

AC3 Dolby Digital

Jaro Razmowa
Tonseminar SS2010

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

2. Definition und Geschichte von AC3 und Dolby

3. Dolby Formate

4. Dolby Digital

- Encoder

- Decoder

- Metadaten

5. Dolby E

6. Quellen

AC3 Dolby Digital

1. Einleitung

Das Bestreben hohe Übertragungsgeschwindigkeiten zu erreichen und dabei möglichst wenig Speicherplatz zu gebrauchen führt zu einer Notwendigkeit der Datenkompression. Die Datenorganisation muss geändert werden und das kann am einfachsten durch Kodieren und Dekodieren erzielt werden. Bei den unterschiedlichen Datentypen gibt es unterschiedliche Verfahren. Im Audibereich sind die bekanntesten Audio-Codex: MP3, MPEG-2, AAC, AIFF, AC3 usw.

2. AC3 und Dolby

ADAPTIVE TRANSFORM CODER 3 (.ac3)

- Technologie zur verlustbehafteten Komprimierung von Audiosignalen
 - Bitstream-Format mit konstanter Kompressionsrate 348 Kbit/s
 - „Perceptual Codec“ – basiert auf den Eigenschaften menschlicher Wahrnehmung
 - 6 diskrete (vollständige und prinzipiell unabhängige) Audiokanäle
- > Hauptsächlich bei Dolby Digital im Einsatz

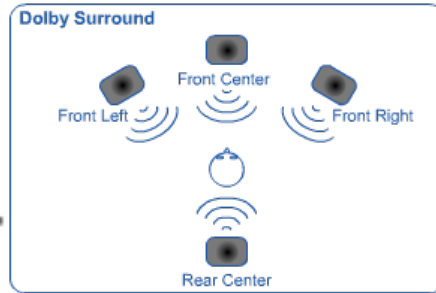
DOLBY DIGITAL

- Mehrkanal Tonsystem für DVDs, Kino und TV-Übertragungen
- Standard für den Endbenutzer
- 6 Kanäle in 1 Datenstrom
- Audioinformationen und Metadaten über die relative Wiedergabelautstärke, Art des Downmixes im Decoder usw. übertragen
- Geschichte:

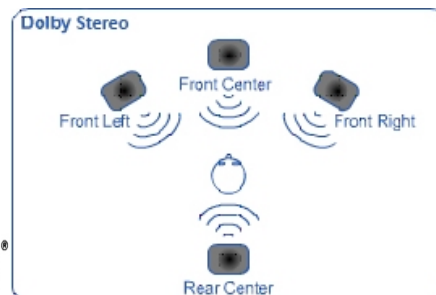
1992 „Batmans Rückkehr“ – erster Film in Dolby Digital

1995 Dolby Digital als Audioformat für DVDs etabliert

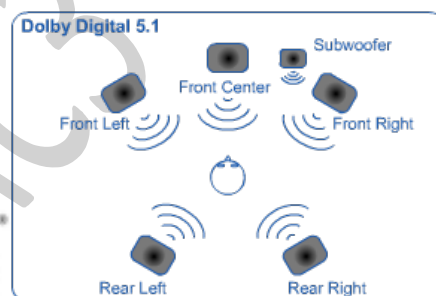
3. Dolby Formate



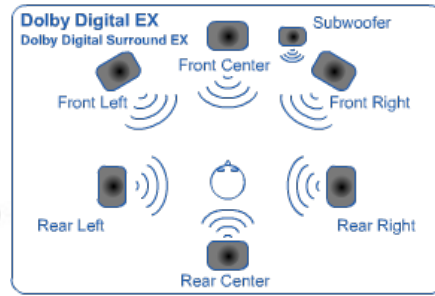
- Analoges Mehrkanaltonsystem
- 4 Tonkanäle auf 2 Spuren mittels Matrixkodierung zusammengefasst
- Abwärtskompatibel zu Stereo



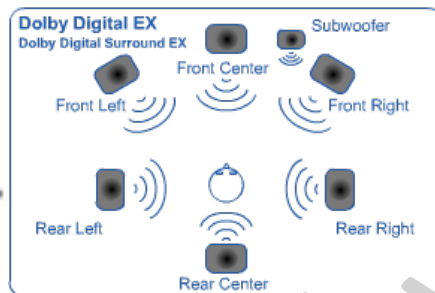
- Digitales Mehrkanaltonsystem
- 4 Kanäle auf 2 Spuren zusammengefasst und mit Dolby Pro Logic Chip codiert
- Klang mit mehr Akzenten und Effekten



- 6 Kanäle (L, C, R, Ls, Rs, LFE)
- 5 mit vollem Frequenzspektrum
- 1 Frequenzspektrum von 3Hz bis 120Hz



- 6.1 bzw 7.1 Kanäle (Rear Center hinter dem Zuschauer)
- Der neue Kanal ist aus den beiden hinteren Kanälen zusammengesetzt und in deren Matrixkodierung mitenthalten (wenn kein Cr-Lautsprecher vorhanden ist, kann die Information auf dem Ls/Rs- Lautsprechern ausgegeben werden)



- Kinovariante von Dolby EX (Surround Center statt Rear Center)
- 1999 Star Wars Episode 1 ist erster Film in Dolby Surround Ex



- 7.1 diskrete Kanäle
- Abwärtskompatibel zu Dolby Digital
- Standard für HD-DVDs
- 6Mbps Datenströme – klarer, naturgetreuer Sound



- Professionelles Format

4. Dolby Digital

Ziel der Kodierung: Bits aus dem digitalisierten Audiosignal entfernen, so dass im Endergebnis keine Unterschiede zum Originalsignal hörbar sind

Grundlage der Audio-Encoder: Bit Allocation (Zuteilung des Bit-Budgets)

- Forward Adaptive Bit Allocation – Encoder berechnet die Neuzuteilung der Bits und schreibt die Informationen über die angewandte Methode explizit in den Datenstrom
- Backward Adaptive Bit Allocation – Encoder bezieht Informationen über die Neuzuteilung der Bits aus den übertragenen Audiodaten

AC-3: Hybrid Forward/ Backward Adaptive Bit Allocation, um die Nachteile der 2 Strategien umzugehen

DOLBY ENCODER

- PCM-Eingangswerte im Eingangspuffer gespeichert in Blöcken mit 512 Samples
- Umwandlung vom Zeit- in Frequenzbereich durch Faltung (Time Domain Aliasing Cancellation- Filter-Bank verwendet)
- Nach der Fensterung mit einer Besselfunktion wird mittels einer FFT (Fast Fourier Transformation) eine MDCT (Modifizierte Diskrete Cosinus Transformation) durchgeführt und die Audioblöcke werden in den Frequenzbereich überführt
- Blöcke überschneiden sich um 50%: 1 Zeitwert entspricht 2 Frequenzwerten
- Stationäre Audiosignale profitieren von einer hohen Frequenzauflösung, Transienten von einer hohen Zeitauflösung (sonst Quantisierungsrauschen)
- Zeitauflösung \neq Frequenzauflösung, deswegen muss ein Kompromiss gefunden werden
- Transienten werden mit Hilfe eines Transienten- Detektors (hochfrequenter Bandpassfilter) lokalisiert - die Blockgröße wird halbiert und die Zeitauflösung der Transienten wird erhöht. Damit ist die minimalste Blockrate und Zeitauflösung für die TDAC-Filter festgelegt
- TDAC-Filter: 50 Frequenzbänder (0Hz – 24kHz), Bandbreite $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{4}$ der „critical bands“

-> „critical bands“ – 24 Frequenzgruppen (0 Hz- 20 kHz)

- 5 Gruppen zwischen 0Hz und 500 Hz (Bandbreite 100 Hz)
- 19 Gruppen zwischen 500 Hz und 20 kHz (Bandbreite 20% der Mittenfrequenz)
- Jeder Filter-Koeffizient wird in Floating Point Format umgewandelt: $Z = M \cdot 2^n$
 - M- Mantisse ($0,5 < IMI < 1$) – 16 Bit
 - n- Exponent (ganze Zahl) – max. 5 Bit
- Exponenten eines Audioblocks werden zu Hüllkurven zusammengefasst und getrennt von den Mantissen bearbeitet.
- 3 Methoden der Kodierung – bei allen 3 wird eine gewisse Anzahl der Exponenten zu 7Bit Wörtern zusammengefasst. Der erste Exponent einer Gruppe erhält einen absoluten Wert, die restlichen Exponenten – die Abweichung zu diesem Wert
- Encoder wählt eine der drei Methoden aus und speichert in einem 2-bit Flag welche Methode der Decoder anwenden soll.
- Global Bit Allocation im nächsten Schritt
 - Zuweisung der benötigten Bits jeder Mantisse
 - TDAC-Koeffizienten werden auf Maskierungseigenschaften im Gehör untersucht und mit einer Maskierungsfunktion gefaltet
 - Die Maskierungsfunktion wird durch 2 Kurven angenähert und für jede Kurve wird analysiert, beginnend bei der tiefsten Frequenz welche Werte für den Gesamtklang relevant sind
 - Das Ergebnis wird mit der Hörschwelle verglichen und vom Originalsignal subtrahiert - SIGNAL TO NOISE RATIO wird ermittelt
 - Mantissen der Koeffizienten werden einzeln quantisiert
 - Zum Schluss wird das Bit-Budget geprüft – bei noch vorhandenen übrigen Bits wird die SIGNAL TO NOISE RATIO der Mantisse erhöht; bei zu wenig Bits – wird die SIGNAL TO NOISE RATIO verringert durch Dithering oder Coupling
- > Am Ende werden alle AC-3 Daten zu einem Datenstrom zusammengefügt und liegen dann in Sync-Frames vor.

Synchronisations- Information- Header	Bitstream- Information- Header	32 ms Audiodaten als quantisierte Frequenzkoeffizien- ten	Auxiliary Feld	CRCC- Fehlerschutz- Daten
--	---	--	---------------------------	--

DOLBY DECODER

- Code wird im Buffer gespeichert und blockweise bearbeitet
 - Fehlerkorrektur
 - Falls ein nicht zu korrigierender Fehler auftritt wird im Decoder der letzte richtige Block verwendet
 - Da sich die Audioblöcke um 50% überschneiden ist eine wiederholte Verwendung möglich bevor der Decoder das Audiosignal unterbrechen muss
 - Fixed Format Data Unpacking für alle Exponenten, Coupling- Koeffizienten, diverse „Mode Flags“
 - Global Bit Allocation mit den Daten, um die variablen Daten zurückzugewinnen
 - Decoupling – Hüllkurven werden den richtigen Frequenzen zugeordnet und die hochfrequenten Anteile werden den Kanälen hinzugefügt
 - Optional: Dynamic Range Compression
 - Bei LFE werden die Bereiche der mittleren und hohen Frequenzen mit 0 aufgefüllt, um die Kompatibilität der Sample Rate zu den übrigen Kanälen zu gewährleisten
 - Inverse TDAC- Transformation - Koeffizienten in Fixed-Point-Format umgewandelt, Dither entfernt
- > Umwandlung in die Zeitebene – Kontinuierlicher PCM-Datenstrom liegt vor

METADATEN

- Kontroll-Parameter, mit deren Hilfe sich verschiedene Zusatzinformationen im Dolby-Digital-Signal übertragen lassen z.B. über die Wiedergabelautstärke, Art des Downmixes und weitere programmspezifische Parameter

CHANNEL MODE

- Gibt Auskunft über die im Datenstrom vorhandenen Audiokanäle mit vollem Frequenzgang sowie ihre Zuordnung und Datenraten

Audio Coding Mode	Kanal Format
1+1	L/Ch1, R/Ch2
1/0	C
2/0	L, R
3/0	L, C, R
2/1	L, R, S
3/1	L, C, R, S
2/2	L, R, LS, RS
3/2	L, C, R, LS, Rs

DIALOG NORMALISATION

- Dynamische Anpassung der Lautstärke von unterschiedlichem Audiomaterial, um eine einheitliche Gesamtlautstärke zu erreichen
- Decoder erkennt anhand des vom Produzenten festgelegten Dialog-Level-Wertes ob die Gesamtlautstärke angehoben oder abgesenkt werden muss
- Dialog-Level-Wert = Durchschnittslautstärke, welche der Dialog in einem Programm über längere Zeit erreicht
- Referenzwert: **-31 dBFS des digitalen Ausgangs**
- **31 + Dialog-Level-Wert = Lautstärke-Anpassung**
- -31dB nur bei Filmsoundtracks (fast keine Dynamikeinschränkung); in der Regel: -15 dB
- Bestimmung des Dialog-Level-Wertes: Verfahren aus der Schallimmissions-Messung

- Der energieäquivalente, A-bewertete Schalldruckpegel wird über eine bestimmte Zeit integriert und zum Signalpegel von 0dBFS in Bezug gesetzt

DYNAMIC RANGE CONTROL

- Anpassung der Dynamik eines Programms
- Einschränkung der Dynamik durch Umgebungsgeräusche
- Schutz vor Verzerrungen im Encoder mit Hilfe eines Limiters
- Die Kontrollparameter für die Kompression des Audiomaterials sind im Datenstrom enthalten
- 6 DynamicRangeControl-Profile – 5 Regionen des Audiosignals mit unterschiedlicher Kompression
- Schutz vor Clipping beim Downmix (mehrere mögliche Varianten des Downmix gespeichert in Abhängigkeit des Parameters für Dialog Normalisation und der Art des Audiomaterials)

DOWNMIX

- Automatisches Downmix der Kanäle, falls der Benutzer weniger Abhörwege zur Verfügung hat als im Datenstrom vorgesehen
 - Center Downmix Level (-3dB; -4,5dB; -6dB)
 - Surround Downmix Level (-3dB; -6dB; „aus“)
 - Surround Phase Shift

5. Dolby E

Professionelles Format für Mehrkanalproduktionen seit 1999

-> Produktion, Postproduktion, Editing, In-House- Distribution

- 8 diskrete Audiokanäle in 1 Datenstrom (2.0 + 5.1 / 4x 2.0/ 8x 1.0)
- Audiosignal + Metadaten + SMPTE-Timecode (über 2 AES-3 Leitungen)
- Kann auf allen gängigen Audioformaten aufgezeichnet werden
- Dolby E ist kaskadierbar – kann mehrmals kodiert und dekodiert werden - 10 Kodierung/Dekodierung-Zyklen ohne Qualitätsverlust (1 Frame Latenz pro Zyklus)
- Dolby E-Daten direkt in den Audiodatenteil eines AES-3 Subframes integriert
- Dolby E- kodiertes Audiomaterial kann elektronisch geschnitten werden – Frame-genaues schneiden in codierter Form ist möglich, da Dolby E an die Video Frame Raten angepasst ist

6. Quellen

www.dolby.de

<http://www.thx-trailer.com/3/Trailer/DOLBY2.htm>

Henle, Hubert „Das Tonstudio Handbuch“

<http://www.bluray-disc.de/lexikon>

AC3 Dolby Digital