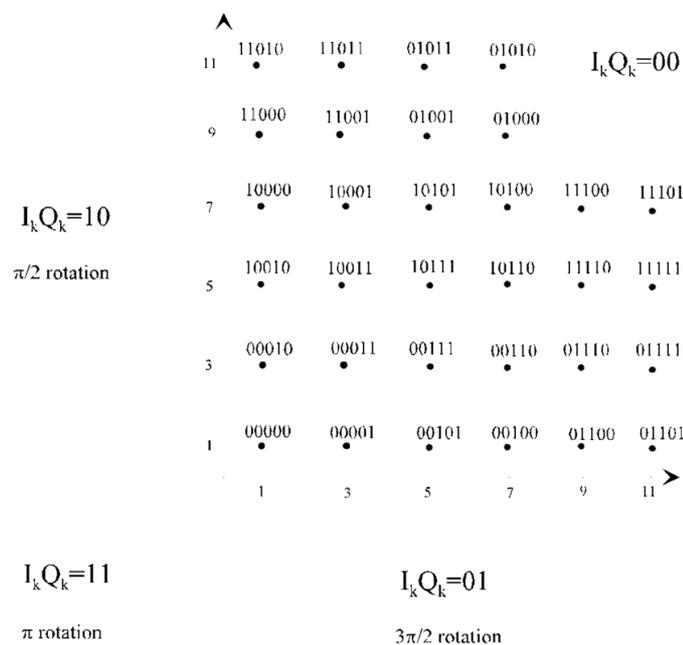


Abbildung 2-5: Konstellationsdiagramm 256QAM [5]

Datenraten:

Bruttodatenrate

$$\text{Bruttodatenrate}_{\text{DVB-C}} = \frac{\text{bit}}{\text{Symbol}} \cdot \text{Symbolrate}$$

$$\text{Bruttodatenrate}_{\text{DVB-C}} = 6 \text{ Bit/Symbol} \cdot 6,9 \text{ MSymbole/s} = 41,4 \text{ Mbit/s}$$

Typische Parameter:

- Kanalraster = 8 MHz
- Modulation = 64QAM

- Symbolrate = 6,9 MSym/s
- Rolloff Faktor (r) = 0,15

Es wird das 188 Byte lange MPEG2-Transport Streampaket mit 16 Byte Reed-Solomon-Fehlerschutz ergänzt. Das ergibt ein 204 Byte großes Gesamtpaket (RS(188,204)).

Nettodatenrate

$$\text{Nettodatenrate}_{\text{DVB-C}} = \text{Bruttodatenrate} \cdot 188 / 204 = 38,15 \text{ Mbit/s}$$

Im Vergleich zu einem DVB-S-Kanal mit 36 MHz, einer Symbolrate von 27,5 MS/s und einer Forward Error Correction (FEC) von 3/4 weist ein DVB-C Kanal bereits mit 8 MHz dieselbe Nettodatenrate auf.

2.3.4 Die zweite Generation der DVB-Standards (DVB-S2, DVB-T2, DVB-C2)

In den letzten Jahren stieg der Datenratenbedarf kontinuierlich an. Vor allem zur Übertragung des neuen hochauflösenden Fernsehens HDTV benötigt man mehr Datenrate als bisherige Übertragungsmedien leisten können. Es soll nun ein grundlegender Überblick über die Neuerungen gegeben werden.

DVB-S2

Im Jahr 2003 wurde der neue DVB-S2 Standard definiert. Die Möglichkeiten durch leistungsfähigere Hardware sind von Jahr zu Jahr angestiegen, so kann nun auf der Empfängerseite eine effizientere aber rechenleistungsintensivere Vorwärtsfehlerkorrektur eingesetzt werden, und zwar die Low Density Parity Check Codes (LDPC).

Heute werden entweder LDPC oder Turbo Codes (verkettete Faltungscodes) eingesetzt, wodurch die Nettodatenrate im Vergleich zu DVB-S von 38 Mbit auf bis zu 49 Mbit erhöht werden konnte. Es passen somit 4 HDTV-Programme in einen Transponder.

Im neuen Standard DVB-S2 wird auch die Bindung zum MPEG2-Transport Stream gelöst und es werden die neuen Generic Streams (GS) eingeführt. Dem DVB-S2 Modulator können nun ganz allgemeine Datenströme zugeführt werden. Das kann zum Beispiel ein IP-Stream oder ein MPEG2-Stream sein. Es besteht nun auch die Möglichkeit mehrere Streams gleichzeitig einzuspeisen. Dieser Standard ermöglicht dadurch auch eine leichtere Implementierung von zukünftigen Übertragungscontainern und Inhalten.

DVB-T2

Im Jahr 2008 folgte die Standardisierung von DVB-T2 (Second Generation Digital Video Broadcasting Terrestrial). Es wurden dieselben Neuerungen wie bei DVB-S2 eingeführt. Zusätzlich kam in diesem Standard noch die Möglichkeit von Variable Coding and Modulation (VCM) dazu. Es können für jedes einzelne Programm eine unterschiedliche Modulationsart sowie ein anderer Fehlerschutz gewählt werden. Ein HDTV-Programm kann dadurch mit höherer Datenrate und geringerer Robustheit gesendet werden, während eine SDTV-Sendung mit geringerer Datenrate und dafür stärkerem Fehlerschutz übertragen werden kann.

Weiters verwendet man nun längere Symbole um den Overhead im Guard Intervall zu reduzieren. Auch die Modulationsarten gehen nun bis hin zu 256QAM. Es gibt noch viele andere Neuerungen auf die hier aber nicht weiter eingegangen wird. Im Vergleich zum ersten DVB-T Standard konnte die Datenrate um 50% gesteigert werden.

DVB-C2

Im Jahr 2009 ist der neue Kabelstandard DVB-C2 erschienen. Er basiert größtenteils auf dem DVB-T2 Standard. Zusätzlich gibt es in diesem Standard die Möglichkeit mehrere Kanäle zu bündeln. Dadurch können auch die Lücken zwischen den Kanälen genutzt und dadurch die Effizienz gesteigert werden. Die

Modulationsarten gehen nun bis zu 4096QAM und auch hier erreicht man durch zahlreiche weitere Neuerungen bis zu 50% mehr Datenrate als im ersten DVB-C Standard [1].

3 IPTV

IPTV (Internet Protocol Television) beschreibt eigentlich keinen einheitlichen Standard und wird im Sprachgebrauch auch nicht immer einheitlich verwendet. Des Öfteren kommt es zu einer Vermischung mit dem Begriff Web-TV. In diesem Kapitel soll der Begriff näher erläutert, sowie auch der Unterschied zum Web-TV dargestellt werden. Des Weiteren werden auch die möglichen Arten der Datenübertragung beschrieben.

3.1 Begriffsabgrenzung

IPTV:

IPTV bezeichnet die Übertragung von TV-Inhalten über ein geschlossenes Netzwerk mittels Internetprotokoll. Hier sind das Übertragungsmedium und das Empfangsgerät frei wählbar. In den meisten IPTV-Angeboten wird hierzu eine Set-Top-Box (STB) verwendet – es können aber auch ein Fernseher, ein Computer oder ein Smartphone sein. IPTV ist ein Dienst eines Internetproviders, daher wird eine gewisse Bandbreite (Vermeidung von Unterbrechungen) und QoS (Quality of Service) garantiert.

WebTV:

WebTV bezeichnet die Übertragung von Bewegtbildern (Videos, Filme etc.) über das Internet. Hier gibt es keine garantierten Bandbreiten und kein QoS, da dieser Dienst nicht von einem Sender angeboten wird. Der Client ist in den meisten Fällen ein PC (Personal Computer) mit einem Media Player (Abspielprogramm) wie z.B. Adobe Flash [7] oder Windows Media Player [8].

In Tabelle 3.1 werden die Unterschiede zwischen IPTV und WebTV dargestellt:

| | IPTV | WebTV |
|----------------------|---|---|
| Nutzer | Registrierte IP-Adresse | Potenziell alle Internetnutzer |
| Empfangsgerät | Set-Top-Box, TV-Gerät, Computer, Smartphone | Computer |
| Qualität | Quality of Service (QoS) | Best Effort |
| Benötigte Bandbreite | Mind. 4Mbit/s (pro Kanal) | Meist unter 1Mbit/s |
| Videoformate | z.B. MPEG2, MPEG4 | Windows Media, Real-Networks, QuickTime, Flash, etc. |
| Auflösung | SD (Standard Definition), HD (High Definition) | Abhängig von der Bandbreite |

Tabelle 3-1: Unterschied zwischen IPTV und WebTV [9]

3.2 Definition von IPTV

Wie schon zu Beginn von Kap. 3 erwähnt, wird der Begriff IPTV nicht einheitlich verwendet. Nachfolgend nun einige der bekanntesten Definitionen:

Deutscher IPTV Verband:

IPTV steht als Oberbegriff für Internet Protokoll Fernsehen und ist die Übertragung von Bewegtbildern mit Hilfe des Internet Protokolls unter Verwendung beliebiger Endgeräte (mobil, stationär, etc.) und aller Formen IP fähiger Netze (offene und geschlossene Netze). Der Betrieb von IPTV in geschlossenen Netzen wird Secured IPTV genannt. Wird hingegen das Internet als Übertragungsnetz verwendet, spricht man von Web-TV oder Internet-TV. Eine weitere Form ist Mobile IPTV oder Mobile-TV. Sie erlaubt eine ortsunabhängige IPTV-Nutzung durch die Verwendung einer Funkverbindung zu einem IP-basierten Netz. [10]

Deutsche TV-Plattform:

„Das sogenannte IPTV ist eine neue Verbreitungsform auf der Basis des ‚Internet Protocol‘ (IP)“: [11]

Beim IPTV wird von einem Telekommunikations-Anbieter einem bestimmten Nutzerkreis – den Abonnenten – ein festes Programmbouquet mit definierter Qualität in seinem Breitbandnetz zur Verfügung gestellt.

Im Unterschied dazu können beim Internet-Fernsehen („TV over Internet“) beliebige Inhalte und Programme, die frei verfügbar im Netz zugänglich sind, zu jeder Zeit und überall von Jedermann heruntergeladen werden.

ITU (International Telecommunication Union):

IPTV ist definiert als Multimediaservice, wie Fernsehen, Video, Audio, Text, Grafiken und Daten, die über IP-basierte Netzwerke übertragen werden und das benötigte Maß an QoS/QoE (Quality of Experience), Sicherheit, Interaktivität und Zuverlässigkeit bereitstellen. [12]

Die ITU definiert auch die IPTV-Services, welche sich in 6 große Gruppen unterteilen lassen: [12]

- *Broadcast Service*: z.B. Multi Angle Service, Electronic Program Guide (EPG), Linear/Broadcast TV mit “Trick Modes” (Pausieren von Live-TV, Time-Shifting etc.)
- *On Demand Service* (Video/TV on Demand, Music on Demand, Game on Demand)
- *Interactive Service* (z.B. T-government, T-learning, T-commerce etc) – hier sendet der Nutzer verschiedene Typen von Anfragen und bekommt interaktives Feedback.
- *Portal Service* (auf Benutzerinteressen zugeschnittenes Portal)
- *Hosting Service*: stellt Benutzern Systeme und Netzwerke zum Speichern von beliebigen Inhalten zur Verfügung

- *3rd Party Content Service*: Service zur Bereitstellung von Inhalten verschiedener Content-Quellen

Des Weiteren unterscheidet die ITU 4 IPTV-Domains, die bei der Bereitstellung eines IPTV-Services involviert sind (siehe auch Abbildung 3-1) [12]:

- *Content-Provider*: Stellt den Inhalt (Video, Audio, Daten, Anwendungen etc.) zur Verfügung
- *Service-Provider*: Dieser stellt dem Endkunden den IPTV-Service zur Verfügung. Typischerweise erwirbt dieser den Inhalt vom Content-Provider und verpackt diesen in seinen Service, den er dann an den Kunden verkauft.
- *Network-Provider*: Dieser ist für den Transport der Inhalte mittels Breitband IP Netzwerk (unter Berücksichtigung von z.B. QoS) zuständig. Er stellt somit die „Verbindung“ zwischen dem Endkunden und dem Service-Provider her. Der Service- und der Netzwerk-Provider können auch ein einziges Unternehmen sein.
- *End-User*: Dieser konsumiert und bezahlt für den IPTV-Service

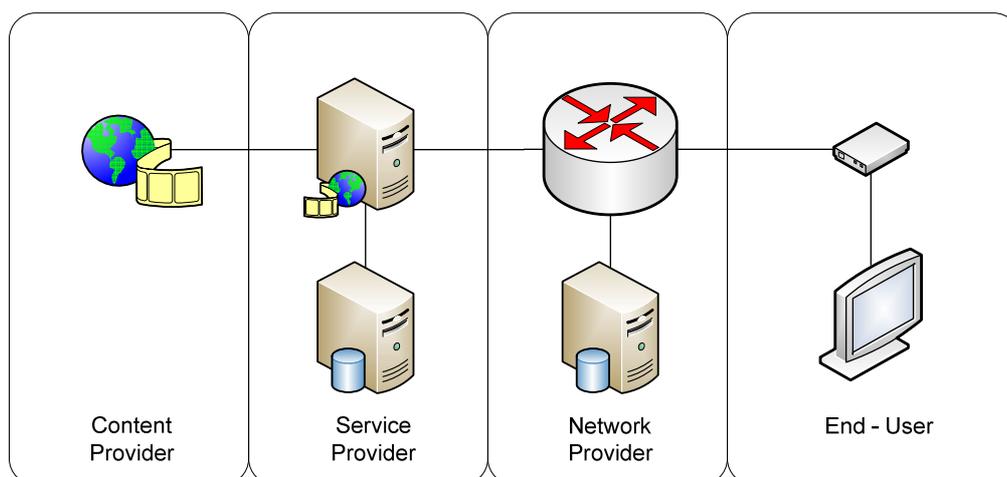


Abbildung 3-1: IPTV Domains [12]

Des Weiteren inkludiert IPTV eine Vielzahl von Features [13]:

- *Unterstützung von interaktivem TV:* die wechselseitigen Möglichkeiten eines IPTV-Systems erlauben dem Provider eine ganze Palette von interaktiven TV-Applikationen zur Verfügung zu stellen. Das können z.B. Live-TV, HD-TV (High Definition TV) oder auch interaktive Spiele sein.
- *Time Shifting:* IPTV in Kombination mit einem DVR (Digital Video Recorder) oder PVR (Personal Video Recorder) erlaubt Time Shifting von Programminhalten, das heißt Aufnehmen und Speichern des IPTV Inhalts für späteres Anschauen.
- *Personalisierung:* Ein End-to-End IPTV-System unterstützt bidirektionale Kommunikation. Der Enduser kann personalisiert (entsprechend seiner TV-Angewohnheiten) entscheiden, was wann er welchen Inhalt sehen will.
- *Geringe Bandbreitenanforderungen:* Anstatt jeden Kanal zu jedem Enduser zu liefern, erlaubt IPTV dem Service Provider, nur den angeforderten Inhalt zu streamen, wodurch Einsparungen in der Bandbreite möglich sind.

In allen angeführten Definitionen findet eine starke Differenzierung zwischen IPTV und WebTV statt. Entweder explizit (in den ersten beiden) oder implizit durch spezielle Anforderungen (z.B. QoS).

Gerade QoS spielt bei IPTV eine große Rolle, deshalb soll es hier nun kurz erklärt werden.

Quality of Service (QoS)

Ein wichtiges Merkmal zur Abgrenzung zwischen IPTV und WebTV ist Quality of Service (QoS).

Unter QoS versteht man die Dienstgüte von Übertragungskanälen und setzt sich aus einer Reihe von Eigenschaften zusammen (z.B. Latenz, Verlustrate, Verfügbarkeit, Durchsatz).

In IP-Netzen wird QoS üblicherweise mit Hilfe der folgenden Parameter erfasst:

- *Durchsatz*: die pro Zeiteinheit im Mittel übertragene Datenmenge
- *Latenzzeit*: Verzögerung der end-to-end Übertragung
- *Jitter*: Abweichung der Latenzzeit von ihrem Mittelwert (Schwankungen in der Übertragungstechnik)
- *Paketverlustrate*: Wahrscheinlichkeit, dass einzelne IP-Pakete bei der Übertragung verloren gehen oder (relevant für Echtzeitdienste) ihr Ziel zu spät erreichen

IPTV hat hohe Anforderungen an QoS, da bereits kleine Qualitätsmängel in der Übertragung Einfluss auf die Bilddarstellung haben. Bei Videos ist der Durchsatz entscheidend, da sie hohe Datenraten erfordern - bei Nichterbringung würde das Video stoppen bzw. ruckeln. Bei interaktiven Anwendungen, die eine kurze Reaktionszeit erfordern, spielt wiederum die Latenzzeit eine große Rolle.

Da im offenen Internet QoS nicht gewährleistet werden kann, sind geschlossene Systeme (speziell reservierte Bandbreiten, Kabelnetze etc.) nötig. Bei WebTV-Diensten (wie z.B. Youtube, Chipfish, ORF tvthek) basiert die Video-Verteilung auf einer Best-Effort-Basis (Daten werden so gut und schnell wie möglich – im Rahmen der zur Verfügung stehenden Ressourcen – übertragen). Somit erreichen solche Videostreams keine gesicherte (Fernseh-)Qualität. [14]

3.3 IPTV – Komponenten

Um IPTV-Services zur Verfügung zu stellen, bedarf es mehr als nur einer Komponente. Ein funktionierendes IPTV System besteht im Wesentlichen aus folgenden Komponenten: Video Encoder, Video Server, Middleware, Digitale Rechtemanagement (DRM) Hardware/Software und Benutzerendgeräten (Set-Top-Boxen), die mit dem TV-Gerät verbunden sind [15]. Diese Komponenten sind in Abbildung 3.2 illustriert und werden nachfolgend kurz beschrieben.

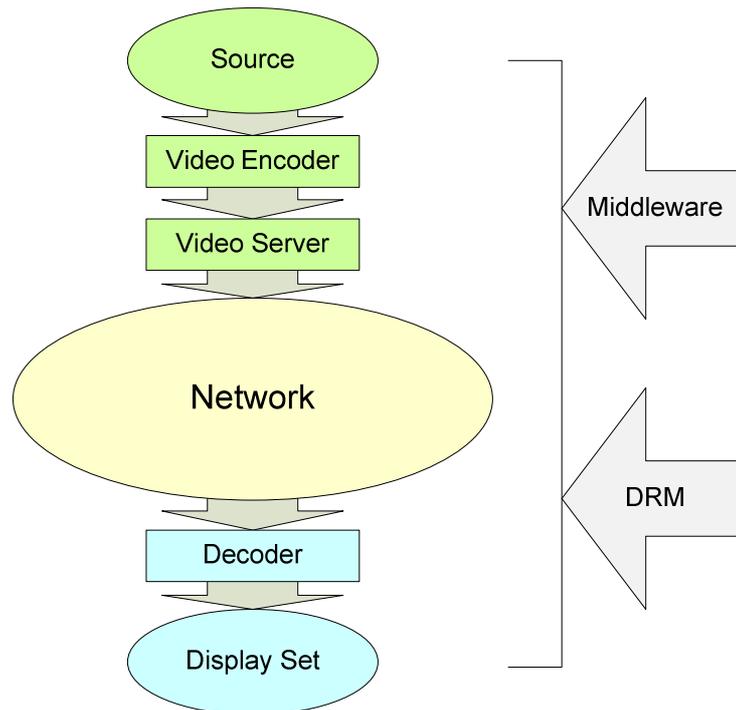


Abbildung 3-2: IPTV Systemkomponenten [15]

Video Encoder

Video Encoder wandeln Inputstreams (Audio-/Videosignale) in ein digital komprimiertes Format um. Dafür gibt es verschiedene Kompressionsalgorithmen – die primären Kompressionsverfahren sind MPEG-2, H.264/AVC (MPEG-4 part 10 AVC) und VC-1 (Video Codec 1 [16]) [13].

H.264/AVC bietet im Vergleich zu MPEG-2 zahlreiche Vorteile [13]:

- Bessere Performance (Kompressionsleistung)
- Benötigt geringere Bandbreiten um ein qualitativ gleichwertiges Videosignal zu transportieren
- Unterstützung von HDTV
- Es handelt sich um einen offenen internationalen Standard, der von vielen Organisationen verwendet und empfohlen wird

- Mit H.264/AVC komprimierte Inhalte können von vielen unterschiedlichen Transportprotokollen wie z.B. ATM (Asynchronous Transfer Mode), UDP (User Datagram Protocol), TCP (Transmission Control Protocol) etc. übertragen werden.

Video Server

Video Server sind mit großen Datenspeichersystemen verbunden und streamen Video- und Audioinhalte via Unicast oder Multicast (siehe Kap. 3.8) an die passenden Clients (z.B. TV STBs). Sie werden hauptsächlich für Video-on-Demand verwendet, können aber auch zum Speichern von Inhalten auf Recordern (z.B. PVR - Personal Video Recorder) verwendet werden. Die essentiellen technischen Faktoren für einen solchen Server bzw. die Serverarchitektur sind die Skalierbarkeit der Speichergröße und die Anzahl der zu verwaltenden Streams sowie die Management-Software und die Vielfalt der verfügbaren Schnittstellen. Dies bedeutet einen hohen Anspruch an Prozessor- und Speicherkapazitäten sowie an effizienten Input/Output-Funktionen um Real-Time Multimediadienste bereitstellen zu können. [13], [15]

Middleware

Middleware bezeichnet die Soft- und Hardware-Infrastruktur, welche beim IPTV-System die Komponenten untereinander verbindet (auf Server- und Client-Seite). Im Wesentlichen handelt es sich um ein Betriebssystem, welches sowohl auf den Servern des Providers als auch auf dem User-Endgerät (STP) läuft. Sie führt die End-to-End-Konfiguration durch, konfiguriert die Videosever, fungiert als Boot-Server für die STBs und stellt sicher, dass die Software kompatibel ist. Sie fungiert also als Kommunikationsbrücke zwischen dem Betriebssystem der STB und der interaktiven IPTV Applikation. [13], [15]

Zugangsberechtigungssystem und Digitales Rechte management

Ein Zugangsberechtigungssystem (CAS – conditional access system) schützt IPTV-Inhalte (sowohl Video als auch Audio), kontrolliert Echtzeitinhalte und behält die Übersicht über bereits gesehene Inhalte.

Generell arbeiten alle CAS und DRMs (Digital Rights Management) mit einer Kombination aus Scrambling und Verschlüsselung [15]. Unter Scrambling versteht man die Verwürfelung eines Datenstroms nach einem festgelegten mathematischen Polynom [17]. Diese Verwürfelung muss beim Empfang (Endgerät) wieder exakt rückgängig gemacht werden. Die technische Realisierung erfolgt z.B. mit Hilfe einer Smartcard.

Benutzer-Endgerät

Das am häufigsten benutzte Endgerät ist eine Set-Top-Box (STB). Die technischen Fähigkeiten variieren je nach Anbieter und Anwendungsgebiet. Der Hauptzweck einer solchen STB ist es, dem Benutzer den Zugriff auf eine Vielzahl von unterschiedlichen übertragbaren digitalen Unterhaltungsinhalten zu bieten. [15]

Eine genauere Erläuterung zu STBs (Arten, Funktionsweise) ist in Kap 3.5 zu finden.

3.4 Übertragung von IPTV

Um die digitalen TV-Services zum Endkunden übertragen zu können, ist ein breitbandiges Netzwerk bzw. eine Netzwerk-Plattform nötig. Der Zweck dieses Netzwerkes ist, Daten zwischen IPTV-Anbieter und IPTV-Kunden hin und her zu senden. Dabei darf aber die Qualität des Video-Streams nicht beeinflusst werden.

Es gibt 6 unterschiedliche Typen von Breitbandnetzwerken, welche die Bandbreiten-Anforderungen von IPTV erfüllen können [13]:

- Glasfasernetzwerk
- DSL-Netzwerk (Digital Subscriber Line)

- Kabel-TV Netzwerk (DVB-C)
- Satelliten basierendes Netzwerk (DVB-S)
- Fixe Wireless-Breitbandverbindung
- Breitbandige Internetverbindung

Es spielt bei IPTV keine Rolle, über welches Netzwerk die Übertragung stattfindet, es müssen lediglich die Anforderungen an Bandbreite, QoS etc. erfüllt werden.

Serverseitig ist der IPTV-Service Provider dafür zuständig, dem Endkunden die Dienste zur Verfügung zu stellen. Die Inhalte werden, wie in Kap. 3.2 beschrieben, vom Content-Provider zur Verfügung gestellt. Auf der Clientseite stellt das IPTV-Empfangsgerät (z.B. eine STB) den wichtigsten Teil dar [13].

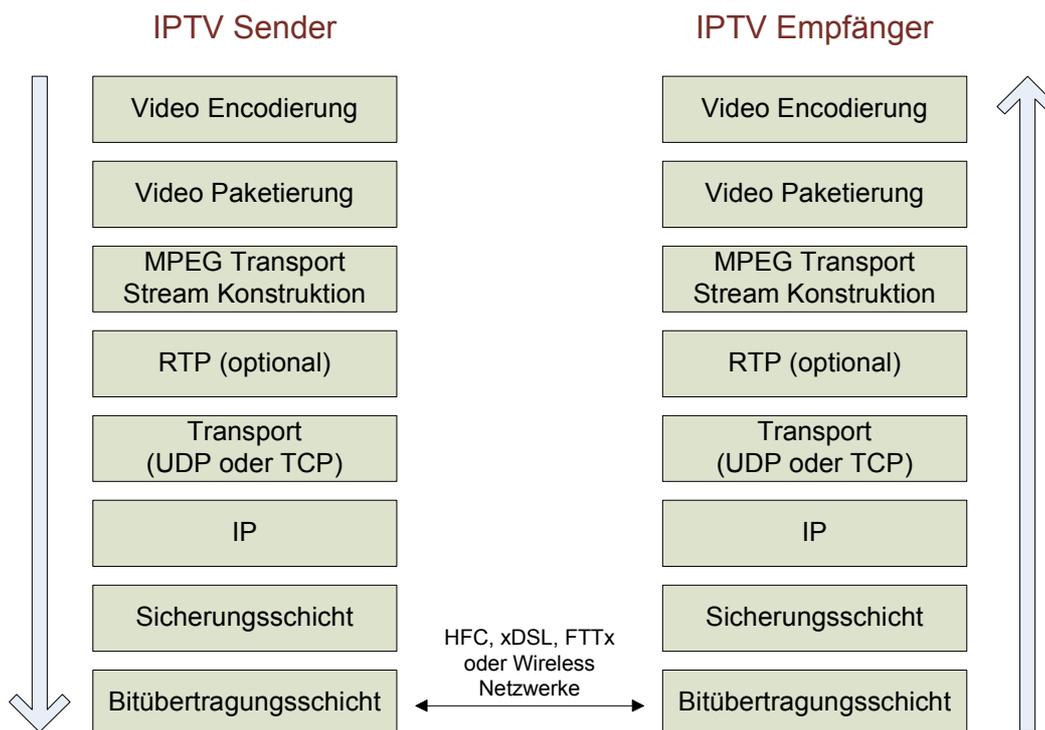


Abbildung 3-3: IPTV-Referenzmodell [13]

Abbildung 3-3 zeigt das Referenzmodell zur Übertragung von IPTV. Dabei müssen die Daten vom Sender (Service Provider) zuerst jede einzelne Schicht des Modells

von oben nach unten passieren, um über ein Netzwerk (HFC – Hybrid Fiber Coaxial, xDSL, FTTx – Fiber to the x) zum Benutzer übertragen zu werden. Auf der Empfängerseite müssen die Daten wiederum alle Schichten von unten nach oben durchlaufen [13].

Jeder Layer ist generell unabhängig und hat spezifische Aufgaben. Jede Schicht fügt den zu übertragenen Daten zusätzliche Information hinzu.

Die Schichten können in zwei grobe Kategorien unterteilt werden [13]:

Obere Schichten

Dabei handelt es sich um die obersten 3 Schichten (Video Encodierung, Paketierung und MPEG Transport Stream Konstruktion). Sie befassen sich mit spezifischen IPTV-Applikationen und Dateiformaten.

Untere Schichten

Diese befassen sich hauptsächlich mit dem tatsächlichen Datentransport.

Die Aufgabenzuteilung der einzelnen Schichten sieht folgendermaßen aus [13]:

Video Encodierungsschicht

Der Kommunikationsprozess startet damit, ein unkomprimiertes Signal (analog oder digital) zu komprimieren, um einen MPEG Elementary Stream (siehe Kap 2.2) zu erhalten.

Video Paketierungsschicht

Hier wird der Elementary Stream in Pakete verpackt und erhält einen Header, Längeninformatoren und Zeitsynchronisationsinformationen. Dieser nun in Pakete aufgeteilte *Elementary Stream* wird *Paketised Elementary Stream (PES)* genannt.

Transport Stream (TS) Konstruktionsschicht

In dieser Schicht werden die PES-Pakete in kleinere Pakete mit konstanter Länge (188 Bytes) aufgeteilt – den sogenannten Transport Stream Paketen.

RTP (Real-Time Transfer Protocol) Schicht

Diese optionale Schicht wird von einer Vielzahl von IPTV-Applikationen genutzt. Sie fungiert als Vermittler zwischen dem Inhalt in den höheren Schichten und den unteren Schichten.

Transportschicht

RTP-Pakete oder auch TS-Pakete bilden den Input in diese Schicht. Hier kann entweder TCP (Transmission Control Protocol) oder UDP (User Datagram Protocol) zur Anwendung kommen (genauere Beschreibung von TCP und UDP siehe Kap. 3.8.3). Bei IPTV kommt mehrheitlich nur UDP zur Anwendung, da dieses Protokoll sich lediglich um das Senden der Daten und nicht, wie TCP, um eine Fehlerkorrektur kümmert. TCP würde durch die Fehlerkorrektur Verzögerungen herbeiführen, wobei eine Echtzeitanwendung keine Verzögerungen toleriert.

IP-Schicht

Die primäre Aufgabe dieser Schicht ist die Weitervermittlung (inkl. Routing) von Datenpaketen.

Sicherungsschicht

Diese Schicht steuert den Zugriff auf das Übertragungsmedium. Sie hat die Aufgabe eine zuverlässige und fehlerfreie Übertragung zu gewährleisten. Dazu gehören Fehlerkorrektur und Synchronisation. Durch die Datenflusskontrolle wird dynamisch die Geschwindigkeit eingestellt, mit der zur Gegenseite gesendet werden darf.

Bitübertragungsschicht

Diese unterste Schicht stellt die elektrischen Hilfsmittel bereit um physikalische Verbindungen wie elektrische Signale zu aktivieren und aufrechtzuerhalten, damit die Bits der IPTV-Daten übertragen werden können.

3.5 Set-Top-Boxen (STB)

STBs sind prinzipiell Computer, deren Hauptaufgabe darin besteht, Daten zu empfangen und in ein für die Darstellung am TV-Gerät geeignetes Signal umzuwandeln, um dem Enduser die Nutzung dieser Daten zu ermöglichen. Sie verfügen sowohl über eine Netzwerkschnittstelle als auch über eine Schnittstelle zum Empfangsgerät (z.B. HDMI – High Definition Multimedia Interface). [13]

STBs haben eine Reihe von Eigenschaften, unter anderem [13]:

- Portabilität
- leichte Bedienbarkeit
- Leistbarkeit (für den durchschnittlichen Haushalt)
- Unterstützung von bidirektionalen (2-Wege) Datendiensten (erlaubt Kommunikation mit dem Service-Provider)
- Unterstützung von interaktiven TV-Anwendungen
- Home-Network Fähigkeiten (Echtzeitkommunikation mit z.B. Musikservern, Digitalkameras etc.)

3.5.1 Prinzipieller Aufbau einer Set-Top-Box

Es gibt viele verschiedene Arten von IP-STBs. Das Prinzip ist bei allen diesen Boxen dasselbe, sie unterscheiden sich hauptsächlich in ihren Zusatzfunktionen (z.B. digitaler Videorecorder, WebTV und Internetsurfen etc.).

Abbildung 3-4 zeigt ein Referenz-Blockdiagramm einer solchen STB.

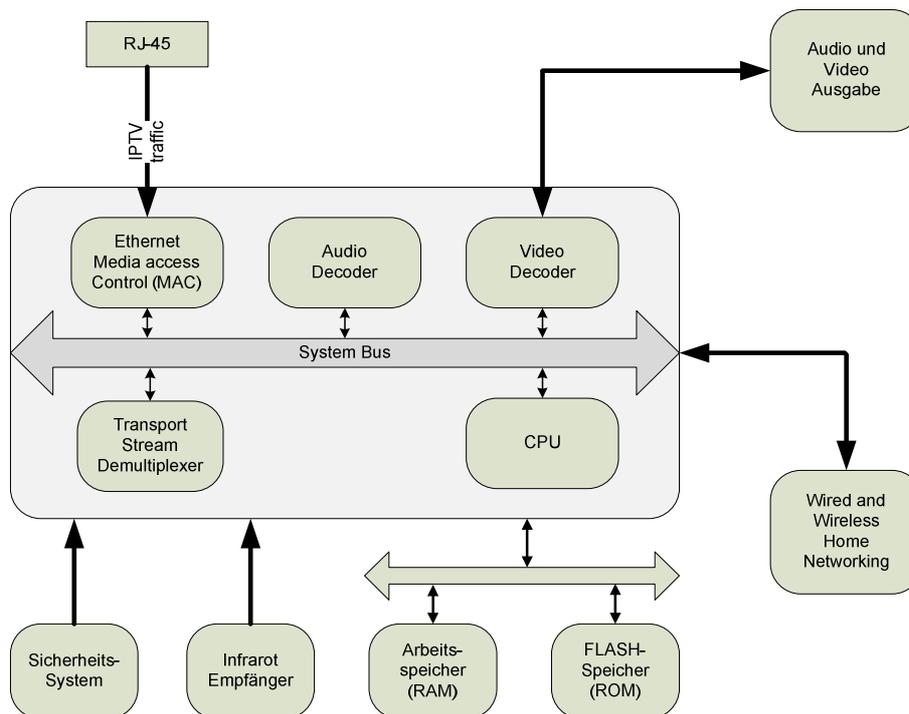


Abbildung 3-4: Blockdiagramm einer Set-Top-Box [13]

Die einzelnen Module übernehmen dabei folgende Aufgaben [13]:

CPU (Central Processing Unit)

Der Prozessor ist unter anderem für das Initialisieren der Hardware-Komponenten, das Lesen des IPTV Paketstroms, Lesen/Schreiben von Daten vom/ins Memory und dem Betreiben des Betriebssystems zuständig.

Speicher

Eine STB hat zwei Arten von Speicher:

- RAM (Random Access Memory): dieses wird als flüchtiger Speicher für den Datenstrom verwendet sowie für Grafikverarbeitung und interaktive IPTV-Applikationen.

- Flash EEPROM (Electrical Erasable Read Only Memory): hier werden veränderbare Daten wie z.B. Netzwerk- oder Konfigurationseinstellungen permanent gespeichert. Das heißt die Einstellungen sind auch nach der Trennung vom Stromnetz noch verfügbar.

Transport Stream Demultiplexer

Dieser wählt die zum gewählten Programm zugehörigen Datenpakete (dies können Audio, Zusatz- oder Videodaten sein) aus und entpackt sie.

Sicherheitssystem

Die Hauptaufgabe liegt darin, die empfangenen Audio- und Videodaten bei Berechtigung zu entschlüsseln (z.B. mittels Smartcard).

Video-Decoder

Dieser ist für die Verarbeitung und Decodierung von Videodaten verantwortlich.

Audio-Decoder

Jener ist für die Verarbeitung und Decodierung von Audiodaten zuständig.

Schnittstellen und Anschlüsse

STBs besitzen eine Vielzahl von Schnittstellen zur Kommunikation mit externen Geräten. Diese Schnittstellen kann man in 6 Kategorien unterteilen: Input (Ethernet Empfänger/Controller oder Infrarot Empfänger), Analog Video Output, Analog Audio Output, Advanced Digital Output, Home Network und Infrarot.

3.6 IPTV – Anbieter in Österreich

Derzeit gibt es in Österreich eine Hand voll IPTV-Anbieter, wovon zwei hier kurz beschrieben werden.

3.6.1 Telekom Austria

In Österreich wird IPTV z.Z. von der Telekom Austria als Produkt mit der Bezeichnung „aonTV“ angeboten. Dazu gibt es verschiedene Pakete – vom Basispaket (über 90 TV- und 300 Radiosender) über aonHD (10 Sender in HD-Qualität) bis zum Premium TV (30 zusätzliche TV-Sender) [18].

Als Übertragungsmedium wird die in den meisten Häusern vorhandene zweiadrige Telefonleitung (POTS – Plain Old Telefon System) verwendet. Als Übertragungstechnologie kommt ADSL2+ (Asynchronous Digital Subscriber Line) und VDSL2 (Very High Speed Digital Subscriber Line) zum Einsatz [19].

Kombinationspakete mit Internet (bis 8 Mbit/s im Download), Telefon und Fernsehen sind unter dem Produkt „aonSuperKombi“ erhältlich. Seit September 2010 werden immer mehr Hauptämter mit VDSL2 ausgestattet, was eine Downloadgeschwindigkeit von bis zu 30 Mbit/s erlaubt. Dadurch sind mehrere IPTV-Streams (auch in HD) zeitgleich über einen Anschluss möglich [20].

Beim Basispaket werden dem Kunden ein Router und eine STB (Set-Top Box) als Leihgeräte zur Verfügung gestellt. Bei der STB handelt es sich um ein Gerät von ADB, Typ: ADB3800/10TW [18].



Abbildung 3-5: ADB3800/10TW [21]

Eckdaten der STB [21]:

- Smart-Card-Reader
- SPDIF (Sony/Philips Digital Interface) digitaler Audioausgang
- Fast-Ethernet Anschluss
- USB (2.0) Anschluss, derzeit nicht belegt
- Chinch für Stereo-Ton Ausgabe
- 2x Scart (1x für analoges TV-Gerät und 1x für Videorecorder)
- 1x HDMI (digitaler Videoausgang zum Anschluss eines HDTV-Fernsehgerätes)

Der mitgelieferte Router ist der Thomson TG 585 v7. [19]

Eckdaten [19]:

- Integriertes ADSL2+ Modem (Annex A)
- Routerfunktion (NAT)
- WLAN (b/g-Standard)
- 4-Port-Switch (10/100 Mbit/s)

Das Gerät wird wie folgt vorkonfiguriert ausgeliefert [19]:

- Port 1 und 2: Internetzugang
- Port 3 und 4: IPTV-Zugang für aonTV

Die STB wird an den mitgelieferten Router über die Netzwerkports 3 oder 4 angeschlossen.

Um eine fehlerfreie und sichere Übertragung zu gewährleisten, wird eine Bandbreite von 4 Mbit/s pro Set Top Box reserviert. Im Falle eines aktivierten HD-Pakets kann die reservierte Bandbreite 7 Mbit/s betragen [19].

Für die Live-Inhalte der verschiedenen Sender findet die Übertragung über Multicast (siehe Kap. 3.8.3) statt, da zu vielen Clients zur selben Zeit dieselben Daten übertragen werden.

Für Videos aus der Mediathek hingegen ist Unicast (siehe Kap. 3.8.1) als Übertragungsart sinnvoll. Dabei bezahlt der Endkunde pro bestelltem Beitrag oder Film, den er sich anschauen möchte. Daraufhin ist es möglich, den Inhalt innerhalb von 24 Stunden beliebig oft anzusehen [18]. Der Stream wird nur zu diesem Kunden übertragen.

3.6.2 UPC-Telekabel

UPC-Telekabel bietet zurzeit unter „Digital TV“ eine Kombination von digitalen Fernseh- und Radioprogrammen über DVB-C sowie VideoOnDemand („Filmhighlights auf Knopfdruck“) an. Je nach gewähltem Paket (Standard oder HD, Digital Video Recorder ja/nein) stehen dem Kunden 4 verschiedene STBs zur Verfügung, die als Leihgerät zur Verfügung gestellt werden [22].

Als Übertragungsmedium wird bei UPC vorwiegend ein Koaxialkabel eingesetzt, vor allem in der Ebene zu den Teilnehmern. Neue Teilstrecken werden immer mehr mit Lichtwellenleiter (LWL) ersetzt. Diese Netze gemischter Technologien werden HFC (Hybrid FiberCoax) genannt. Als Übertragungstechnologie kommt derzeit DVB-C zur Anwendung.

Seit 19. Oktober 2010 stellt der Sender ATV (Österreichischer privater Fernsehsender) seine Inhalte im Netz von UPC für Video on Demand zur Verfügung. Dabei sind zwei Drittel der Inhalte kostenlos, die neuesten Episoden kosten 0,98 Euro [23].

Das Angebot an Programmen wird ständig ausgebaut, wobei der Focus immer mehr bei interaktiven Diensten und VideoOnDemand liegt.

3.7 WebTV

Über das Internet bieten immer mehr Fernsehsender ihr Programm in Form von Video-Streams an. Diese sind ausschließlich für Software-Player ausgelegt.

Beispiele für Streaming-Software (Server, Clients und Encodierprotokoll) sind:

- Flash von Adobe [7]
- Windows Media Video und Audio von Microsoft [8]
- RealEncoder bzw. RealPlayer von Real [24]
- Quicktime von Apple [25]

Wie schon in Kap. 3.2.1 beschrieben, basiert die Video-Verteilung auf einer Best-Effort-Basis. Zur Vermeidung von Aussetzern wird mit Puffern gearbeitet, die kurzzeitige Einbrüche bei der Datenübertragung ausgleichen sollen. Allerdings ergibt sich dabei eine zeitliche Verzögerung bei der Wiedergabe des Inhalts, die direkt proportional zur verwendeten Puffergröße steigt. Vor allem bei Liveinhalten ist dies unerwünscht. Hier geht es darum einen akzeptablen Kompromiss zu finden.

Eines der wohl bekanntesten WebTV-Portale ist Youtube [26]. Dies ist ein Portal, das sowohl das Ansehen von Videos als auch das Hochladen von eigenen Videoinhalten ermöglicht. Als Video-Codec wird Flash von Adobe [7] verwendet.



Abbildung 3-6: Screenshot des Web-TV-Portals Youtube [26]

Des Weiteren setzen auch Fernsehsender auf Videostreaming - Beispiele einiger bekannter Fernsehsender mit Videostreaming sind:

- ORF (tvthek)
- ZDF und ARD (ZDF Mediathek, Das Erste Mediathek)
- RTL und VOX (RTLnow, VOXnow)

3.7.1 ORF tvthek

Unter der Adresse <http://tvthek.orf.at> beheimatet der ORF sein Online-Video-Angebot. Als Streaming-Software wird Flash von Adobe und Windows Media von Microsoft eingesetzt.

Die Inhalte sind Nachrichten und Eigenproduktionen wie z.B.:

- *ZIB (Zeit im Bild) – tägliche nationale und internationale Nachrichten*
- *Bundesland heute – tägliche nationale Nachrichten*

- *Universum*
- *ECO*

Die Sendungen können auch live zur Ausstrahlungszeit über einen Livestream angesehen werden. Allerdings umfasst das Live-Angebot der Rechte wegen nur Eigenproduktionen [27].

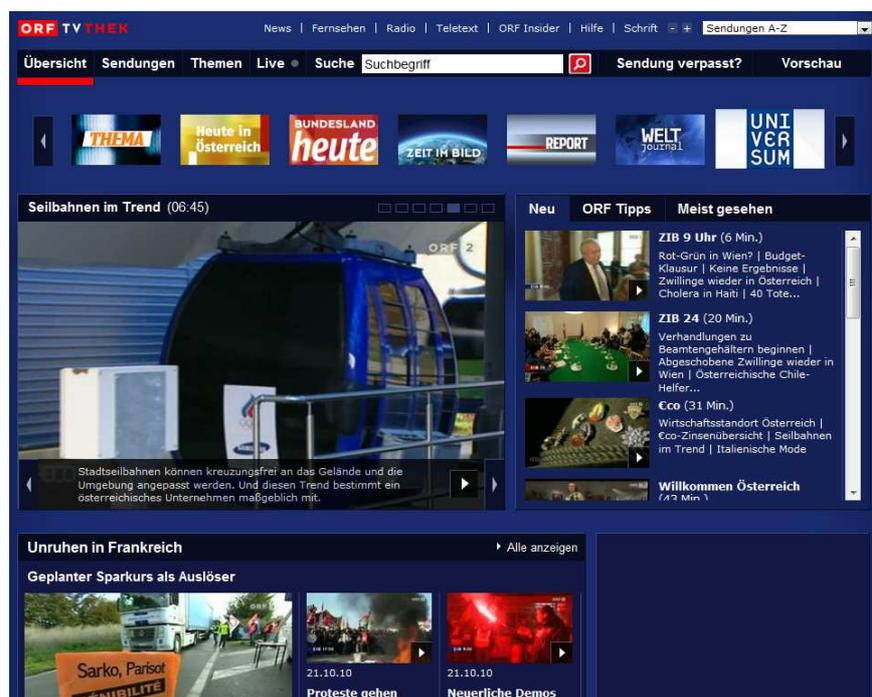


Abbildung 3-7: WebTV-Portal der ORF tvthek [27]

Als Streamingsoftware setzt der ORF zurzeit noch auf Windows Media von Microsoft. Seit 16. Dezember 2010 werden zusätzlich das iPhone und das iPad von Apple.com unterstützt. Dabei wird auf den kommenden Webstandard HTML5 gesetzt. Dieser Standard verwendet als Videocodec H.264, der ein sehr gutes Verhältnis von Qualität zu Bitrate aufweist. Die Inhalte werden in einer höheren Qualität mit 800 kbit/s und in einer niedrigeren mit 170 kbit/s angeboten [28].

Im ersten Quartal 2011 sollen auch Android- und diverse Symbian basierende Mobiltelefone auf die Inhalte zugreifen können. Dabei wird es eine Variante mit der Software Flash von Adobe und eine HTML5-Variante zur Auswahl geben, wobei die Wahl entsprechend der Verbindungsgeschwindigkeit und je nach Endgerät automatisch erfolgen soll [28].

3.7.2 ZDF und ARD

Als Vorreiter der Entwicklung in Deutschland gilt das ZDF. In der ZDFMediathek ist ein Großteil der ausgestrahlten Inhalte über Video-on-Demand abrufbar. Es sind darin aktuelle Nachrichten zu finden, wie auch Dokumentationen und Magazinbeiträge. Hat man eine Sendung verpasst, kann sie hier nachträglich angesehen werden. Die Seite ist übersichtlich strukturiert und bietet interessante Möglichkeiten der Suche nach Beiträgen [29].



Abbildung 3-8: ZDF-Mediathek

Die ARD bietet gleich zwei Mediatheken an. In der ersten kann man die Inhalte des Fernsehsenders „Das Erste“ finden, die zweite umfasst zusätzlich Beiträge der regionalen Sender wie SWR und Bayerischer Rundfunk.

Die Umsetzung ist ähnlich der des ZDF. Als Streamingsoftware wird bei beiden Sendern Windows Media und Flash eingesetzt, wobei die meisten Videos in Flash verfügbar sind. Die Inhalte sind zusätzlich auch als Podcasts verfügbar und können so mit jedem podcastfähigen Player genutzt werden.

Eigene Inhalte werden wie bei ORF auch als LIVE-Stream angeboten. Dabei kommt Windows Media als Codec zum Einsatz [30].

3.7.3 RTL und VOX

Die Sendergruppe RTL und VOX stellt alle seine ausgestrahlten Inhalte unter RTLnow.de bzw. VOXnow.de ins Internet. Dabei wird dieselbe Plattform verwendet. Als Streaming-Software kommt Flash von Adobe [7] zum Einsatz. Serien sind bis zu 7 Tage nach Ausstrahlung kostenlos verfügbar. Allerdings wird Werbung in den Stream eingespielt, die man nicht überspringen kann. Nach spätestens 7 Tagen werden die jeweiligen Inhalte kostenpflichtig – die Kosten belaufen sich auf 99 Cent pro Folge/Show. Diese können dann innerhalb von 24 Stunden beliebig oft angesehen werden. Spielfilme sind immer kostenpflichtig (ab 99 Cent) und können dann innerhalb von 24 Stunden beliebig oft angeschaut werden [31].



Abbildung 3-9: WebTV-Portal von RTL [31]

3.8 Arten der Datenübertragung

Um Daten vom Server zum Client zu übertragen, gibt es mehrere Möglichkeiten. Diese Übertragungsarten werden in diesem Kapitel immer in Bezug auf Video und Audio hin beschrieben.

3.8.1 Unicast

Mit Unicast wird jeweils eine dezidierte Punkt-zu-Punkt Verbindung zwischen Server und Client aufgebaut. Unicast-Verbindungen machen z.B. im Internet mehr als 99% aller Verbindungen aus.

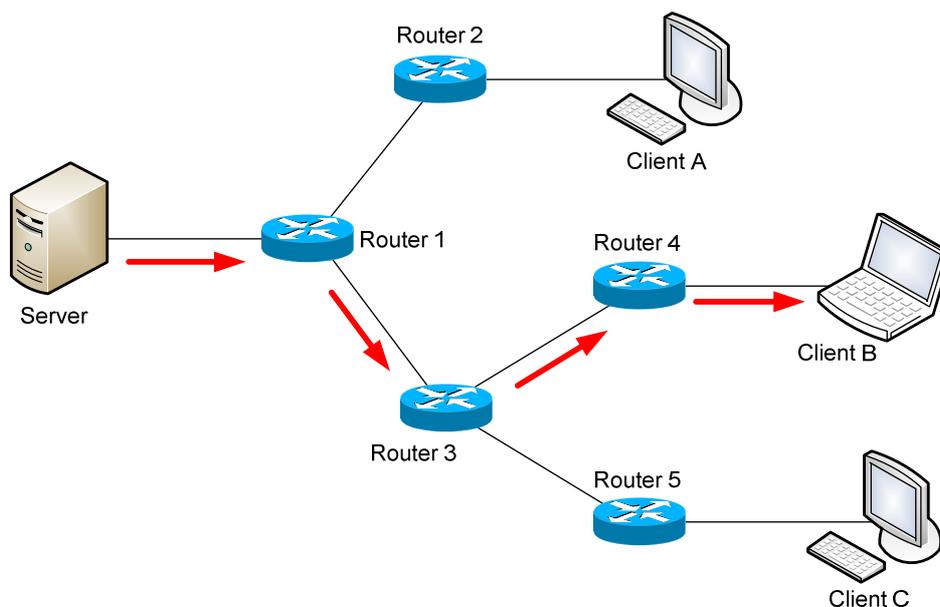


Abbildung 3-10: Unicast-Verbindung zu einem Client

Wird zum Beispiel von Client B ein Videostream angefordert, wird die Leitung zwischen Server, Router 1, Router 3, Router 4 und dem Client B (rote Pfeile) genau ein Mal mit der Bandbreite der Streams belastet.

Diese Art der Datenübertragung wird für Video on Demand eingesetzt, also für Inhalte, die vom Client aus einer bereitgestellten Bibliothek abgerufen werden und nur zu ihm übertragen werden.

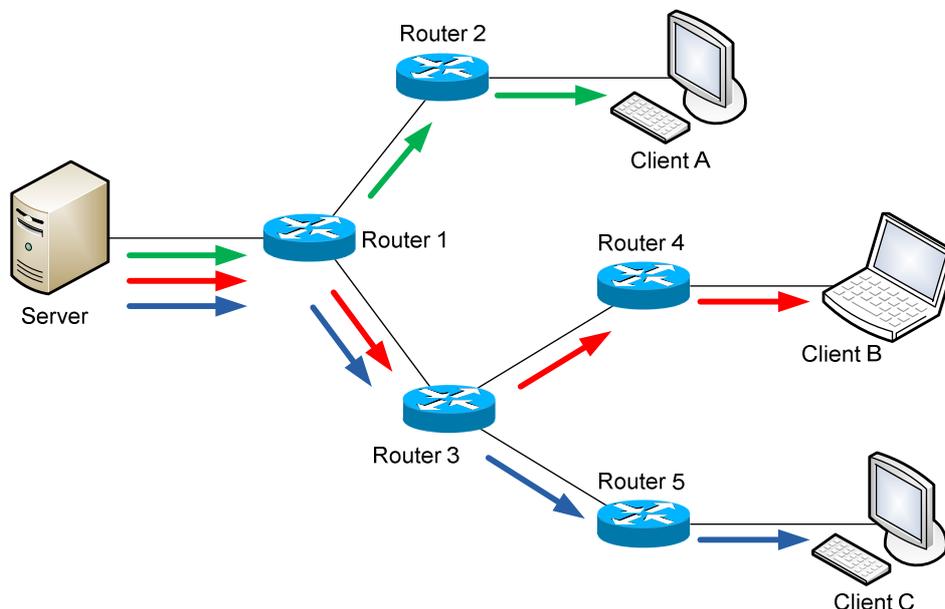


Abbildung 3-11: Unicast-Verbindung zu mehreren Clients

Wird derselbe Inhalt nun von einem zweiten und dritten Client angefordert, so müssen drei Kopien derselben Daten vom Server zu Router 1 übertragen werden. Von Router 1 zu Router 3 müssen die Daten auch doppelt übertragen werden. Da zusätzlich noch ein Overhead für die Verwaltung der Verbindungen dazukommt, steigt die Netzwerklast überproportional zur Anzahl der Clients.

In einem Szenario mit mehreren 100 Clients ist diese Art der Datenübertragung nicht geeignet, da es aufgrund der Fülle der zu übertragenden Daten zu einer Überlastung des Netzwerks - speziell zwischen Server und Router 1 - führen könnte.

3.8.2 Broadcast

Mit Broadcast werden Datenpakete von einem Punkt im Netzwerk an alle Teilnehmer im Subnetz (Teilnetz eines Netzwerkes) zur gleichen Zeit versendet. Es wird z.B. von DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) verwendet um noch nicht bekannte Clients in ein bestehendes Netzwerk einzubinden.

Es wird zwischen folgenden IP-Broadcasts unterschieden:

Limited Broadcast

Die Zieladresse ist dabei die IP-Adresse 255.255.255.255. Das Ziel ist dabei im eigenen Subnetz und wird in einen Ethernet-Broadcast umgesetzt. Solche Broadcasts werden von Routern nicht weitergeleitet [32].

Directed Broadcast

Die Zieladresse ist dabei eine Broadcastadresse eines beliebigen Netzwerks im Internet.

In einem Klasse C Netzwerk schaut das zum Beispiel wie folgt aus:

| | |
|-------------------|---|
| Netzwerk: | 192.168.0.0 |
| Subnetz: | 255.255.255.0 (max. 254 nutzbare IPv4-Adressen) |
| Broadcastadresse: | 192.168.0.255 |

Solche Broadcasts werden von Routern nur weitergeleitet, falls Quell- und Zielnetz unterschiedlich sind. Sicherheitstechnische Aspekte sprechen allerdings dafür, dass Router heute diese Art von Broadcasts nicht mehr weiterleiten sollten, da damit gezielte Angriffe gemacht werden könnten [32].

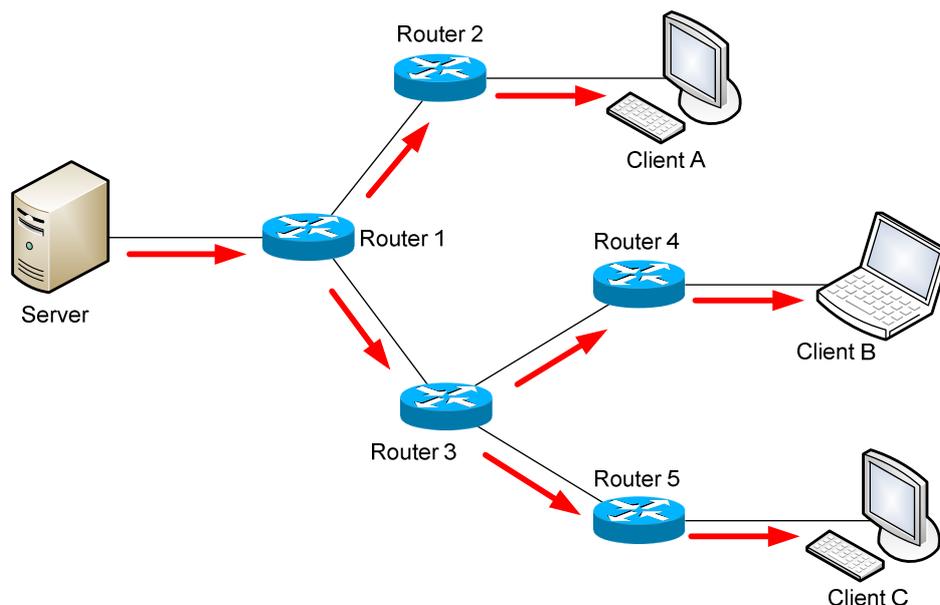


Abbildung 3-12: Broadcast in einem Netzwerk

Ein Switch repliziert Broadcastpakete an all seinen Ports mit Ausnahme des die Broadcastpakete empfangenden Ports. Dabei wird das gesamte Subnetz mit dem Traffic belastet. Jeder Client bekommt die Datenpakete und muss entscheiden, ob er sie weiterverarbeitet oder verwirft.

Abbildung 3-12 zeigt ein Beispiel einer Broadcast-Datenübertragung in einem Netzwerk, bei dem die Clients B und C die Daten empfangen sollen. Dabei werden die Daten nur ein Mal auf dem Netzwerkabschnitt zwischen Server und Router 3 übertragen. Router 3 dupliziert sie dann und sendet sie an die Clients B und C. Allerdings bekommt auch Client A die Inhalte gesendet, obwohl er diese nicht angefordert hat. Broadcast erlaubt keine Einschränkung des Empfängerkreises. Das bedeutet, dass gesendete Daten über Broadcast immer an alle Empfänger im Subnetz geschickt werden.

In IPv6 (Internet Protokoll Version 6) werden Broadcasts überhaupt nicht mehr unterstützt, es wird stattdessen Multicast eingesetzt.

3.8.3 Multicast

Multicast ist eine sogenannte „Punkt zu einer Gruppe“ Datenübertragung über ein IP-Netzwerk. Ziel ist eine effizientere Nutzung der Bandbreite. Voraussetzung für das Funktionieren von Multicast ist der Einsatz von multicastfähigen Switches und Routern.

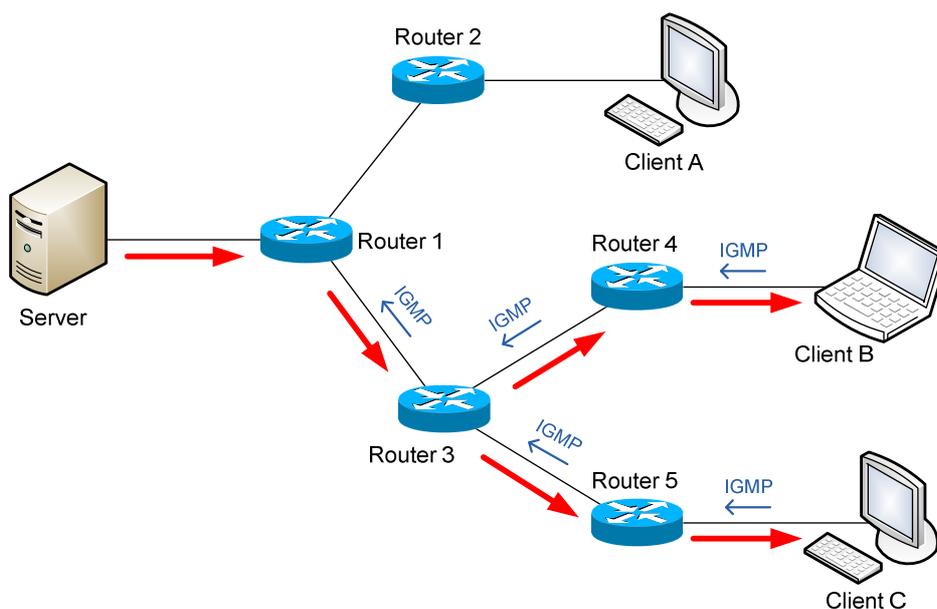


Abbildung 3-13: Multicast

Prinzipielle Funktionsweise:

- Ein Server sendet eine Kopie des Datenstroms an eine „virtuelle“ Multicastadresse. Virtuuell, da diese Adresse keinem Host zugewiesen ist.
- Der Router erkennt die Multicastdaten und verteilt sie nur an jene Clients weiter, die sie auch anfordern, d.h. mittels IGMP (Internet Group Management Protocol) der entsprechenden Multicastgruppe beigetreten sind.

-
- Der Router repliziert diese Daten selbständig, ohne dabei eine weitere Kopie vom Server anzufordern und sendet sie jedem Client, der der Multicastgruppe beitrifft.
 - Es wird dadurch eine effizientere Nutzung der Netzwerkressourcen erreicht, das heißt die Netzwerklast nimmt mit steigender Anzahl von Clients nicht zu.

Es stehen 2 Übertragungsprotokolle zur Verfügung:

TCP (Transmission Control Protocol)

TCP ist eine frei verfügbares Protokoll ohne Bindung an einen Hersteller. Es bildet die Grundlage des heutigen Internets. Es ist ein zuverlässiges, verbindungsorientiertes, paketvermittelndes Transportprotokoll. TCP stellt eine Verbindung zwischen zwei Endpunkten einer Netzwerkverbindung her. Darin können in beide Richtungen Daten zugleich gesendet und empfangen werden [32].

TCP kümmert sich um folgendes:

- fehlerfreie Datenübertragung
- richtige Reihenfolge der eintreffenden Daten
- Vollständigkeit der Daten
- Vermeidung von doppelten Paketen

UDP (User Datagramm Protocol)

UDP ist ein unzuverlässiges, verbindungsloses Protokoll. Es wird weder garantiert, dass die gesendeten Pakete ihr Ziel erreichen oder dass sie in der gesendeten Reihenfolge beim Ziel ankommen noch dass sie nur einmal ankommen. Bei Video- oder Toninhalten kommt es nicht auf die Übertragung jedes einzelnen Bytes an, sondern vielmehr auf einen kontinuierlichen Datenstrom ohne längere Unterbrechungen. Verlorene Pakete unterbrechen dabei nicht die Ton- oder Videoübertragung, sondern vermindern nur die Qualität. Würden sie wie bei TCP nochmal übertragen

werden, müssten sie verworfen werden, da die jeweilige Szene schon der Vergangenheit angehört [32].

Multicast verwendet das Transport-Protokoll *UDP (User Datagram Protocol)*, da hier auf den kontinuierlichen Datenstrom und weniger auf die Vollständigkeit der Daten Wert gelegt wird.

IANA (Internet Assigned Numbers Authority) [33] ist eine Organisation, die sich vor allem um die Vergabe von öffentlichen IP-Adressen im Internet kümmert. Sie ist zuständig für die Top-Level-Domains, die IP-Protokollnummern und die Zuordnung von Ports im Internet.

Für Multicast hat IANA die sogenannten Class-D Adressen reserviert:

IPv4: 224.0.0.0 bis 239.255.255.255 = 224.0.0.0/4

IPv6 jede mit FF00::/8 beginnende Adresse

Klasseneinteilung der IP-Adressen

Class-A-Adressen

- geeignet für Anwender mit vielen Clients und wenigen Netzwerken
- „0“ als hochwertigstes Bit
- Netzwerkadresse mit 7 bit codiert => ergibt 128 Netze
- Hostadresse 24 bit codiert => 16 777 216 IP-Adressen
- Adressbereich: 0.0.0.0 bis 127.255.255.255

Class-B-Adressen

- für Anwender mit ausgewogener Verteilung von Clients und Netzwerken
- „1 0“ als hochwertigstes Bitpaar
- Netzwerkadresse mit 14 bit codiert => ergibt 16 384 Netze
- Hostadresse 16 bit codiert => 65 536 IP-Adressen
- Adressbereich: 128.0.0.0 bis 191.255.255.255

Class-C-Adressen

- Geeignet für wenige Clients und viele Netzwerke

- „1 1 0“ als hochwertigste Bitkombination
- Netzwerkadresse mit 21 bit codiert => ergibt 2 097 152 Netze
- Hostadresse 8 bit codiert => 256 IP-Adressen
- Adressbereich: 192.0.0.0 bis 223.255.255.255

Class-D-Adressen

- Für Multicast reserviert
- „1 1 1 0“ als hochwertigste Bitkombination
- Multicastgruppen mit 28 bit codiert => ergibt 268 435 456 Gruppen
- Adressbereich: 224.0.0.0 bis 239.255.255.255

Class-E-Adressen

- Derzeit nicht in Verwendung, reserviert für zukünftige Anwendungen
- Adressbereich: 240.0.0.0 bis 255.255.255.255

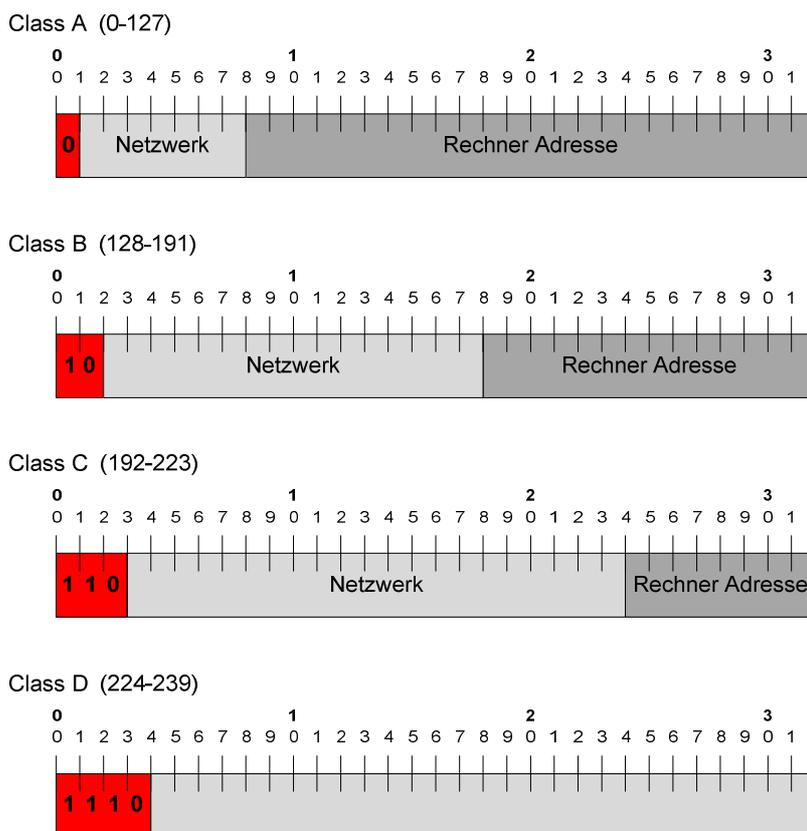


Abbildung 3-14: Klasseneinteilung der IP-Adressen

IP-Multicastadressen sind nur durch ihre Zieladresse im Header erkennbar. Dabei entspricht die IP-Multicastadresse der Gruppenadresse.

Einige der wichtigsten Gruppen aus diesem Bereich sind:

- 224.0.0.1 ist die Gruppe „all-hosts“. Wird ein Ping an diese IP-Adresse gesendet, so sollten alle multicastfähigen Clients antworten, die im selben Subnetz sind. Will ein Client Multicastdaten empfangen, muss er dieser Gruppe auf jeden Fall beitreten.
- 224.0.0.2 ist die Gruppe „all-routers“. Dieser Gruppe müssen alle Router beitreten, die Multicastdaten empfangen wollen.
- 224.0.0.12 ist die Gruppe „all-DHCP-Server/Relay“: Auf diese Adresse müssen alle DHCP- und DHCP-Relay-Server antworten.
- Der Bereich 224.0.0.0 bis 224.0.0.255 ist für die lokale Kommunikation und Verwaltung reserviert. Pakete an diese Adressen werden von Routern standardmäßig nicht in andere Netze weitergeleitet.

IGMP (Internet Group Management Protocol)

IGMP ist ein integraler Bestandteil für die Steuerung der Multicastdatenströme. Damit wird das Beitreten und das Verlassen einer Multicastgruppe geregelt. Es gibt bis heute 3 Versionen: IGMP v1, IGMP v2 und IGMP v3. Der folgende Abschnitt verschafft einen kleinen Überblick. [13]

- *IGMP v1* wurde bereits 1989 veröffentlicht unter RFC 1112 [34]. Es werden folgende Nachrichtentypen unterstützt:
 - *Host membership query*: Es wird eine Anfrage geschickt, in welchen Multicastgruppen sich angeschlossene Clients befinden.
 - *Host membership report*: Es wird von einem Client die Anfrage geschickt, einer bestimmten Gruppe beitreten zu wollen.

Diese Version ist heute kaum mehr in Verwendung.

- *IGMP v2* wurde 1997 veröffentlicht unter RFC 2236 [34]. Diese Version wird zurzeit von den meisten multicastfähigen Geräten unterstützt.

Wesentliche Merkmale:

- Verbesserte Erkennung, ob noch ein Client einer Gruppe beigetreten ist oder sie schon verlassen hat
- Wird von allen modernen Betriebssystemen unterstützt
- Rückwärtskompatibel zu IGMP v1
- Unterstützung für IPTV durch einen neuen Nachrichtentyp, der das Verlassen eines Programms signalisiert.
- Integration in IPv6
- Alle IGMP v2 Nachrichten werden nun in IP-Pakete mit der Protokollnummer 2 verpackt

Nachrichtentypen von IGMP v2:

- *Membership query*: Es wird eine Anfrage geschickt, in welchen Multicastgruppen sich angeschlossene Clients befinden. Es kann auch eine spezielle Anfrage ausgesendet werden, ob eine spezielle Gruppe Mitglieder unter den angeschlossenen Clients hat.
 - *Version 1 membership report* (aus IGMP v1): Es wird von einem Client die Anfrage geschickt, einer bestimmten Gruppe beitreten zu wollen (IGMP v1 – fähige Geräte)
 - *Version 2 membership report*: Es wird von einem Client die Anfrage geschickt, einer bestimmten Gruppe beitreten zu wollen (IGMP v2 - fähige Geräte)
 - *Leave group*: Damit signalisiert ein Client, eine Gruppe verlassen zu haben. Der Router kann dadurch schneller einen Stream stoppen und dadurch Traffic einsparen.
- *IGMP v3* wurde 2002 veröffentlicht unter RFC 3376 [34]. Es ist nun auch noch möglich, dass Clients gezielt wählen können, von welchen Quellen sie Nachrichten empfangen oder auch nicht empfangen möchten.

4 Aufbau eines lokalen IPTV-Systems

4.1 Motivation

Es soll ein IPTV-Server-Client System realisiert werden, das ausschließlich mit frei erhältlicher Software auskommt. Dabei wird ein PC Fernsehprogramme, die über Satellit empfangen werden, in ein lokales Netzwerk einspeisen. Mittels einer speziellen Software wird der DVB-Transportstrom des Satelliten in IP-Pakete gepackt und über das lokale Netzwerk verteilt.

PCs in diesem Netzwerk können diese Sender dann abrufen. Dabei sind am Client nur eine Abspielsoftware und eine Verbindung zum Netzwerk erforderlich.

Voraussetzungen:

Serverseite:

- Satellitenempfangsantenne mit Ausrichtung auf Astra 19,2 Grad Ost
- Ein PC mit einer DVB-Karte
- Lokales Netzwerk mit mindestens 100 Mbit/s (Fast Ethernet)
- Multicastfähiger Switch mit mindestens 100 Mbit/s (Fast Ethernet)

Clientseite:

- PC oder Laptop mit beliebigem Betriebssystem (Linux, Windows oder MacOS)
- Open Source Programm: VLC (Video Lan Client)
- Netzwerkverbindung zum Servernetzwerk mit mindestens 8 Mbit/s zum Empfang eines SD-Programms und mindestens 18 Mbit/s für ein HD-Programm

4.2 Server

Der Server wird dazu verwendet, die empfangenen Signale aufzubereiten und sie über ein Netzwerk an die Clients zu verteilen. In diesem Kapitel werden nun die serverseitigen Voraussetzungen sowie die praktische Umsetzung (verwendete Komponenten, Konfiguration der Software) beschrieben.

4.2.1 Hardware

PC

Ein Satellitentransponder hat eine Bandbreite von ca. 40 Mbit/s. Der interne Bus des PCs muss diese empfangenen Datenmengen kontinuierlich verarbeiten können. Dies ist besonders wichtig, wenn mehrere DVB-Karten in einem PC zum Einsatz kommen.

Auf dem Server findet keine Formatkonvertierung statt, das heißt, aus dem MPEG2-Transport Stream werden die einzelnen Elementary Streams (ES) demultiplext und in IP-Pakete gepackt. Diese Operation benötigt nur wenig Rechenleistung.

Somit ist die wichtigste Anforderung an die Rechnerhardware eine hohe Buskapazität, um die kontinuierliche Verarbeitung zu garantieren. Die Rechenleistung der CPU ist zweitrangig.

DVB-T-Karten

Eine DVB-T-Karte kann zugleich nur auf eine Frequenz eingestellt werden. Der Inhalt des MPEG2-Transport Streams wird demultiplext und in die einzelnen Elementary Streams (ES) zerlegt. Daraufhin kann mit Software auf die einzelnen ES zugegriffen werden. In Graz werden zwei DVB-T Multiplexe ausgestrahlt [6]:

- Mux A: ORF1, ORF2 Steiermark, ORF2 Burgenland, ATV
- Mux B: Puls 4, ORF Sport Plus, 3sat, ServusTV

Um alle ausgestrahlten DVB-T-Sender empfangen zu können, sind zwei DVB-T-Tuner notwendig.

DVB-S-Karten

Die vom Satelliten ausgestrahlten Signale sind horizontal oder vertikal polarisiert. Es ergeben sich 4 Signalebenen, welche die DVB-S-Empfangskarte durch Signalisierung an den Multischalter oder an den Antennenkopf (LNB) auswählt:

- Horizontale Polarisation, High-Band, 11,70–12,75 GHz
- Horizontale Polarisation, Low-Band, 10,70–11,70 GHz
- Vertikale Polarisation, High-Band, 11,70–12,75 GHz
- Vertikale Polarisation, Low-Band, 10,70–11,70 GHz

Eine DVB-S-Karte kann zugleich nur eine Frequenz tunen und eine Signalebene wählen. In einem Satellitentransponder werden je nach Qualität zwischen 5 und 15 Sender übertragen. Um eine größere Auswahl an Programmen unterstützen zu können, kommen 4 DVB-S-Karten zum Einsatz.

Hardwarezusammenstellung

Unter Einbeziehung der beschriebenen Überlegungen wurde nun folgende Hardwarezusammenstellung gewählt:

- CPU: Intel Pentium D 3,00 GHz Dual Core
- Mainboard mit PCIe-Bus und 5 PCI-Steckplätzen
- RAM: 1GB DDR2-RAM
- HDD: 160GB SATA
- Netzwerkkarte: 1 Gbit/s PCIe-Netzwerkkarte
- DVB-Tuner 1: USB Yakumo DVB-T
- DVB-Tuner 2: USB Yakumo DVB-T
- DVB-Tuner 3: PCI Hauppauge WinTV-HVR-3000 (wahlweise für DVB-T oder DVB-S verwendbar)
- DVB-Tuner 4: PCI Mantis DVB-S
- DVB-Tuner 5: PCI DVB-S Karte

- DVB-Tuner 6: PCI Mantis DVB-S2 Karte

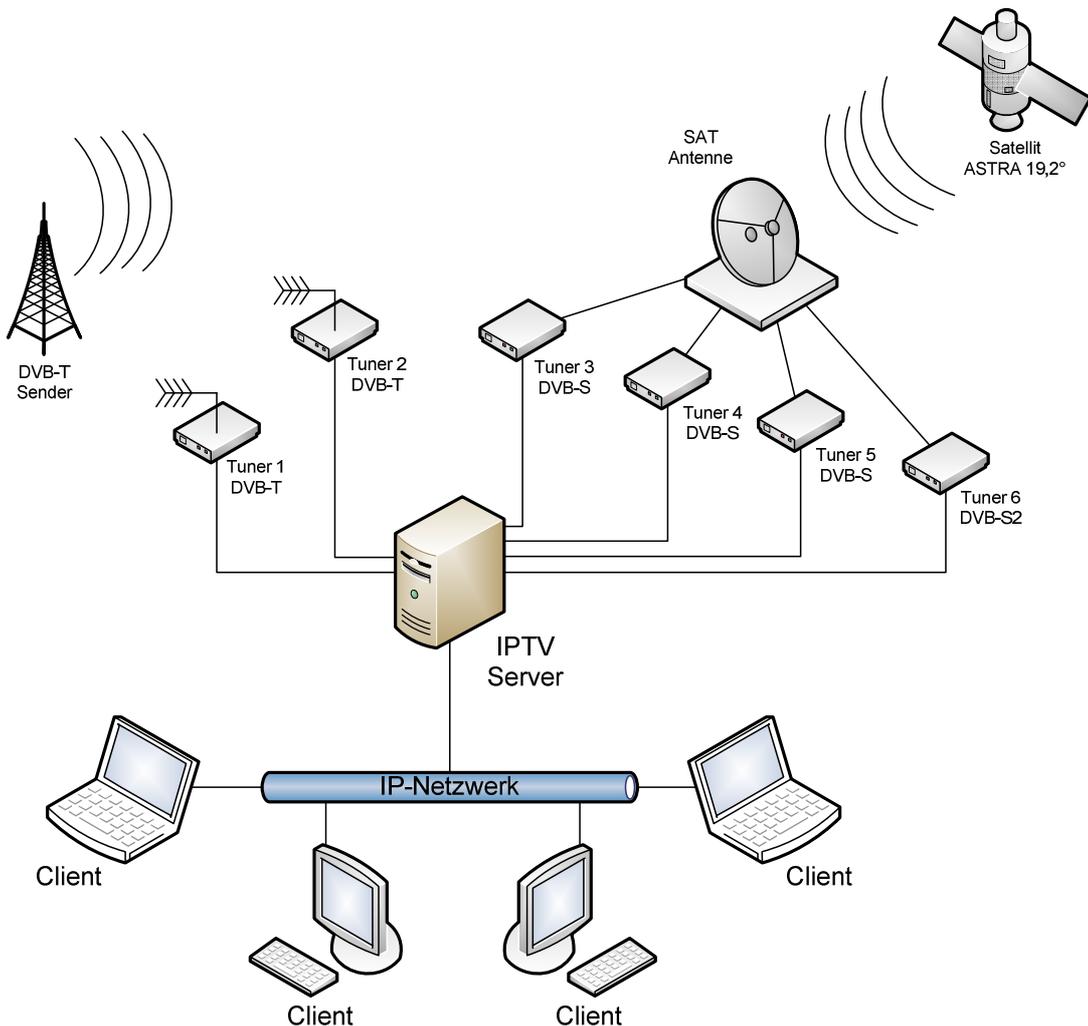


Abbildung 4-1: Aufbau des lokalen IPTV-Systems

4.2.2 Software

Bei der Auswahl der Software stand im Vordergrund, Open Source basierende Programme zu verwenden. Bei der Recherche wurden ausschließlich GPL (General Public License) lizenzierte Programme berücksichtigt. Diese Lizenz stellt sicher, dass die Software für alle ihre Benutzer frei und ohne Kosten bleibt. Die Wahl fiel auf Linux-basierende Software - als Betriebssystem kam Linux Ubuntu Server 10.04 LTS zum Einsatz. Für das Streaming wurden drei verschiedene Programme näher betrachtet - DVBstream, TVheadend und MuMuDVB.

DVBstream

Ein verbreitetes Linux-Programm, um DVB-Daten in IP-Daten zu packen, ist `dvbstream` [35]. Damit ist es möglich, den Transportstream eines DVB-Transponders mittels RTP (Realtime Transfer Protocol) über ein IP-Netzwerk zu streamen. Die letzte aktualisierte Version von `DVBstream` stammt allerdings aus dem Jahr 2004.

TVheadend

`TVheadend` ist eine TV-Streaming-Software für Linux. Es ist Teil von HTS (Home Theatre System) von Andreas Öman [36].

Als Eingangsquellen werden unterstützt:

- DVB-S, DVB-S2, DVB-C, DVB-T, ATSC
- IPTV über Multicast
- analoge Videosignale

Folgende Services werden vom Programm zur Verfügung gestellt:

- HTSP (Home TV Streaming Protocol)
- Integrierter DVR (Digital Video Recorder)
- RTSP Server (Real Time Streaming Protocol)

Die gesamte Konfiguration erfolgt über ein Webinterface. Unterstützt werden die Verwendung mehrerer DVB-Karten, EPG und zeitgesteuerte Aufnahmen. Allerdings wird Multicast als Ausgangsprotokoll nicht unterstützt, daher kam das Programm in dieser Arbeit nicht zum Einsatz.

MuMuDVB

`MuMuDVB` (Multi Multicast DVB) [37] ist ein Programm, mit dem Fernsehprogramme über ein Netzwerk verteilt werden können. Es basiert auf dem Programm `dvbstream` und läuft unter den Lizenzbestimmungen von GPLv2, was eine freie und kostenlose Nutzung erlaubt.

Das Programm ermöglicht es, Fernsehkanäle, die über DVB-T, DVB-S oder DVB-C empfangen werden, in ein Netzwerk zu streamen, und zwar sowohl über Multicast als auch Unicast. Dabei ist es möglich, den MPEG2-Transport Stream des DVB-Transponders in die einzelnen Fernsehprogramme aufzuteilen und sie zu separaten Multicastgruppen zu senden bzw. auf unterschiedlichen Adressen für Unicast-Verbindungen bereitzustellen. Durch zahlreiche Optionen ist eine individuelle und detaillierte Konfiguration möglich. Die Hardwareanforderungen an Prozessor und Speicher sind verhältnismäßig gering, vor allem weil keine Formatumwandlung stattfindet.

MuMuDVB wurde in dieser Arbeit in der Version 1.6.1b_20101024 eingesetzt. Die Konfiguration erfolgt in der Kommandozeile über eine in Linux übliche „conf“-Datei.

Die wichtigsten Parameter, die zu Beginn eingestellt werden müssen, sind:

- Nummer der zu verwendenden DVB-Karte (in Linux Ubuntu werden die unterschiedlichen DVB-Karten durch eine vom System automatisch zugewiesene Nummer angesprochen)
- Frequenz des zu empfangenden Kanals

MuMuDVB bietet als Hilfestellung für die Basiskonfiguration eine sogenannte Autokonfiguration an. Dabei wird der angegebene Transponder abgesucht und alle PIDs der übertragenen Services werden aufgelistet. Sie werden in eine Konfigurationsdatei geschrieben und unter folgendem Pfad abgelegt:

```
/var/run/mumudvb/mumudvb_generated_conf_cardNR_tunerNR
```

Dadurch schafft das Programm einen grundlegenden Überblick und erleichtert die Erstellung der eigenen Wunschkonfiguration.

Am Beispiel des DVB-T-Multiplexes A in Graz soll nun die Notation erklärt werden.

Inhalt der Konfigurationsdatei `mumudvb.conf` :

```
#----- TUNING -----  
#  
card=0  
tuner=1  
#  
#----- DVB-T GRAZ -----  
#  
freq=514  
bandwidth=8MHz  
trans_mode=8k  
#  
#----- NETWORKING -----  
#  
multicast=0  
unicast=1  
ip_http=0.0.0.0  
port_http=8080  
unicast_max_clients=15  
autoconf_pid_update=1  
rewrite_pat=1  
rewrite_sdt=1  
sort_eit=1  
dvr_buffer_size=40  
#  
#----- Channels -----  
#  
channel_next  
name=ORF1  
service_id=10101  
pids=501  
#  
channel_next  
name=ORF2-Steiermark  
service_id=10112  
pids=502  
#  
channel_next  
name=ATV  
service_id=10120  
pids=504  
#  
channel_next  
name=ORF2-Burgenland  
service_id=10132  
pids=503  
#  
#----- End of config file -----
```

Beschreibung der Optionen:

`card=0`

Damit wird die zu verwendende DVB-Karte angegeben. Unter Linux werden die vorhandenen Karten mit 0,1,2, ... angesprochen.

`tuner=0`

Damit wird der zu verwendende Tuner der DVB-Karte angegeben. Einige DVB-Kombi-Karten besitzen mehrere Tuner z.B. für DVB-S und DVB-T.

`freq=514`

Die Frequenz des zu tunenden Transponders im MHz. In Graz sind dies 514 MHz für den Multiplex A (ORF1, ORF2 Steiermark, ORF2 Burgenland, ATV) und 490 MHz für den Multiplex B (PULS4, 3Sat, ORF-Sport, ServusTV).

`bandwith=8MHz`

Optional. Die Bandbreite des einzustellenden Transponders. Mögliche Werte sind 6, 7 oder 8 MHz. In Österreich werden nur 8 MHz Kanäle verwendet. Bei fehlender Angabe wird eine automatische Ermittlung des Werts versucht.

`trans_mode=8k`

Die Betriebsart des DVB-Signals. Mögliche Werte sind 2k-Mode oder 8k-Mode. In Österreich wird für DVB-T nur der 8k-Mode verwendet. Bei fehlender Angabe wird eine automatische Ermittlung des Werts versucht.

`multicast=0`

Damit kann Multicast global aktiviert werden. Mögliche Werte sind 1 für aktivieren oder 0 für deaktivieren. Der Standardwert ist 1.

Da Multicast auf den Routern und Switches im verwendeten Netzwerk nicht aktiviert ist, konnte diese Übertragungsart nicht wie geplant eingesetzt werden.

`unicast=1`

Damit kann Unicast global aktiviert werden. Mögliche Werte sind 1 für aktivieren oder 0 für deaktivieren. Der Standardwert ist 0.

```
ip_http=0.0.0.0
```

Damit wird die zu verwendende Netzwerk-IP-Adresse angegeben, auf welche bei Unicastverbindungen gelauscht wird. Mit 0.0.0.0 werden alle verfügbaren Netzwerkschnittstellen verwendet.

```
port_http=8080
```

Damit wird der Port angegeben, auf den der http-Server hören soll. Zu diesem Port können sich die Clients verbinden und die verschiedenen Kanäle über Unicast anfordern. Wird diese Option nicht angegeben, wird standardmäßig der Port 4242 verwendet.

```
unicast_max_clients=15
```

Damit wird die maximale Anzahl der Clients festgelegt, die zugleich eine Unicastverbindung zum Server aufbauen darf. Bei Unicast besteht zu jedem Client ein separater Datenstrom. Daher ist es sinnvoll, nur eine gewisse Anzahl an Verbindungen zuzulassen, um das Netzwerk nicht zu überlasten und daraus resultierende Aussetzer zu vermeiden.

```
autoconf_pid_update=1
```

Damit wird angegeben, dass die Program IDentifiers (PID) des Senders automatisch aus dem DVB-Stream ausgelesen werden und bei einer Änderung angepasst werden sollen.

```
rewrite_pat=1
```

Damit wird in der PAT (Program Allocation Table) nur der ausgewählte Kanal gelistet anstatt der gesamten Kanäle des Transponders. Computer-Clients lesen normalerweise den ersten Kanal und können auf den nachfolgenden wechseln, sollte dies misslingen. Set-Top-Boxen hingegen lesen nur den ersten Kanal und, wenn dies nicht gelingt, wird nur ein schwarzer Bildschirm ausgegeben.

```
rewrite_sdt=1
```

Damit wird in der „Service Description Table“ nur der ausgewählte Kanal gelistet. Normalerweise werden darin alle Kanäle des Transponders

aufgelistet. Einige Clients zeigen durch Auswertung der SDT nicht vorhandene Kanäle wenn sie nicht neu geschrieben wird.

```
sort_eit=1
```

Damit werden in der „Event Information Table“ nur Pakete des ausgewählten Kanals mitgeschickt. Clients wie z.B. VLC (Video LAN Client) zeigen sonst die Kanäle des gesamten Transponders an, auch wenn nicht alle ins Netzwerk gestreamt werden.

```
dvr_buffer_size=40
```

Normalerweise liest MuMuDVB ein Paket nach dem anderen von der DVB-Karte. Da diese Karten aber einen Puffer haben, sind viele Abfragen sinnlos bzw. belasten unnötig die CPU. Der optimale Wert ist von Karte zu Karte verschieden und muss experimentell ermittelt werden. Es lässt sich damit zw. 20% und 50% CPU-Auslastung reduzieren.

```
channel_next
```

Damit wird ein Sender definiert. Die nachfolgenden Konfigurationszeilen beschreiben den Sender, der bereitgestellt werden soll. Notwendig sind name, service_id und pid.

```
name=ORF1
```

Damit wird am Beispiel des ORF1 der Name des Senders definiert. Diesen Namen werden die Clients in der Wiedergabeliste sehen.

```
service_id=10101
```

Damit der Client weiß, mit welchem Sender diese Konfiguration verknüpft werden soll, wird die Service-ID aus dem MPEG2 – Transport Stream angegeben. Jeder Sender ist durch eine eigene Service-ID gekennzeichnet. Hier steht die 10101 für die Service-ID des ORF1 im DVB-T-Multiplex A in Graz.

```
pids=501
```

Damit werden die Program IDentifiers (PID) des Senders angegeben. Wird auch die Option „Autoconf_pid_update=1“ angegeben, so ist nur die PID der

Program Map Table (PMT) notwendig, da die restlichen PIDs dann automatisch ermittelt werden. Hier steht die 501 für die PID der PMT von ORF1 im DVB-T-Multiplex A- in Graz.

Gestartet wird das Programm mit folgendem Aufruf:

```
mumudvb -dv -c /etc/mumudvb/mumudvb.conf
```

Parameter:

- d ... don't daemonize (das Programm soll für Anschauungszwecke im Vordergrund bleiben)
- v ... verbose (detailliertere Bildschirmausgabe)
- c ... config file (Pfad des zu verwendenden config-Files)

Der Übersicht wegen wurde die LOG-Ausgabe in drei Blöcke aufgespalten:

Log-Ausgabe Teil 1 von 3:

```
01 MuMuDVB Version 1.6.1b_20101024
02 --- Build information ---
03 Built with CAM support.
04 Built with ATSC support.
05 Built with ATSC long channel names support.
06 Built with support for DVB API Version 5 (DVB-S2)
07 Originally based on dvbstream 0.6 by (C) Dave Chapman 2001-2004
08 Released under the GPL.
09 Latest version available from http://mumudvb.braice.net/
10 Project from the cr@ns (http://www.crans.org)
11 by Brice DUBOST (mumudvb@braice.net)
12 WARN: Unicast : You have enabled the support for HTTP Unicast. This feature is quite
    young, please report any bug/comment
13 Info: Rewrite: You have enabled the PAT Rewriting
14 Info: Rewrite: You have enabled the SDT Rewriting
15 Info: Rewrite: You have enabled the sort of the EIT PID
16 Info: Main: channel next
17 Info: Main: channel next
18 Info: Main: channel next
19 Info: Main: channel next
20 Info: Main: ===== End of configuration, MuMuDVB is starting =====
```

Zeile 01-06: Es werden Informationen zur Version und zu den integrierten Modulen des Programms ausgegeben. Diese Version beinhaltet Unterstützung für CAMs, das heißt es kann ein Decoder-Modul zum Entschlüsseln von codierten Sendern eingesetzt werden. Da dies hier nicht benötigt wird, wird nicht weiter darauf eingegangen. Auch der amerikanische Standard ATSC (Advanced Television Systems Committee), das amerikanische Gegenstück zum europäischen DVB-T-Standard, wird unterstützt. Es ist auch möglich, DVB-S2-Hardware anzusteuern.

Zeile 07-11: Als Information wird angegeben, dass das Programm auf dvbstream 0.6 [35] basiert und dass es unter GPL, einer Open Source Lizenz, lizenziert ist. Dann sind noch Infos zum Programmierer angegeben.

Zeile 12: Das http-Unicast-Modul ist noch relativ neu, daher wird vom Entwickler um Rückmeldung zu Fehlern gebeten.

Zeile 13-19: Es werden die aktivierten „rewrite“-Optionen angeführt und die Anzahl der gelisteten Sender.

Bis hierher werden Informationen zur Konfiguration und zu den Modulen aufgegeben. Im weiteren Verlauf werden die Einträge zur Laufzeit erzeugt.

Log-Ausgabe Teil 2 von 3:

```
21 Info: Autoconf: The autoconfiguration auto update is enabled. If you want to disable
    it put "autoconf_pid_update=0" in your config file.
22 Info: Main: Streaming. Freq 514000
23 Info: Tune: Using DVB card "Conexant CX22702 DVB-T"
24 Info: Tune: Tuning DVB-T to 514000000 Hz, Bandwidth: 8000000
25 Deb0: Tune: polling...
26 Deb0: Tune: Getting frontend event
27 Info: Tune: FE_STATUS:
28 Info: Tune: FE_HAS_SIGNAL : found something above the noise level
29 Info: Tune: FE_HAS_CARRIER : found a DVB signal
30 Info: Tune: FE_HAS_VITERBI : FEC is stable
31 Info: Tune: FE_HAS_SYNC : found sync bytes
32 Info: Tune: FE_HAS_LOCK : everything's working...
33 Info: Tune: Event: Frequency: 514000000
34 Info: Tune: Bit error rate: 74
35 Info: Tune: Signal strength: 20560
```

```

36 Info: Tune: SNR: 65461
37 Info: Main: Card 0 tuned
38 Info: Unicast: We open the Master http socket for address 0.0.0.0:8080
39 Info: Main: Diffusion 4 channels
40 Info: Main: Channel number : 0, name : "ORF1" service id 10101
41 Info: Main: Unicast : Channel accessible via the master connection, 0.0.0.0:8080
42 Deb0: Main: pids : 501 (PMT),
43 Info: Main: Channel number : 1, name : "ORF2-Steiermark" service id 10112
44 Info: Main: Unicast : Channel accessible via the master connection, 0.0.0.0:8080
45 Deb0: Main: pids : 502 (PMT),
46 Info: Main: Channel number : 2, name : "ORF2-Burgenland" service id 10132
47 Info: Main: Unicast : Channel accessible via the master connection, 0.0.0.0:8080
48 Deb0: Main: pids : 503 (PMT),
49 Info: Main: Channel number : 3, name : "ATV" service id 10120
50 Info: Main: Unicast : Channel accessible via the master connection, 0.0.0.0:8080
51 Deb0: Main: pids : 504 (PMT),

```

Zeile 21: die automatische Aktualisierung der PIDs ist aktiviert.

Zeile 22: Die eingestellte Frequenz ist 514 MHz

Zeile 23: Der verwendete DVB-Adapter ist der Conexant CX22702

Zeile 27-37: es werden Informationen zum Tune-Vorgang ausgegeben, Bit Error Rate, Signalstärke und Signalqualität. Der Vorgang wird mit der Ausgabe „Card 0 tuned“ abgeschlossen.

Zeile 38: Ein http-Socket wird auf allen Netzwerkschnittstellen auf Port 8080 aktiviert

Zeile 40: Kanalnummer 0 wird ORF1 mit der Service-ID 10101 zugewiesen

Zeile 41: der Sender ist über Socket 8080 erreichbar

Zeile 42: Die PMT des Senders hat die PID 501. Dadurch ist die Zuordnung der ES aus dem TS möglich

Zeile 43-51: Derselbe Vorgang wie in Zeile 40-42 für die restlichen drei Sender.

Log-Ausgabe Teil 3 von 3:

```

52 Info: Autoconf: Autoconfiguration Start
53 Deb0: Autoconf: PIDs for channel 0 "ORF1" : 501 5010 5011 5013 5014 5015
54 Deb0: Autoconf: PIDs for channel 1 "ORF2-Steiermark" : 502 5020 5021 5023 5024 5025
55 Deb0: Autoconf: PIDs for channel 2 "ORF2-Burgenland" : 503 5020 5021 5023 5024 5025

```

```

56 Deb0: Autoconf: PIDs for channel 3 "ATV" : 504 5040 5041 5045 5046
57 Deb0: Autoconf: Autoconfiguration almost done
58 Deb0: Autoconf: We open the new file descriptors
59 Deb0: Autoconf: Add the new filters
60 Info: Autoconf: Autoconfiguration done
61 Info: Autoconf: Diffusion 4 channels
62 Info: Autoconf: Channel number : 0, name : "ORF1" service id 10101
63 Info: Autoconf: Unicast : Channel accessible via the master connection, 0.0.0.0:8080
64 Deb0: Autoconf: pids : 501 (PMT), 5010 (Video (MPEG2)), 5011 (Audio (MPEG1) ger),
        5013 (Audio (AC3) ger), 5014 (VBI Data), 5015 (Teletext),
65 Info: Autoconf: Channel number : 1, name : "ORF2-Steiermark" service id 10112
66 Info: Autoconf: Unicast : Channel accessible via the master connection, 0.0.0.0:8080
67 Deb0: Autoconf: pids : 502 (PMT), 5020 (Video (MPEG2)), 5021 (Audio (MPEG1) ger),
        5023 (Audio (AC3) ger), 5024 (VBI Data), 5025 (Teletext),
68 Info: Autoconf: Channel number : 2, name : "ORF2-Burgenland" service id 10132
69 Info: Autoconf: Unicast : Channel accessible via the master connection, 0.0.0.0:8080
70 Deb0: Autoconf: pids : 503 (PMT), 5020 (Video (MPEG2)), 5021 (Audio (MPEG1) ger),
        5023 (Audio (AC3) ger), 5024 (VBI Data), 5025 (Teletext),
71 Info: Autoconf: Channel number : 3, name : "ATV" service id 10120
72 Info: Autoconf: Unicast : Channel accessible via the master connection, 0.0.0.0:8080
73 Deb0: Autoconf: pids : 504 (PMT), 5040 (Video (MPEG2)), 5041 (Audio (MPEG1) ger),
        5045 (Teletext), 5046 (VBI Data),
74 Deb0: PAT Rewrite: NEW program for channel 0 : "ORF1". PMT pid : 501
75 Deb0: PAT Rewrite: NEW program for channel 1 : "ORF2-Steiermark". PMT pid : 502
76 Deb0: PAT Rewrite: NEW program for channel 2 : "ORF2-Burgenland". PMT pid : 503
77 Deb0: PAT Rewrite: NEW program for channel 3 : "ATV". PMT pid : 504
78 Deb0: SDT rewrite: Full SDT updated
79 Deb0: Main: The SDT version changed, we force the update of all the channels.
80 Deb0: SDT rewrite: NEW program for channel 0 : "ORF1". service_id : 10101
81 Deb0: SDT rewrite: NEW program for channel 1 : "ORF2-Steiermark". service_id : 10112
82 Deb0: SDT rewrite: NEW program for channel 2 : "ORF2-Burgenland". service_id : 10132
83 Deb0: SDT rewrite: NEW program for channel 3 : "ATV". service_id : 10120
84 Info: Main: End of streaming. We streamed during 0d 0:00:04
85 Info: Main: Caught signal 2 - closing cleanly.
86 Info: Main: ===== MuMuDVB version is stopping with ExitCode 0 =====

```

Zeile 53-56: mit Hilfe der angegeben PMTs der einzelnen Sender werden die jeweils zugehörigen PIDs der ES gefunden

Zeile 64: Es werden alle ES des ORF1 analysiert und der jeweilige Inhalt klassifiziert. Dabei ist die PID 5010 der Videostream im MPEG2-Format, die PID 5011 der Audiostream im MPEG1-Format, die PID 5013 der Audiostream im AC3-Format, die PID 5014 beinhaltet EPG und optionale zusätzliche Daten und die PID 5015 ist der Teletext.

Zeile 67, 70, 73: wie in Zeile 64 äquivalent zu den anderen 3 Sendern.

Zeile 74-83: Das PAT-Rewrite und SDT-Rewrite wird für die einzelnen Sender durchgeführt

Zeile 84-86: Informationen werden bei einem manuellen Abbruch des Streamingvorgangs ausgegeben

Alle 4 Sender des Transponders werden von MuMuDVB in der angegebenen Konfiguration als Unicast-Stream zur Verfügung gestellt. Die Links der Sender werden in einer Extended-M3U-playlist unter folgender Adresse bereitgestellt:

`http://server-ip-adresse:8080/playlist.m3u`

Das M3U-Format

M3U wurde ursprünglich für das Musikformat MP3 (MPEG-1/2 Audio Layer III) entwickelt und ist eine Abkürzung für MP3-URL. Es ist ein offenes Dateiformat mit dem Wiedergabelisten von Audio- oder Videodateien erstellt werden können.

Prinzipiell wird zwischen zwei Arten unterschieden:

Simple Playlist

Dabei handelt es sich um eine einfache Auflistung von Medien, voneinander getrennt durch einen Zeilenwechsel. Der Pfad kann hierbei relativ oder absolut sein.

Extended Playlist

Hierbei werden zusätzlich zu den Links zu den Medien noch Metadaten und ein Kopfbereich eingefügt.

Hier ist der Inhalt einer Extended M3U-playlist am Beispiel des ORF DVB-T-Multiplexes in Graz zu sehen:

```
#EXTM3U

#EXTINF:0,ORF1
http://192.168.1.7:8080/bynumber/1

#EXTINF:0,ORF2 St
http://192.168.1.7:8080/bynumber/2

#EXTINF:0,ATV
http://192.168.1.7:8080/bynumber/3

#EXTINF:0,ORF2 B
http://192.168.1.7:8080/bynumber/4
```

Die erste Zeile mit „*#EXTM3U*“ kennzeichnet das *Extended M3U-Format*.

Jedem Medieneintrag wird eine Zeile mit Metadaten vorangestellt. Diese beginnt immer mit „*#EXTINF:*“ gefolgt von der Länge der Mediendatei, dann folgt ein Komma und nachher ein optionaler Name der Datei.

Die Länge ist in diesem Anwendungsfall nicht von Bedeutung, sie wird daher auf den Wert „0“ gesetzt.

4.3 Client

4.3.1 Hardware

Am Client wird der MPEG2-Stream empfangen und decodiert. Dafür ist eine Netzwerkschnittstelle nötig mit einer Verbindungsrate, die mindestens der des zu übertragenden Streams entspricht. Die CPU sollte schnell genug sein, um MPEG2 in Echtzeit decodieren zu können. Dafür sind CPUs ab einer Taktrate von mindestens 1 GHz nötig.

HD-Streams, die in H.264/AVC codiert sind, setzen eine CPU mit mind. 2 GHz voraus oder eine entsprechende Grafikkarte, die die Dekodierung übernehmen kann.

4.3.2 Software

Als Streaming-Client eignet sich das Programm VLC (Video LAN Client) von Videolan.org [38]. Mit VLC ist es möglich, die meisten heute üblichen Video- und Audioformate abzuspielen. Der Player ist für alle gängigen Betriebssysteme erhältlich und kostenlos nutzbar.

Nach Öffnen obiger Playlist im Programm VLC wird sofort Verbindung zum ersten Sender in der Liste aufgenommen und der Inhalt wiedergegeben. In der hier eingesetzten Version 1.1.5 von VLC kann mit der Kurztaste „L“ die Wiedergabeliste angezeigt werden. Darin wird der Inhalt der Playlist angezeigt und es kann zwischen den Sendern per Mausklick gewechselt werden (siehe Abbildung 4-2).

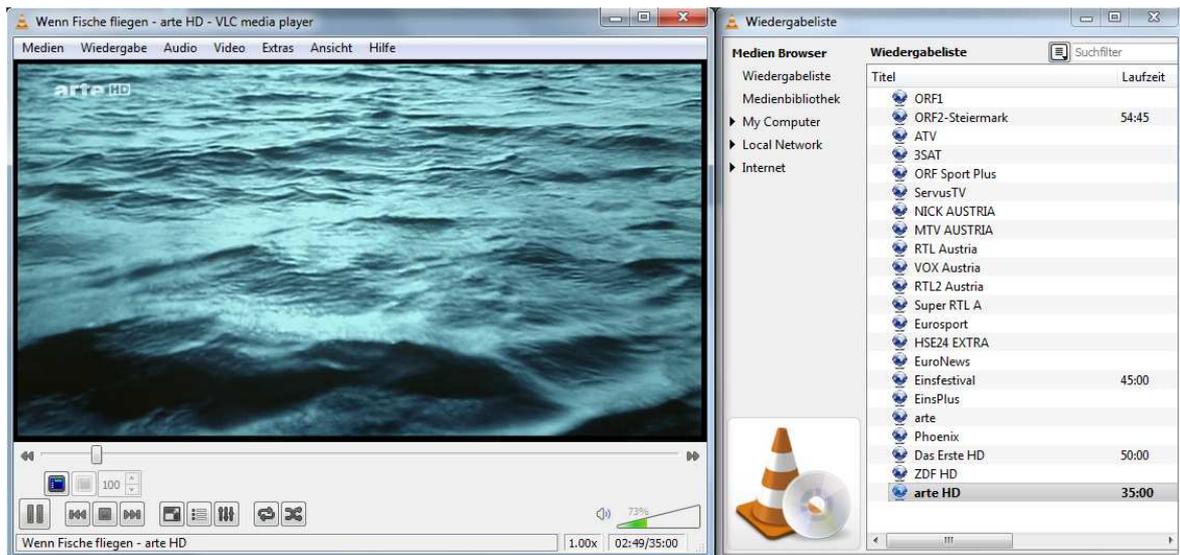


Abbildung 4-2: VLC mit M3U-Playlist

Mit der Wahl der Hard- und Softwarekomponenten konnte gezeigt werden, dass der Aufbau eines IPTV-Systems bereits mit Einsatz kostengünstiger Hardware und kostenfreier Software realisierbar ist.

5 Ergebnisse und Zukunftsaussichten

5.1 Ergebnisse

Es wurde ein lokales IPTV-System aufgebaut, das über Unicast von jedem PC im Universitätscampus erreicht werden kann. Da Multicast auf den Routern und Switches im Campus nicht aktiviert ist, konnte diese Übertragungsart nicht eingesetzt werden. Aus diesem Grund wurde die Anzahl der User begrenzt, um einer Netzwerküberlastung vorzubeugen.

Es wurden in Summe 33 Sender unter Verwendung von 6 DVB-Karten übertragen:

- 6 über DVB-T empfangene TV-Sender
- 24 über DVB-S empfangene SD-TV-Sender
- 3 über DVB-S2 empfangene HD-TV-Sender

In dieser Arbeit sollte anfangs als Streaming-Client eine STB eingesetzt werden. Dabei wurde die STB ADB3800/10TW von aonTV [18] gewählt, da sie auf dem Gebrauchtmart günstig zu bekommen ist (10-20 Euro) und alle Hardwarevoraussetzungen für den Empfang von IPTV aufweist.

Allerdings ist auf dieser Box eine für aonTV angepasste Firmware aufgespielt, die jegliche softwaretechnische Modifikation verweigert. Aus diesem Grund wurde in weiterer Folge gänzlich auf den Einsatz einer STB verzichtet und die Realisierung rein auf der Basis von Software-Clients durchgeführt.

Erkenntnisse

IPTV kann schon mit relativ günstiger Consumerhardware und frei erhältlicher Software umgesetzt werden. Besonders für kleinere Netzwerke oder auch im Heimbereich ist dies eine interessante Möglichkeit der Übertragung von Unterhaltungsinhalten.

5.2 Zukunftsaussichten

Das digitale Fernsehen hat in den letzten Jahren eine große Weiterentwicklung erlebt – sowohl was die Übertragungsmöglichkeiten als auch die Vielzahl der angebotenen Inhalte (Video, Audio, Zusatzdaten) betrifft. Angefangen hat es mit der Einführung von DVB (Mitte der 1990er-Jahre). 2004 nahm Europas erster HD-Sender (Euro 1080 HD-1) [39] seinen Sendebetrieb auf. Durch den erhöhten Bandbreitenbedarf des HD-Formats war man gezwungen, eine neue Generation von Standards einzuführen, welche diesen Anforderungen gerecht wurden (DVB-S2/T2/C2). Zur selben Zeit sind auch die Bandbreiten der Internetanschlüsse in solchem Maße angestiegen, dass eine Übertragung von Videodaten (IPTV, WebTV) ermöglicht wurde.

Es haben sich aber nicht nur die Übertragungsmöglichkeiten und Bandbreiten weiterentwickelt. Bis vor einigen Jahren war jedes Medium (DVB für Fernsehen, Internet, Telefon) für sich allein zu sehen – heute verschmelzen die Technologien immer mehr. Eine Differenzierung wird immer schwieriger bzw. unnötiger, da auch die technischen Voraussetzungen immer weiter ausgebaut werden, um diese Verschmelzungen durchzuführen – was bedeutet, dass dem Endkunden mehr Services an einem Endgerät angeboten werden können. Ein Beispiel dafür sind die heute immer beliebter werdenden *Smartphones* [40] – sie bieten neben Telefonie und SMS noch viele weitere Funktionalitäten – wie z.B. einen Webbrowser, E-Mail-Client, Datenspeicher, MP3-Player etc.

Ein Standard, der dieser Verschmelzung im digitalen Fernsehen einen Rahmen bietet ist HbbTV – dieser wurde Mitte 2010 spezifiziert. Dieser Standard soll nun im folgenden Kapitel näher erklärt werden.

5.2.1 HbbTV

Bei HbbTV (Hybrid Broadcast Broadband TV) handelt es sich um einen neuen, offenen Industriestandard. Dieser verbindet TV-Services über Broadcasttechnologien mit über Breitband gelieferten Services für Konsumenten mit entsprechenden Endgeräten (STBs oder TV-Geräten mit zusätzlichem

Internetanschluss) [41]. Ein Beispiel für einen solchen Systemaufbau ist in Abbildung 5.1 zu finden.

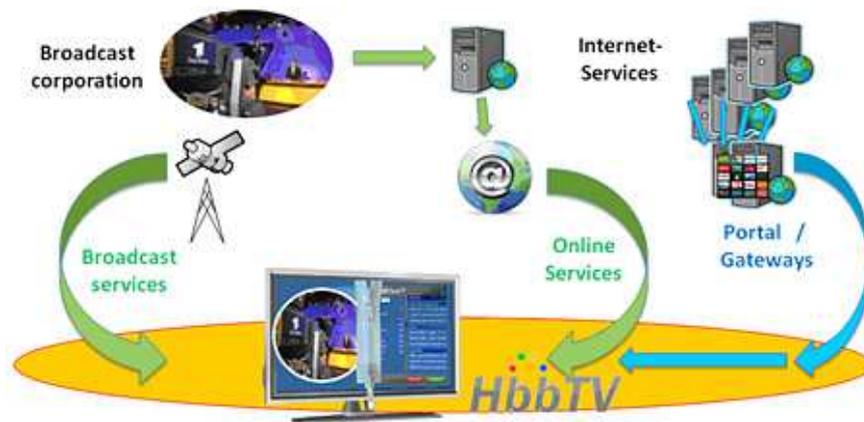


Abbildung 5-1: Beispiel für ein HbbTV-System [41]

Die Gründungsmitglieder des HbbTV-Konsortiums, einer Pan-Europäischen Initiative (ANT Software Limited, EBU, France Televisions, Institut für Rundfunktechnik GmbH, OpenTV Inc, Koninklijke Philips Electronics N.V Inc., Samsung, SES ASTRA S.A, Sony Corporation, Television Francaise 1 – TF1) entwickelten mit einer Reihe von Unterstützern eine HbbTV-Spezifikation, um das schnell wachsende Angebot an Medieninhalten für den Nutzer einheitlich zugänglich zu machen und so einen globalen Standard für hybride Unterhaltungsservices zu schaffen [41] – Version 1.1.1 wurde von der ETSI im Juni 2010 freigegeben (ETSI TS 102 796 – V 1.1.1 2010-06) [5].

Die HbbTV-Spezifikation orientiert sich an einer Reihe von existierenden Standards und Internet-Technologien von OIPF (Open IPTV Forum, [42]), CEA (Consumer Electronic Association, [43]), DVB (Digital Video Broadcasting) und W3C (World Wide Web Consortium [44]). Durch die Anwendung von Standard-Internettechnologien wird eine rasche Entwicklung von Applikationen ermöglicht. Es werden die Minimal-Anforderungen definiert, welche die Implementierung in den Geräten erleichtern und genug Raum für Abgrenzungen bieten (was bei Herstellern von Unterhaltungselektronik die Ausgaben für die Entwicklung solcher Geräte senkt).

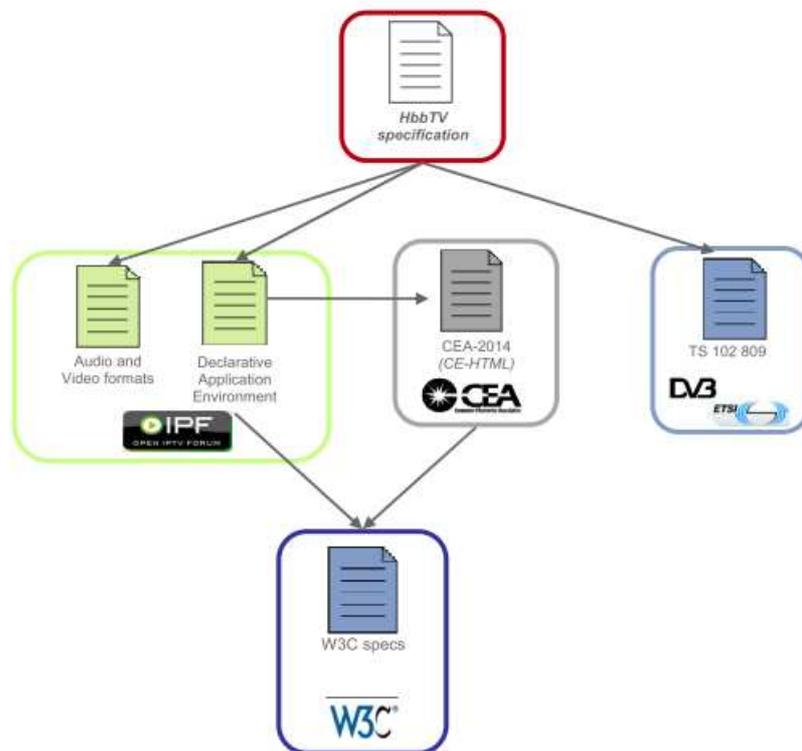


Abbildung 5-2: Spezifikation von HbbTV [5]

Dem Konsumenten wird auf Basis der Geräte und Mehrwertangebote von HbbTV ein Unterhaltungserlebnis geboten, in dem die Stärken von Rundfunk- und Breitbandtechnik nahtlos miteinander kombiniert werden. Die Steuerung erfolgt mittels einer Fernbedienung und einem Bildschirm – wie vom Fernsehen gewohnt. Durch die Einführung von HbbTV können Rundfunkanstalten, Internetanbieter und auch die Geräteindustrie dem Konsumenten eine ganze Reihe neuer Mehrwertangebote eröffnen – wie z.B. Mediatheken, interaktive Werbung, Personalisierung, Fernsehen auf Abruf, soziale Netzwerke sowie auch programmbegleitende Dienste wie EPG (Electronic Program Guide – elektronischer Programmführer [45]) und digitale Teletexte. Entwickelt werden solche Geräte auf Basis von HbbTV für alle Broadcast-Services (DVB-C/S/T). Auch HbbTV per IPTV ist möglich [46].

In Deutschland bieten bereits einige Sender HbbTV-Inhalte an, welche sie auf der IFA 2010 (Internationale Funkausstellung) präsentierten. Dies sind sowohl

Öffentlich-Rechtliche (z.B. ARD, ZDF) als auch private Programmanbieter (RTL, SAT1, ProSieben) [47].

Ein Beispiel für HbbTV-Inhalte soll anhand des Senders ARD beschrieben werden.

HbbTV am Beispiel von ARD [48]

Die ARD bezeichnet HbbTV als „Fernsehen von morgen – heute schon in Ihrem Wohnzimmer“. Der zusätzliche Service kann unverschlüsselt und kostenfrei genutzt werden.

Das gesamte ARD-Programm ist mit allen Services über die Startleiste intelligent miteinander verknüpft und zentral abrufbar.

Es werden folgende programmbegleitende Services angeboten:

- Tagesschau-Anwendungen (aktuelle Nachrichten auf Abruf)
- Video-on-Demand (VoD) aus den HbbTV-Mediatheken
- Modern gestalteter und benutzerfreundlicher Videotext
- EPG mit einer personalisierbaren Übersicht sämtlicher Programmangebote
- Weitere Fernseh-, Radio- und VoD-Applikationen der Landesrundfunkanstalten



Abbildung 5-3: ARD Startleiste

Auf einige dieser Services wird nun kurz eingegangen.

HbbTV-Mediatheken:

Verpasste Sendungen stehen (im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben) als Video-on-Demand Angebote zur Verfügung. Es wird ein direkter, zeitunabhängiger Zugriff auf eine Vielzahl von Sendungen geboten – diese können damit also nachträglich noch einmal abgerufen werden.



Abbildung 5-4: Übersichtsseite der ARD-Mediathek

EPG

Hier werden Programminformationen zu allen Fernseh- und Hörfunksendungen angeboten – dies ist parallel zum laufenden Programm abrufbar. Dabei ist eine Personalisierung möglich – mittels Lesezeichen-, Erinnerungs- und „Mag ich“-Funktionen kann man sein Wunschprogramm speichern und abrufen. Es kann auch eine direkte Verbindung zwischen EPG und Mediathek hergestellt werden.



Abbildung 5-5: EPG

Videotext

Hier kann der Nutzer die Farbkombination, Schriftgröße, Fenstergröße und auch die angezeigten Rubriken seinen eigenen Bedürfnissen anpassen. Der Videotext bietet aktuelle Meldungen sowie Programm- und Serviceinformationen.

Um sehbehinderten und hörgeschädigten Zuschauern einen weitgehend barrierefreien Zugang zu ermöglichen, gibt es neue HbbTV-Funktionen. Dazu gehören eine Zoomfunktion im barrierefreien Text mit zusätzlichen Farbvarianten und Gebärdensprachenbegleitung „on Demand“ (Prototyp).



Abbildung 5-6: ARD Text

Wie man erkennen kann, hat HbbTV auch einige der im Rahmen der Multimedia Home Platform (MHP) eingeführten Dienste und Anwendungen übernommen. Die Angebote im Rahmen von HbbTV sind eine Möglichkeit der Weiterentwicklung des digitalen Fernsehens – die Verschmelzung von Fernsehen mit anderen Medien wie Internet oder Kommunikationsmedien. Die Zukunft wird zeigen, in welche Richtung sich der Markt entwickeln wird – man kann aber davon ausgehen, dass die Ansprüche an die Interaktivität und somit auch Individualität (Personalisierung) steigen werden.

6 Verzeichnisse

6.1 Literaturverzeichnis

- [1]. Fischer, Walter. *Digitale Fernseh- und Hörfunktechnik in Theorie und Praxis*. : Springer Verlag, 2010.
- [2]. FKTG Regionalgruppe 13.06.2006 an der TU-Ilmenau: DVB-T,-C,-S Digitales Fernsehen über Antenne, Kabel und Satellit. http://www2.tu-ilmenau.de/mediaevent/archiv/mediaevent/Scripte/FKTG_Sieber_20060613_TU_Ilmenau.pdf. [Online]
- [3]. Sieber, Andreas. *DVB-T-C-S Digitales Fernsehen über Antenne, Kabel und Satellit, MHP Echtzeitübertragung im digitalen Fernsehen*. : Springer Verlag, 2006.
- [4]. Reimers, Ulrich. *DVB - Digitale Fernsehtechnik*. s.l. : Springer Verlag, 2008.
- [5]. ETSI. <http://www.etsi.org>. [Online]
- [6]. ORS.at. <http://www.ors.at/>. [Online]
- [7]. Adobe. <http://www.adobe.com/>. [Online]
- [8]. Windows Media . <http://windows.microsoft.com/de-DE/windows/products/windows-media>. [Online]
- [9]. IPTV-Das-neue-Fernsehen. <http://www.tv1.de/media/tv1/easyonair/files/IPTV-Das-neue-Fernsehen.pdf>. [Online]
- [10]. Deutscher IPTV Verband. <http://www.diptv.org/verband/definitionen-und-statements-zu-iptv-und-web-tv.html>. [Online]
- [11]. Deutsche TV-Plattform. http://www.tv-plattform.de/images/stories/archiv/2007/PI_1307.pdf. [Online]
- [12]. ITU - International Telecommunication Union. <http://www.itu.int>. [Online]

-
- [13]. G., O'Driscoll. *Next Generation IPTV Services and Technologies*. s.l. : Wiley & Sons, 2008.
- [14]. Anne Stetter, Sonia Strube Martins. Der Markt für IPTV: Dienstverfügbarkeit, Marktstruktur, Zugangsfragen.
<http://www.wik.org/index.php?id=diskussionsbeitraege>. [Online] 12 2009.
- [15]. Al-Khatib, M. und M. S. Alam. *IPTV Multimedia Networks: Concepts, Developments, and Design. Research Report*. : International Engineering Consortium, 2007.
- [16]. Microsoft VC1.
<http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/howto/articles/vc1techoverview.aspx>. [Online]
- [17]. itwissen.info. <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/scrambling-Verwuerfeln.html>. [Online]
- [18]. Telekom Austria aonTV. <http://www.telekom.at/site/produkte/tv/>. [Online]
- [19]. aontv.org. <http://aontv.org/>. [Online]
- [20]. Telekom Austria Internet.
<http://www.telekom.at/site/produkte/internet/gigaspeed/index.html>. [Online]
- [21]. adbglobal.com. <http://www.adbglobal.com/?q=node/187>. [Online]
- [22]. upc-Telekabel. <http://www.upc.at>. [Online]
- [23]. Stindl, Herwig. Neu bei UPC Digital TV: ATV on Demand.
<http://www.horizont.at/>. 2010.
- [24]. Real. <http://www.real.com>. [Online]
- [25]. Apple. <http://www.apple.com/>. [Online]
- [26]. Youtube. <http://www.youtube.com/>. [Online]
- [27]. ORF tvthek. <http://tvthek.orf.at>. [Online]
- [28]. Futurezone - ORF TVthek für iPhone und iPad verfügbar.
<http://www.futurezone.at/stories/1664915/>. [Online] 16. 12 2010.
- [29]. ZDFmediathek. <http://www.zdf.de/ZDFmediathek>. [Online]

- [30]. Mediathek Daserste.de. <http://mediathek.daserste.de>. [Online]
- [31]. RTL now. <http://rtl-now.rtl.de/>. [Online]
- [32]. Peter Mandl, Andreas Bakomenko, Johannes Weiß. *Grundkurs Datenkommunikation*. s.l. : Vieweg + Teubner, 2010.
- [33]. IANA. <http://www.iana.org/>. [Online]
- [34]. IETF - The Internet Engineering Task Force. <http://www.ietf.org>. [Online]
- [35]. DVBstream. <http://dvbtools.sourceforge.net/>. [Online]
- [36]. HTS TVHeadend. <http://www.lonelycoder.com/hts/>. [Online]
- [37]. MuMuDVB. <http://mumudvb.braice.net>. [Online]
- [38]. VideoLan.org. <http://www.videolan.org>. [Online]
- [39]. Euro1080. <http://www.euro1080.tv/>. [Online]
- [40]. Wikipedia - Smartphone. <http://de.wikipedia.org/wiki/Smartphone>. [Online]
- [41]. hbbTV. <http://www.hbbtv.org/>. [Online]
- [42]. Open IPTV Forum. <http://www.openiptvforum.org/>. [Online]
- [43]. CEA - Consumer Electronic Association. <http://www.ce.org/>. [Online]
- [44]. W3C - World Wide Web Consortium. <http://www.w3.org/>. [Online]
- [45]. Wikipedia - EPG. http://de.wikipedia.org/wiki/Electronic_Program_Guide. [Online]
- [46]. Institut für Rundfunktechnik. <http://www.irt.de/de/themengebiete/digitales-fernsehen/hybride-tv-empfaenger.html>. [Online]
- [47]. Overview of HBB in Europe: Germany.
http://tech.ebu.ch/docs/events/GA10/hybrid-age10/presentations/ebu_hybrid-age10_merkel.pdf. [Online] 12 2010.
- [48]. ARD. <http://www.ard.de/index.html>. [Online]
- [49]. ProSieben. <http://www.prosieben.de/>. [Online]

6.2 Tabellenverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| <i>Tabelle 2-1: DVB-T Nettodatenraten beim 8 MHz DVB-T Kanal [1].....</i> | <i>13</i> |
| <i>Tabelle 3-1: Unterschied zwischen IPTV und WebTV [9].....</i> | <i>19</i> |

6.3 Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| <i>Abbildung 2-1: Zusammensetzung des Transport Streams [2].....</i> | <i>4</i> |
| <i>Abbildung 2-2: Übertragungsschema DVB-S</i> | <i>7</i> |
| <i>Abbildung 2-3: Der DVB-T Übertragungskanal.....</i> | <i>9</i> |
| <i>Abbildung 2-4: Konstellationsdiagramm 16QAM und 64QAM [5].....</i> | <i>10</i> |
| <i>Abbildung 2-5: Konstellationsdiagramm 256QAM [5].....</i> | <i>14</i> |
| <i>Abbildung 3-1: IPTV Domains [12].....</i> | <i>21</i> |
| <i>Abbildung 3-2: IPTV Systemkomponenten [15].....</i> | <i>24</i> |
| <i>Abbildung 3-3: IPTV-Referenzmodell [13].....</i> | <i>27</i> |
| <i>Abbildung 3-4: Blockdiagramm einer Set-Top-Box [13].....</i> | <i>31</i> |
| <i>Abbildung 3-5: ADB3800/10TW [21]</i> | <i>33</i> |
| <i>Abbildung 3-6: Screenshot des Web-TV-Portals Youtube [26].....</i> | <i>37</i> |
| <i>Abbildung 3-7: WebTV-Portal der ORF tvthek [27].....</i> | <i>38</i> |
| <i>Abbildung 3-8: ZDF-Mediathek.....</i> | <i>39</i> |
| <i>Abbildung 3-9: WebTV-Portal von RTL [31]</i> | <i>40</i> |
| <i>Abbildung 3-10: Unicast-Verbindung zu einem Client</i> | <i>41</i> |
| <i>Abbildung 3-11: Unicast-Verbindung zu mehreren Clients.....</i> | <i>42</i> |
| <i>Abbildung 3-12: Broadcast in einem Netzwerk.....</i> | <i>44</i> |
| <i>Abbildung 3-13: Multicast</i> | <i>45</i> |
| <i>Abbildung 3-14: Klasseneinteilung der IP-Adressen</i> | <i>48</i> |
| <i>Abbildung 4-1: Aufbau des lokalen IPTV-Systems</i> | <i>54</i> |
| <i>Abbildung 4-2: VLC mit M3U-Playlist</i> | <i>68</i> |
| <i>Abbildung 5-1: Beispiel für ein HbbTV-System [41].....</i> | <i>71</i> |
| <i>Abbildung 5-2: Spezifikation von HbbTV [5].....</i> | <i>72</i> |
| <i>Abbildung 5-3: ARD Startleiste.....</i> | <i>74</i> |
| <i>Abbildung 5-4: Übersichtsseite der ARD-Mediathek</i> | <i>74</i> |
| <i>Abbildung 5-5: EPG.....</i> | <i>75</i> |
| <i>Abbildung 5-6: ARD Text.....</i> | <i>76</i> |