



MultiMediaPraktikum



Universität Tübingen Wilhelm-Schickard-Institut für Informatik

Wintersemester 2002/ 2003
Aufgabe 4 - DVD

Ulrike
Schaal
David
Eißler
Marc-
Oliver
Pahl



Inhaltsverzeichnis

| | |
|------------------------------|----------|
| DVD Technologie | 4 |
| DVD Kapazität | 4 |
| Medienformate | 4 |
| DVD-R(A/ G) | 4 |
| Medientypen | 5 |
| Video-DVD | 6 |
| Verzeichnisstruktur | 6 |
| logische Ebenen | 6 |
| mehrere Audio-Spuren/ | 7 |
| Sichtwinkel | 7 |
| Untertitel | 7 |
| Video-Format | 7 |
| Audio-Format | 8 |
| Kopierschutz | 8 |

DVD Technologie

DVD Kapazität

Eine DVD fasst 4,7GB (ein Layer auf einer Seite) bis 17GB (je zwei Layer auf beiden Seiten), eine CD-ROM bei gleicher Größe (12cm Durchmesser) maximal 800MB.

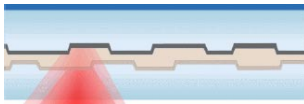
Die DVD ist die Weiterentwicklung der CD-Rom. Ihre Spuren sind wie bei der CD als Spirale von der Mitte aus angeordnet (Layer 2 [halbdurchsichtig, über Layer1] dann von außen nach innen, um die Wartezeit beim Umschalten [Laser neu fokussieren] zu verkürzen). Im Vergleich zur CD sind die Rillen (Grooves) aber mit $0,74\mu\text{m}$ deutlich schmaler (CD: $1,6\mu\text{m}$).

Auch die Größe (Länge) der Pits (Vertiefung/ Farbstoff undurchlässig) und Lands (Erhöhung/ Farbstoff durchlässig) wurde auf $0,4\mu\text{m}$ verringert (CD: $0,83\mu\text{m}$). Deshalb ist zum Lesen der DVD auch ein Laser mit geringerer Wellenlänge (650nm) erforderlich, da dieser genauer fokussiert werden kann (CD: 780nm). (Ein blauer Laser mit z.B.450nm könnte noch genauer fokussiert werden...).

Wie eingangs erwähnt bringt das eine Steigerung auf fast 4,7GB.

Zusätzlich kann sich auf der DVD Seite noch eine zweite Datenschicht (Layer) befinden. Diese ist halbdurchlässig und kann durch Änderung der Fokussierung des Lasers ausgelesen werden. Beschreibbare DVDs haben diesen zweiten Layer verfahrensbedingt nicht.

Wie bei der LaserDisk gibt es auch double-sided DVDs, die auf beiden Seiten zwei Layer enthalten können, allerdings zum Abspielen umgedreht werden müssen. Damit erreicht man dann 17GB.



Medienformate

| Name | GB | Layers | sides | comments |
|----------|---------|--------|--------|--------------------------------|
| DVD-5 | 4.7 | 1 | 1 | Read from one side only |
| DVD-9 | 8.5 | 2 | 1 | Read from one side only |
| DVD-10 | 9.4 | 1 | 2 | Read from both sides |
| DVD-18 | 17.08 | 2 | 2 | 4 layers, read from both sides |
| DVD-/+R | 4.7/9.4 | 1 | 1 or 2 | Recordable DVD |
| DVD-/+RW | 4.7 | 1 | 1 or 2 | Re-Recordable DVD |
| DVD-RAM | 2.6/5.2 | 1 | 1 or 2 | Rewritable DVD |

DVD-R(A/ G)

Die DVD-R ist eine einmal beschreibbare DVD, die genau wie ein CD-Rohling eine vorgefertigte Spur mit Farbstoff hat, der vom Laser an den Pits verbrannt wird (was zu weniger Reflektion führt).

Es gibt das DVD-R(A) und das DVD-R(G) Format. A steht dabei für Authoring, G für General.

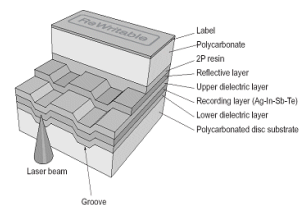
Der gravierendste Unterschied zwischen A und G ist, dass bei den G DVDs der vor den eigentlichen Nutzdaten liegende Bereich schon vorgebrannt ist. Für Daten-DVDs ist dies unerheblich, CSS verschlüsselte Film-DVDs lassen sich so aber nicht abspielbar auf DVD-R(G)-Medien kopieren, da sich gerade in dem Bereich vor den Nutzdaten u.a. die Content-Scrambling-Schlüssel befinden. (Für das Premastering von CSS-Verschlüsselten DVD-Titeln eignen sich also nur DVD-R(A)-Medien).

Technisch benötigt man für das Schreiben der DVD-R(A) einen Laser mit einer geringeren Wellenlänge von 635nm als für die DVD-R(G).

Beide Medienvarianten sollten sich eigentlich in allen DVD-Playern abspielen lassen.

| Name | read/write | Encoding | Inhalt |
|-----------|------------|----------------|--------------------|
| DVD-ROM | Read-only | ISO 9660 + UDF | undefined |
| DVD-Video | Read-only | UDF | MPEG-2 video |
| DVD-Audio | Read-only | UDF | high quality audio |
| DVD-R | Write once | UDF | not defined |
| DVD+R | Write once | UDF | not defined |
| DVD-RW | Rewritable | UDF | not defined |
| DVD+RW | Rewritable | UDF | not defined |

Medientypen



Die DVD- zeichnen die DVD im wobbled Groove-Verfahren auf. Bei der Verwendung in DVD-Video-Rekordern sind – wie bei einer Multisession CD – mehrere Sessions möglich, die jeweils ein leadIn und leadOut haben. Manche DVD-Player kommen damit nicht klar.

Die DVD+ -Varianten nutzen high frequency wobbled Groove (wie bei CDRW), was es erlaubt, einen Schreibvorgang zu unterbrechen, ein leadOut zu schreiben und dieses beim erneuten Aufnehmen zu überschreiben. Das ginge bei der DVD-RW zwar auch, aber nur die DVD+RW ermöglicht ein genaues Positionieren des Lasers – wie burnProof bei CD-Brennern –, um an der korrekten Stelle in der Spur später wieder fortzusetzen.

Die DVD+ haben also insgesamt nur eine Session, was sich auch mit älteren DVD-Playern besser vertragen sollte.

Allgemein Probleme kann den Playern die deutlich schlechtere Reflexionseigenschaft der beschreibbaren DVDs machen.

| | | | |
|---------|------------|-----|-------------|
| DVD-RAM | Rewritable | UDF | not defined |
|---------|------------|-----|-------------|

Die DVD-RAM ist nicht mit der DVD kompatibel.

Ihre Spuren sind wie bei einer Festplatte in konzentrischen Kreisen um den Mittelpunkt angeordnet, was den Zugriff verschleunert, aber natürlich inkompatibel zur Spiralspur der DVD ist.

Zusätzlich sind auch noch die Lands zwischen den Grooves mit Daten beschrieben.

Außerdem verwendet die DVD-RAM einen Mix aus constant angular velocity (CAV) – also konstante Winkelgeschwindigkeit, die DVD dreht immer gleich schnell => außen mehr Daten (mehr Fläche überstrichen) in gleicher Zeit, dafür aber keine Motorgeschwindigkeitsänderung nötig – und CLV (constant linear velocity) – also gleich viele Daten/ Zeit => Laufwerksmotor muss nach außen hin abbremmen (Standard bei DVDs).

Video-DVD

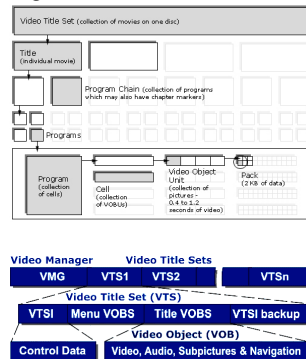
Damit jeder DVD-Player die DVD lesen kann muss eine bestimmte Struktur eingehalten werden, sowohl in der Art wo die Informationen abgelegt werden (Verzeichnisstruktur), als auch wie dies geschieht (Dateistruktur).

Die Verzeichnisstruktur sieht folgendermaßen aus:

Verzeichnisstruktur

| | |
|------------------------|---|
| Datenträgerbezeichnung | meist DVDVOLUME |
| VIDEO_TS | Verzeichnis für Video-DVD |
| VIDEO_TS.IFO | Index Hauptmenu (Video Manager) |
| VIDEO_TS.VOB | Daten für ersten Video-Titel (Daten oder Video) |
| VIDEO_TS.BUP | Backup des Video Managers |
| | |
| VIDEO_01_0.IFO | Index des ersten Video Titels |
| VIDEO_01_0.VOB | Daten des ersten Video Titels (Menü oder Video) |
| VIDEO_01_0.BUP | Backup der VIDEO_01_0.IFO |
| ... | ... |
| AUDIO_TS | Verzeichnis für Audio-DVD |
| JACKET_P | Verzeichnis für Coverpix |
| J00___6L.MP2 | Bild zu DVD, 720x576px (PAL) |
| J00___6M.MP2 | 176x144px (PAL) |
| J00___6S.MP2 | 96x80px (PAL) |

logische Ebenen



Der logische Aufbau ist der folgende:

- Volume
 - Video Manager (VMG)
 - Video Title Set (<=99) (VTS_XX_Y.IFO)
 - Video Title (TT)
 - Part of Titles (PTT)
 - Video Object Sets (VOBS)
 - Video Object (VOB) (<=32767)
 - Cell (Video Object Unit VOBUs) (<=255)
 - Packs (Sektoren 2048 Byte)
 - Packet

Als Erstes list der DVD-Player bei der Video-DVD den Video-Manager (VIDEO_TS.IFO) ein.

Dieser verzweigt dann auf die einzelnen Video Title Sets VIDEO_??_0. Wie man an den zwei Stellen sieht, kann es davon 99 geben.

Innerhalb eines Titel Sets (VTS) müssen alle Titel (TT) dasselbe Format haben (gleiche Videogröße, selbe Art und Anzahl an Audioströmen).

Die eigentlichen Video-Daten (und auch Menu-Standbilder in MPEG2) sind zusammen mit den Audio-Daten in den VOB-Files. Die maximale Größe einer vob-Datei liegt bei etwas über 1GB – daher der zweite Index im Dateinamen (VIDEO_00_?), denn bei mehr Daten wir gesplittet.

Der Standard unterstützt bis zu 8 parallele Audio-Spuren mit jeweils 2-8 Kanälen und bis zu 9 parallele Sichtwinkel pro DVD.

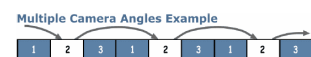
**mehrere Audio-Spuren/
Sichtwinkel**

Da die Audio-Spuren in den MPEG-2 Strom gemultiplext werden, stehen bei höheren Audioraten weniger Bits für das Video zur Verfügung.

| Data type | No. of Streams | Max data rate (Mbps) | Coding |
|-------------|----------------|----------------------|---|
| Video | 1 | 9.9 | MPEG-1 or MPEG-2, including stills. |
| Audio | 8 max | 6.144 | Dolby Digital, MPEG, LPCM etc. |
| Subpictures | 32 max | 3.36 | 2 bits/pixel run length encoded |
| Navigation | 1 | - | Program Chains (PGCs) for interactivity |

Um innerhalb der maximalen Bitrate (DVD: im Durchschnitt 3,5MBit) zu bleiben und noch ausreichende Bildqualität zu haben, kann man drei Dolby Digital 5.1 Surround-Streams einpacken; für mehr Streams muss deren Qualität verringert werden.

Sollen mehrere Sichtwinkel gespeichert werden, so geschieht dies, indem sämtliche Videostreams für alle Sichtwinkel gemultiplext werden. Zum Abspielen müssen dann die MPEG-Frames der gerade nicht gewählten Sichten übersprungen werden.



Die DVD unterstützt bis zu 32 verschiedene Untertitel, die als Bilder mit drei Farben (aus einer Palette von 16) + Transparenz gespeichert werden.

Untertitel

Sie werden einfach über das Bild gelegt und können mit folgenden Effekten eingblendet werden: fade in/out, wipe scroll up/down.

```

Title Set (Movie) attributes:
Video: MPEG-2 720x576 (PAL) (PAL 625/50) (16:9) (letterb)
Audio 1: English (Dolby AC-3) 6ch 480kpa DRC
Audio 2: Deutsch (Dolby AC-3) 6ch 480kpa DRC
Audio 3: Español (Dolby AC-3) 6ch 480kpa DRC
Audio 4: English (Dolby AC-3) 2ch 480kpa DRC
SubPicture 1: English (2-bit rle) (ID: 0x20)
SubPicture 2: Deutsch (2-bit rle) (ID: 0x21,0x20)
SubPicture 3: Español (2-bit rle) (ID: 0x22,0x20)
SubPicture 4: Svenska (2-bit rle) (ID: 0x23,0x20)
SubPicture 5: Norsk (2-bit rle) (ID: 0x24,0x20)
SubPicture 6: Dansk (Danish) (2-bit rle) (ID: 0x25,0x20)
SubPicture 7: Suomi (2-bit rle) (ID: 0x26,0x20)
    
```

Die einzelnen Subpictures werden als runlength-encoded Palettenbild mit maximal 4 Bit im Video Object an das aktuelle Frame angehängt und im vob-File gespeichert (siehe Screenshot rechts von ifo-edit).

Das Video auf der DVD muss entweder in MPEG-1 oder in MPEG-2 kodiert sein. Auch die Bitrate ist nicht festgelegt. Die maximale Videobandbreite ist lediglich auf 9,8Mb/s begrenzt.

Video-Format

Für den Produzenten bedeutet dies, dass er sich entscheiden muss, welche Bildqualität er denn haben will - also zum Beispiel einen deutlich längeren Film in wesentlich schlechterer Qualität, nämlich MPEG-1 auf DVD packen oder - wie üblich - mehr Qualität, also MPEG-2 und möglichst hohe Bitrate (>4Mb/ s), wobei das dann wie oben gesehen auch von Art und Anzahl der Audio-Spuren abhängt. Dabei spielt natürlich auch die Art der DVD eine Rolle, üblicherweise werden DVD-9 (dual layer) oder DVD-5 verwendet. Vom Preis her werden sich beide nur unwesentlich unterscheiden, Nachteil der DVD-9 ist jedoch eine kurze Abspielpause (<0,5 s; hängt vom Laufwerk ab), wenn der Laser auf den zweiten Layer fokussiert.

Außerdem muss sich der Produzent entscheiden, wie er den Film speichern will, da dieser zumeist im Breitwandformat Panavision (2.35:1) vorliegen wird, die DVD aber das Format 4:3 (720:576 ergibt 5:4?) vorschreibt. Es gibt die Varianten Widescreen (Das Bild wird in der Breite gestaucht, aber in voller Höhe gespeichert und zum Anschauen gestretcht), Letter-Box (schwarze Balken oben und unten) und Pan&Scan (es wird jeweils nur der relevanteste Bildausschnitt gezeigt, also viel Bildinformation wegge- worfen...).



Schließlich muss er sich auch noch entscheiden, welche Kopierschutzverfahren er einbauen will.

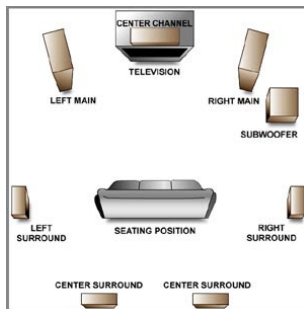
Audio-Format

Als Tonformate sind die folgenden erlaubt:
Dolby Digital, MPEG-1 & MPEG-2, LPCM und DTS.

Dolby Digital mono, stereo oder multi-channel ist die Mindestanforderung an jede DVD.

Dolby Digital (vorher AC-3) bietet 5.1 Surroundsound, also Center, vorne links, vorne rechts, hinten links, hinten rechts und Bass.

Das Format ist verlustbehaftet und bietet Bitraten zwischen 64kb/s (mono) und 448kb/s. Für 5.1 SurroundSound sind mindestens 384kb/s erforderlich, Stereo wird in 192kb/s encoded.



MPEG-2 kodiert alle bis hin zu 5.1 oder 7.1 (+ 2 center surround) SurroundSound mit konstanter oder variabler Bitrate. Die mögliche Bitrate liegt zwischen 32kb/s und 912kb/s.

Typischerweise werden 348kb/s mit einer SamplingFrequenz von 48kHz für 5.1 Surround verwendet.

MPEG-1 wird nur mit konstanter Bitrate von bis zu 224kb/s unterstützt. Eine Unterstützung für Layer-3 (mp3) fehlt.

LPCM Audio (linear pulse code modulation) ist ein unkomprimiertes Audioformat, das bis zu 8 Kanäle mit 48kHz, 96kHz Sapling-Rate und 16, 20 oder 24bit pro Sample erlaubt.

Die maximale Datenrate liegt dabei bei 6,144Mb/s, was für das Video nicht mehr viel Bandbreite (insg. 9,8Mb/s) übrig lässt.

DTS (digital theatre systems) kodiert 5.1 Surroundsound und wird bei den meisten DVDs eingesetzt. Es bietet SamplingFrequenzen bis zu 48kHz und eine Bitrate von 64kb/s - 1536kb/s. Typischerweise wird mit 768kb/s oder 1536kb/s kodiert.

Kopierschutz

Sehr wichtig für die Akzeptanz der DVD bei der Filmindustrie war neben der Qualität auch der Kopierschutz, der das Kopieren der Filme unmöglich machen sollte. Auf der DVD sind eine ganze Reihe von Kopierschutzmaßnahmen eingebaut:



Als Erstes hat jede DVD einen **Regioncode**. Dieser dient dazu, dass DVDs aus einer bestimmten Region nur innerhalb dieser Region abgepielt werden können.

Das ermöglicht es zum Einen, dass in den USA Filme, die ja dort früher anlaufen, schon früher auf DVD erhältlich sein können, obwohl sie in Europa noch in den Kinos laufen, da die dortigen DVD-Player sie ja nicht abspielen können sollen.

Zum Anderen soll der Markt an Raubkopien aus China eingedämmt werden, weshalb dieses Land auch einen eigenen Regioncode hat.

In der Praxis gab es schon nach kürzester Zeit Player die regionfree, also ohne Regioncode-Check ausgeliefert wurden.

Von der VHS-Kassette wurde der Kopierschutz **Macrovision** übernommen, der ein Video vor Kopieren schützt, indem er an nicht sichtbaren Stellen im Video (Synchronisationsimpuls) Signale generiert.

Ein Video-Rekorder hat eine AGC (automatic gain control), die dazu dient, die Eingangsempfindlichkeit dem Signal anzupassen. Ein starkes Signal (hell) führt zu einer Absenkung der Empfindlichkeit, ein zu schwaches (dunkel) zu einer Verstärkung.

Die AGC einer Videorecorders reagiert in der Regel viel empfindlicher, als die eines Fernsehers. Macrovision generiert nun im Synchronisations-signal statt eines langen viele kurze Impulse, was der Videorecorder als starkes Signal interpretiert, die trägere AGC des Fernsehers aber als langen Impuls wahrnimmt. Der Videorecorder stellt sich also falsch ein (zu hell/ zu dunkel) oder verliert gar die Synchronität (Bildfliegen). Den Fernseher stört es nicht (manche Fernseher haben doch Probleme damit).

Die DVD hat nun aber keinen solchen Synchronisationsimpuls, folglich kann gar kein Macrovision-Signal mitkodiert werden. Als Lösung wird wieder der Player verwendet, der ein Bit der DVD ausliest und dann entweder das Macrovisionsignal dazu kodiert oder nicht.

Selbst für die Videos gibt es Filter, die das Signal herausfiltern und auch fast alle Player werden die Abschaltung von Macrovision unterstützen, da es auch auf normalen Fernsehern zu Bildfehlern führen kann. Da aber sowieso niemand seine DVDs auf Video kopieren wird (DIVX etc.) hat dieser Kopierschutz praktisch keinerlei Relevanz.

Im Zusammenhang mit Macrovision wurde auch CGSM/A (Copy Generation Management System) entwickelt, das in das Ausgangssignal (NTSC line 21) ein Signal einbaut, das der entsprechenden Hardware sagt, wie und wie oft das Material kopiert werden darf. Hält sich die Hardware daran, ist ein Kopieren dann nur noch mit diesen Einschränkungen möglich.

Das digitale Äquivalent dazu heißt Digital Transmission Copy Protection (DTCP von 1999) und sieht verschlüsselten Transfer nur zwischen authentifizierten Geräten vor. Das Ganze ist gerade jetzt wieder aktuell durch die Trusted Computing Platform Alliance (TCPA), die genau so etwas am PC einführen will. Falls dies geschehen sollte, also die Geräte wirklich nur das tun könnten, was ihnen das Medium sagt, wäre dieser Kopierschutz natürlich sicher. Das bisherige Fehlschlagen von Microsofts Digital Rights Management lässt so etwas allerdings nicht vermuten, zumal es immer genügend Leute gibt, die sich damit auskennen, wie diese Geräte funktionieren und den Schutz damit umgehen können...

Zu TCPA:

<http://www.heise.de/ct/02/15/018/default.shtml>

<http://www.heise.de/ct/02/26/056/>

Der einzige wirklich neue Kopierschutz der DVD war **CSS** (content scrambling system) und wurde als unknackbar angepriesen. Der Einsatz des Kopierschutzes kostet Lizenzgebühren und da er sowieso geknackt ist, wird er auf deutschen DVDs kaum verwendet. Im Übrigen schützt CSS nicht vor dem Kopieren, denn aus dem Player kommt das entschlüsselte Signal und kopieren kann man die DVD auch, nur dann nicht mehr abspielen.

Das System verschlüsselt die einzelnen vob-Files zwar nur mit einem 40bit-Schlüssel, was aufgrund der kurzen Schlüssellänge auch eine Brute-Force Attacke (relativ langwierig) ermöglicht, der Aufwand der für CSS unternommen wird, ist aber enorm:

Jede DVD erhält einen eigenen Schlüssel, damit nicht, wenn eine DVD geknackt ist auch alle anderen geknackt sind. Dieser Schlüssel liegt natürlich nicht plain auf der DVD sondern ist selbst wieder verschlüsselt und zwar 408 mal – mit jeweils einem anderen Player-Schlüssel.

Diese Player-Schlüssel müssen die DVD-Player-Hersteller kaufen und mit diesen kann der Player dann (an der entsprechenden Stelle von den 408) für sich den DVD-Key entschlüsseln, mit dem er dann entweder schon die gesamte DVD oder die Schlüssel für die einzelnen VOB-Files entschlüsseln kann (also bis zu 99 neue Keys bei bis zu 99 vob-Files).

Es gibt 408 Player-Keys, damit ein geknackter Key durch einen neuen ersetzt werden kann, was dazu führt, dass alle Abspielgeräte, die diesen Code legal haben, nicht mehr mit den neuen DVDs funktionieren.

Wenige Tage nach Veröffentlichung des Xing Software-DVD-Players

<http://dvd.flatline.de/>

http://www-lehre.informatik.uni-osnabrueck.de/mm/mm15/paper/6_2CSS.html

wurde dessen Hersteller-Key mithilfe von Reverse Engineering durch einige internationale Hacker geknackt. Einziges bekanntes Mitglied der Gruppe, die mit diesem Keys dann DeCSS im Herbst 1999 veröffentlichte, war der damals 16jährige Norweger Jon Lech Johansen. Zweck des Tools sollte es eigentlich sein DVDs unter Linux abspielen zu können, da der SourceCode aber veröffentlicht wurde, war es damit natürlich aber auch möglich, alle DVDs zu entschlüsseln und damit unkodiert irgendwo zu speichern und z.B. später dann als DIVX zu kodieren.

Wenige Tage nach DeCSS wurden alle 408 PlayerKeys im Netz veröffentlicht. Also hätten alle PlayerKeys geändert werden müssen, was alle verkauften Player unbrauchbar gemacht hätte.

Das war aber auch nicht mehr sinnvoll, da kurz darauf ein Programm vorlag, das alle Player-Keys in nur 20 Sekunden auf einem P3 500 knackt.

Das eingesetzte Verschlüsselungsverfahren ist so schlecht, dass das Entschlüsseln der Keys sogar ohne Kenntnis eines einzelnen Bits (5 sind laut Spezifikation immer bekannt) funktioniert.

An einer Verurteilung Johansens lag der Filmindustrie natürlich sehr viel, angeklagt wurde er aber erst am 12.1.2002. Anfang dieses Jahres (7.1.2003) wurde er freigesprochen.

Als die Klage zur Klärung der Copyrightverletzung vor Gericht kam, waren auf der Gerichtsseite für einige Tage sogar die DeCSS-Quellcodes online ;-).