



OPTIMAL HANDOVER-POINT AND QUALITY CHARACTERISTICS



Reference to the Media
over IP Value Chain

Optimal Handover-point and Quality Characteristics

Inhalt

1. Status Quo	4	Annex	25
1.1. Lineare Kontribution	4	Abkürzungen	25
1.2. Nicht-lineare Kontribution.....	7	Referenzen.....	27
2. Problem	8	Impressum	28
2.1. B2B Kontribution von linearem Content	8		
2.2. B2B Kontribution von nicht-linearem Content	10		
3. Bewertung verwendeter Technologien	15		
3.1. Lineare Kontribution	15		
3.2. Nicht-lineare Kontribution.....	19		
4. Lösungen / Best Practices	21		
4.1. Lineare Kontribution	21		
4.2. Nicht-lineare Kontribution.....	24		

Einführung

In der vollständigen Kette von der Erstellung des Contents bis hin zur Vermarktung an den Endkunden (Konsumenten) liefern jeweils ein oder mehrere „Content-Provider“ einer „Plattform“ Content zu (Kontribution). Hierbei spielen die Übergabepunkte und die Qualitätsmerkmale eine wesentliche Rolle und sollen in diesem Dokument behandelt werden.

Je nach Perspektive von Content-Providern (Broadcaster) oder Plattformen (Distribution-Plattform) sind Begriffe wie „Ingest“ und „Kontribution“ mehrfach mit teilweise auch unter-

schiedlicher Bedeutung besetzt. Generell wird in diesem Dokument der Blickwinkel eines Plattform-Anbieters vorausgesetzt. Zusätzlich ist bei dem jeweils angesprochenen Audio/Video-Material (Content) die Differenzierung zwischen „linearem“ oder „nicht-linearem“ (clip-basierenden / on-demand) Content relevant.

Inhaltliche und beschreibende Metadaten werden in diesem Dokument nicht betrachtet, da sie von einer anderen DTVP-Arbeitsgruppe bearbeitet werden.

1. Status Quo

Es gibt zurzeit eine Vielzahl von Übertragungswegen und Codecs für Content mit jeweils unterschiedlichen technischen Spezifikationen und Qualitätseigenschaften. Die daraus resultierende Vielfalt der Kombinationen, die mit der Zeit entstanden ist, ist mittlerweile sehr komplex und erzeugt damit erhöhte Aufwände, sowohl bei Broadcastern als auch bei Plattformen. Durch Erarbeitung von Best-Practice-Standards im Rahmen der AG Media over IP möchten wir praktikable, zweckmäßige und wirtschaftlich sinnvolle Empfehlungen erarbeiten, die der gesamten Branche zugutekommen können.

In der gesamten Verarbeitungskette von der Kamera bis zum Konsumenten ist häufig ein Gefälle bezüglich der Signalqualität des Contents zu beobachten. Dies beginnt beim Broadcaster/Content Provider, wo der angelieferte Content in verschiedenen Produktions- und Archivierungsprozessen nicht immer verlustfrei komprimiert wird und Generationsverlusten unterliegen kann. Auch ist der jeweilige Haus-/Archiv-Standard zu berücksichtigen, für HD ist 1080i/25 derzeit meist noch das etablierte HD-Hausformat der Broadcaster. Im Weiteren können fehlende Lizenzrechte eine Ausstrahlung in reduzierter Auflösung bedingen. In der weiteren Kette stellen die Kontributions-Encodierung Parameter i.d.R. einen wirtschaftlich begründeten Qualitäts-Kompromiss dar.

Weitere Konvertierungen erfolgen ggfs. auch beim Plattform-Provider, u.a. durch ein Re-Encoding des Signals.

Das ideale, hier untersuchte, Prinzip im Sinne der Qualitätssicherung wäre, dass immer die bestmögliche Signalqualität zur Kontribution verwendet und auch weitergeleitet wird, zusammen mit einer optimalen Balance aus Codec und Bandbreite.

1.1. Lineare Kontribution

Für die lineare B2B Kontribution gibt es in der Praxis zwei Formen: Zum einen die direkte leitungsgebundene Übergabe der Signale zwischen Firmen, und zum anderen die Weiterleitung eines empfangenen Distributionssignales über Satellit oder Terrestrik als Primärausstrahlung für die Kabel-Weitersendung.

Bei der direkten leitungsgebundenen Übergabe wird besonderer Wert auf die Bereitstellung hochqualitativer Signale gelegt. Daher sind hier Signalübertragung unkomprimiert im Basisband (SDI) oder komprimiert mit hohen Datenraten über DVB-ASI oder DVB over IP auf dedizierten Leitungen typisch. Alternativ zur direkten leitungsgebundenen Übergabe werden von Broadcastern Signale an zentralen Übergabe-Locations zur Verfügung gestellt, s.u.

Die Übertragung zum Endkunden (Distribution) findet einerseits mit den entsprechenden DVB-Standards über Satellit, Breitbandkabel oder Terrestrik statt, andererseits über das Internet mit den verschiedensten Übertragungsprotokollen. Allerdings mit potentiellen Einbußen bei der Qualität, da die für Distribution ausgelegten Formate immer auf ein wirtschaftliches Verhältnis von Qualität/Übertragungskosten ausgelegt sind. Als Format zur Übertragung über das Internet sind beispielsweise MPEG-2 Transport Streams möglich, sowie Streaming-Protokolle wie z.B. HLS oder MPEG-DASH.

Verwendete Codecs sind in allen Fällen ähnlich und variieren z.B. zwischen MPEG-2/H.262, H.264 über H.265 für Video und MPEG-AAC, AC-3 oder E-AC-3 für Audio.

Neben Video und Audio besteht ein integrales lineares Signal z.B. weiterhin aus Teletext, Untertiteln, Event Information Now-Next, Audio-Deskription – wenn vorhanden – sowie den programmbegleitenden HbbTV-Applikationen (AIT). (Aufzählung beispielhaft, ggfs. nicht vollständig.)

1.1.1. Zentrale Signalübergabe

Die Signalverteilung für die linearen Angebote über zentrale Übergabepunkte für den Austausch von DVB over IP Streams kann durch den Broadcaster zusätzlich Kabelnetz Providern oder Drittplattform-Betreibern angeboten werden. Diese Form einer leitungsgebundenen Signalübergabe kann die Komplexität vor allem für die Provider verringern, da diese oft von vielen unterschiedlichen Content-Providern (Broadcaster, aber auch Content Aggregatoren) Signale erhalten. Gleichzeitig haben zentrale Übergabepunkte auch Vorteile für die Content-Provider, die ihre Signale mehreren Plattformen zur Verfügung stellen.

Typische Übergabe-Locations:

- ARD: FFM Equinix, FFM InterXion, ARD/Colt Berlin: (leitungsgebunden nur HD-Multiplexe)
- ZDF: FFM Equinix (1 x SD-Multiplex plus zwei HD-Multiplexe)
- CBC/RTL: FFM Equinix, Zürich Equinix, Wien InterXion
- ProSiebenSat.1: Zürich Interoute, Wien InterXion

Nutzung:

- Zentrale Signal-Bereitstellung der linearen Angebote als DVB over IP für Plattform-Provider (DVB-C, IPTV, OTT-Streaming).
- ARD/ZDF: Es werden nur fertige Satellitenmultiplexe als TS zur Verfügung gestellt. Datenrate pro Service ist VBR und variiert u. a. durch statistischen Multiplex, (kein eigenes Payout für zentrale Übergabe). Es wird nur der aktuelle Ausstrahlungs-Standard des Broadcasters übergeben.
- CBC/RTL: Programmpakete werden in verschiedene Bundles zusammengefasst. Datenrate pro Service ist CBR oder VBR (eigenes Payout/Encoding für zentr. Bereitstellung). Es wird nur der aktuelle Ausstrahlungs-Standard des Broadcasters übergeben.
- ProSiebenSat.1: Es werden Sender in verschiedenen Bundles zusammengefasst und ausschließlich im aktuellen Ausstrahlungs-Standard des Broadcasters übergeben.

Die Kosten für die Signal-Bereitstellung sind i.d.R. bilaterale Verhandlungspunkte, cross-connects in der Übergabe-Location i.d.R. zu Lasten des Plattform-Providers.

Anmerkung:

Hierbei gilt, dass die Signale der verschiedenen Broadcaster/Inhalteanbieter an einem zentralen Übergabepunkt nicht einfach abgegriffen werden können, sondern es ist der Broadcaster/Inhalteanbieter über den Wunsch einer Aufschaltung zu informieren und selbstverständlich sind alle medien- und lizenzrechtlichen Bedingungen für eine Weitersendung der abgegriffenen Signale einzuhalten und zu erfüllen. Dies ist dem Broadcaster/Inhalteanbieter auch entsprechend nachzuweisen. Alle Kosten für die Aufschaltung (Co-Lokation – MeetMe-Room) sind von den anfragenden Providern zu übernehmen. Die Freischaltung der bereitgestellten Signale erfolgt durch den Broadcaster.

1.2. Nicht-lineare Kontribution

Auch die nicht-lineare Kontribution (VOD/Clip-basierter Transfer) hat keinen allgemeingültigen Standard und findet über verschiedene Wege statt. Ein üblicher Weg ist die Verwendung von auf dem Markt verfügbaren File Transfer-Systemen wie z. B. IBM Aspera, Movie2Me, die Bereitstellung der Dateien über FTP Server oder die Nutzung von Cloud Storage Systemen. Andere Möglichkeiten sind programmatisch abfragbare Schnittstellen (APIs), um Zugriff auf den Content zu erhalten.

Die verwendeten Austauschformate sind meist Produktionsformate mit hohen Bitraten (Quicktime, ProRes, IMF¹, MXF, IMX², DNxHD, AAF, usw.), es werden aber auch gewöhnliche Consumer-Containerformate wie z.B. MP4, MOV, MPEG-TS, MKV verwendet.

Übersicht der Qualitäts-Kriterien von File Formaten:**Video:**

Auflösung, Bittiefe (Sampling Depth, Dynamic Range), Bildseitenverhältnis, Framerate, interlaced/progressive, Farbraum, Chroma-Subsampling, Codec + Parameter (z. B. Bitrate, GOP, Anzahl der Durchläufe, Szenen-Encoding, usw.), HDR-Metadaten.

Audio:

Anzahl der Tonspuren (Sprachen, visually-impaired), Samplingrate, Bittiefe (Sampling Depth), Anzahl der Kanäle (Mono, Stereo, Multi-channel, Immersive), Audiocodec + Parameter, Bitrate, Anzahl der Durchläufe, ...

Untertitel:

Anzahl der Untertitelspuren (Sprachen, hearing-impaired), textbasiert oder bildbasiert.

2. Problem

2.1. B2B Kontribution von linearem Content

Die größte Fragmentierung des Marktes besteht im Bereich der linearen B2B-Kontribution. Daher werden im Folgenden Technologien aufgelistet, die in verschiedenen Kombinationen verwendet werden, um anschließend zu betrachten, welche Vor- und Nachteile sie bieten und wie die bestmögliche Kombination aussehen könnte.

Interfaces / verlustlos:

- SDI: Bereitstellung von Video/Audio auf dedizierter Leitung (Fiber oder Coax):
 - SD-SDI: 270 Mbit/s ³
 - HD-SDI: 1,5 Gbit/s (1080i/25) oder 3 Gbit/s (1080p/50) ⁴
 - UHD Quad-3G-SDI (Square Division): 4x 3 Gbit/s (4x1080p/50) ⁵
 - UHD 12G-SDI: 12 Gbit/s (2160p/50) ⁶
- AES/EBU (AES3): Bereitstellung von Audio (PCM / ggf. Dolby E bei Mehrkanal) auf dedizierter Leitung oder embedded in SDI.
- IP (SMPTE 2110) ⁷: Übertragung von Video über ein IP-Netzwerk. Audio wird als separater Stream übertragen.

Interfaces / komprimiert bzw. verlustbehaftet:

- ASI: Bereitstellung auf dedizierter Leitung (Coax) als MPEG-2 TS ⁸ (MPTS or SPTS)
- IP Peerings: Bereitstellung auf dedizierter Leitung als MPEG-2 TS
 - Private Network Interconnection (PNI)
 - Dedizierte Layer-2 IP-Verbindung
 - Virtual Leased Line (VLL)
- Internet:
 - MPEG-2 TS over UDP or TCP, RTP/UDP, SRT (MPTS or SPTS)
 - HLS, DASH, CMAF
 - Kommerzielle Software Lösungen wie z. B. Sentinel Videoflow, Zixi, SRT
 - Dedizierter Link für die Kontribution (typ. hohe Bitrate) oder Distributionssignal (niedrige Bitrate)
- Satelliten-Downlink (DVB-Sx)
- Terrestrisch (DVB-T/T2)

Container:

- MPEG-2 TS als
 - SPTS
 - MPTS
- PCM (Audio)
 - Unkomprimiert und komprimiert
 - Stereo, Multi-channel oder Object-based
- OTT-Packaging:
 - HLS
 - DASH ⁹

Codecs (Video, Audio):

- Video:
 - MPEG-2
 - H.264 (MPEG-4 AVC)
 - HEVC (H.265)
- Audio:
 - MPEG 1-LII, MPEG-AAC (AAC-LC, HE-AAC v1, HE-AAC v2) ¹⁰
 - AC-3, E-AC-3, ¹¹ Dolby E ¹²
 - sADM (serial ADM) ¹³
- Untertitel:
 - Integriert im Teletext
 - DVB Subtitling mit Text (Textbasierte Untertitel als Teil des MPEG Transport Stream)
 - DVB Subtitling mit Bitmap
 - CEA 608/708 ¹⁴
- Teletext

Video Eigenschaften:

- Auflösungen und Frameraten: 576i/25, 720p/50, 1080i/25, 1080p/50, 2160p/50
- Farben / Dynamic Range: SDR (Gamma, BT.709) ¹⁵, HDR-PQ ¹⁶ (BT.2020) ¹⁷, HDR-HLG ¹⁸ (BT.2020)
- Bittiefen: 8 Bit (kein HDR), 10 Bit, 12 Bit
- Farbkodierungen: RGB, YC_BC_R (YUV), IC_TC_P (ITP) / chroma sub-sampling: 4:2:0, 4:2:2, 4:4:4

Audio Eigenschaften:

- Bittiefen: 16 Bit, 20 Bit, 24 Bit
- Sampling-Frequenzen: 44,1 kHz, 48 kHz, 96 kHz
- Kanäle / Objekte
 - Channel-based audio (z. B. stereo, 5.1)
 - Channel-based immersive (CBI) Audio (z. B. 5.1.4)
 - Object-based immersive (OBI) Audio
- Normalisiert (z. B. EBU R128) ¹⁹ / Nicht normalisiert, aber mit Metadaten

2.2. B2B Kontribution von nicht-linearem Content

Im Folgenden werden Fileformate aufgelistet, die im Allgemeinen in der Content Produktion zum Einsatz kommen, aber von Content Produzenten und einigen Broadcastern auch für Auslieferung von Video-Files an Plattformbetreiber verwendet werden.

Produktionsformate / verlustlos: HD/UHD

Apple ProRes 422 HQ

- Format-Profil: Quicktime
- Produktionsformat für HD- und UHD-Videos, visuell verlustfrei
- 4:2:2, 10-Bit-Farbtiefe
- Datenrate ca. 200 Mbit/s bei 1.920×1.080 und 25 fps
- Datenrate ca. 1.400 Mbit/s bei 3.840×2.160 und 50 fps
- Framerates: (25p, 50p, aber auch 23,976p, 24p oder 50i Material)
- Audio: 2 bis 32 PCM/DE Spuren sind üblich, optional immersives Audio als separates ADM.wav File

In den Bereichen Grafik und UHD-Auslieferung wird auch das höherwertige ProRes 4444 verwendet, zum Beispiel Apple ProRes 4444 oder ProRes4444XQ:

Apple ProRes 4444 oder ProRes4444XQ

- Format-Profil: Quicktime
- RGB, 4:4:4, 12-Bit-Farbtiefe
- BT.2020 (PQ), ggf. dynamische HDR Metadaten als separates XML-File
- Datenrate ca. 430 Mbit/s bei 1.920×1.080 und 25 fps
- Datenrate ca. 3400 Mbit/s bei 3.840×2.160 und 50 fps
- Framerates: (25p, 50p, aber auch 23,976p und 24p)
- Audio: 2 bis 32 PCM/DE Spuren sind üblich, optional immersives Audio als separates ADM.wav File

Dateiformate / komprimiert bzw. verlustbehaftet: HD

XDCAM HD 422 MXF ²⁰

- Formate: 1080i/25, 720p/50, 1080p/25
- Samplingrate: 4:2:2
- Bitrate: max. 50 Mbit/s
- Kompression: MPEG-2 422P@HL
- Pixel: 1920×1080 , 1280×720
- Samplingfrequenz: 48 kHz
- Quantisierung: 24 bit/sample
- Audiokompression: keine, AES-3 (LPCM)
- Anzahl der Audiokanäle: 8/16 Kanäle

AVC-Intra 100 ²¹

- Formate: 1080i/25, 720p/50, 1080p/25
- Samplingrate: 4:2:2
- Bitrate: max. 100 Mbit/s
- Codec: H.264 / MPEG-4 AVC High 422 Intra RP2027 Constrained Class 100
- Pixel: 1920×1080 , 1280×720
- Samplingfrequenz: 48 kHz
- Quantisierung: 24 bit/sample
- Audiokompression: Stereo PCM / Dolby E
- Anzahl der Audiokanäle: 8-16

Seltener, deshalb hier nicht näher betrachtet, wird Broadcastern Material als ProRes 422 oder im von AVID generierten Material als DNxHD in HD überspielt.

**Dateiformate /
komprimiert bzw. verlustbehaftet:
UHD:**

**XAVC QFHD Intra Class300
CBG /VBR ²²**

- 3840 × 2160p, 10 Bit
- High422@L5.1 / 5.2
- Fileformat: MXF OP1a
- Datenrate ca. 500 Mbit/s bei 3.840 × 2.160 und 50 fps
- HDR: PQ oder HLG
- Color space: BT.2020 (HDR) oder BT.709 (SDR)
- 25 fps / 50 fps
- Audio: Stereo PCM / Dolby E

**XAVC QFHD Intra Class480
CBG /VBR**

- 3840 × 2160p, 10 Bit
- High422@L5.1 / 5.2
- Fileformat: MXF OP1a
- Datenrate ca. 800 Mbit/s bei 3.840 × 2.160 und 50 fps
- HDR: PQ oder HLG
- Color space: BT.2020 (HDR) oder BT.709 (SDR)
- 25 fps / 50 fps
- Audio: Stereo PCM / Dolby E

HEVC (Encoding Parameter für UHD)

- Auflösung 3840 × 2160p, 10 Bit
- HEVC Main 10 Profile, Main Tier, Level 5.1/ 5.2
- Typische Bitraten: > 20 Mbit/s.
- Framerate entsprechend Original-Master, i.d.R. 25 fps oder 50 fps
- Audio: Stereo MPEG-4 AAC oder E-AC-3

**Dateiformate /
komprimiert bzw. verlustbehaftet:
HD/UHD:**

IMF (Interoperable Master Format)

**HD IMF Base Track File Specs:
Format HD IMF
App2 SMPTE ST 2067-20**

- Image Track File Type MXF (SMPTE ST 2067-5)
- Image Essence JPEG 2000
- Profile Level: JPEG 2000 BROADCAST LEVEL 5
- Image Width: 1920
- Image Height: 1080
- Color Encoding YcbCr / 4:2:2
- Bit Depth 10 bits
- Audio Track File Type MXF (SMPTE ST 2067-5), Audio Essence BWF (.wav) oder IAB (.mxf) Immersive Audio Bitstream²³
- Sampling Rate 48.00 kHz or 96.00 kHz, Bit Depth 24 bits

**UHD IMF Base Track File Specs:
Format UHD IMF
App2-extended SMPTE ST 2067-21**

- Image Track File Type MXF (SMPTE ST 2067-5)
- Image Essence JPEG2000
- Profile Level: JPEG 2000 BROADCAST LEVEL 5
- Image Width: 3840
- Image Height: 2160
- Color Encoding YcbCr / 4:2:2
- Bit Depth 10 bits
- Audio Track File Type MXF (SMPTE ST 2067-5), Audio Essence BWF (.WAV), oder IAB (.mxf) Immersive Audio Bitstream
- Sampling Rate 48.00 kHz or 96.00 kHz, Bit Depth 24 bits

Zusätzlich werden IMF Insert Track Files abgespeichert.

3. Bewertung verwendeter Technologien

Weitere IMF App2e Profile und Level:

(Plattform-spezifisch,
hier nur beispielhaft angegeben)

- RGB, 4:4:4, 12-Bit-Farbtiefe
- BT.2020 (PQ), ggf. dyn. HDR Metadaten-Track in der Videoessenz „interleaved/wrapped“ (PHDR Image Track)
- Datenrate J2K Level / Sub Level: IMF single tile lossy profile Mainlevel 4 Sublevel 2 (max 400 Mbit/s) bei 1.920 × 1.080 und 25 fps
- Datenrate J2K Level / Sub Level: IMF single tile lossy profile Mainlevel 7 Sublevel 4 (max 1600 Mbit/s) bei 3.840 × 2.160 und 50 fps
- Audio Track File Type MXF (SMPTE ST 2067-5), Audio Essence BWF (.wav) oder IAB (.mxf)
- Immersive Audio Bitstream

H.264 MPEG-4

- Auflösung 1920 × 1080p, 8 Bit, 4:2:0
- Format-Profil High@L4.2
- Bitraten: > 10 Mbit/s
- Framerate entsprechend Original-Master, i.d.R. 25 fps oder 50 fps
- Audio: Stereo MPEG-4 AAC oder E-AC-3

H.264 MPEG-4

- Auflösung 3840 × 2160p, 8 Bit, 4:2:0
- Format-Profil High@L5.1 / 5.2
- Bitraten: > 40 Mbit/s
- Framerate entsprechend Original-Master, i.d.R. 25 fps oder 50 fps
- Audio: Stereo MPEG-4 AAC oder E-AC-3

3.1. Lineare Kontribution

Alle verwendeten Technologien und Möglichkeiten der Signalbereitstellungen der linearen Kontribution im B2B Umfeld haben verschiedene Eigenschaften und bringen entsprechend Vor- und Nachteile mit sich, welche nachfolgend stichpunktartig diskutiert werden.

3.1.1. Interfaces / Übertragung

SDI

- Maximale Qualität
- Latenz kann hier als nicht vorhanden angesehen werden und wird erst durch die weitere Verarbeitung auf der Plattform eingeführt

DVB (DVB-Sx / DVB-Tx)

- Aufwendig und Hardware-intensiv, falls nur für einzelne Sender verwendet
- Qualität oft nicht maximal oder universell genug
- Dennoch als Kompromiss durchaus im Einsatz
- Geringe Latenz durch initiales Encoding in DVB Signal

IP Peerings

- Kosten für Peering nicht zu unterschätzen (üblicherweise problematisch für kleine Content-Provider)
- Aufteilung der Kosten zwischen Content-Provider und Plattform je nach Vertrag möglich
- Maximale Qualität verfügbar bzw. möglich
- Geringe Latenz durch initiales Encoding als MPEG-TS Signal

3.1.2. Content / Encoding

Internet

- UDP/RTP over Internet ist sehr fehleranfällig, wird deshalb selten eingesetzt.
- TCP over VPN kann verwendet werden.
- Zixi: Benötigt fremde, proprietäre Hardware-Komponenten im eigenen Netzwerk, was üblicherweise eher unerwünscht ist. Es werden auf beiden Seiten Endpunkte benötigt, die das Protokoll verstehen. Einige Sekunden Verzögerung. (Anmerkung: Lizenz-Kosten für Sender und Empfänger sind zu berücksichtigen).
- SRT (Secure Reliable Transport): Benötigt auf beiden Seiten Endpunkte, die das Protokoll verstehen. Typischerweise durch eigene Implementierung oder Dritt-Software umgesetzt. Einige Sekunden Verzögerung.
- OTT-Protokolle (z. B. Abgriff des HLS Stream): Benötigt entsprechende Software auf Plattform-Seite, um den Stream in ein intern weiter verwendbares Format zu konvertieren. Zusätzlich wird damit eine erhebliche Verzögerung des Signals eingeführt.
- Höhere Latenzen entstehen durch die beschriebenen Protokolle wie Zixi, SRT oder OTT-Protokolle, um die Fehleranfälligkeit der Übertragung zu verringern.

Auflösung/Framerate

Bildauflösung und Bildwiederholrate sind nicht hoch genug oder nicht universell genug (z. B. nur 1080i/25 oder 720p/50 statt 1080p/50).

Scanning

Interlacing (Zeilensprungverfahren) dient in der analogen Übertragungstechnik der Bandbreitenreduktion und der Verringerung des Bildflimmerns. Da Flachbildschirme das Bild progressiv wiedergeben und moderne Video Codecs (z. B. H.265) keine speziellen Tools für Interlace bereitstellen, ist dieses Verfahren ineffizient und beeinträchtigt die Qualität (z. B. ist das erforderliche Deinterlacing nicht verlustfrei). Interlacing spielt deshalb in zukünftigen Standards keine Rolle mehr.

Encoding

Qualität oft nicht maximal oder universell genug. Speziell beim Ingest von Distributionssignalen, die eigentlich für eine einmalige Dekodierung beim Konsumenten bestimmt sind (B2C) ist die Qualität nicht optimal. Z. B. sind die Bitraten zu niedrig, was das Signal nicht unbedingt Multi-Generations-fähig macht, d.h. nur eine (1) Dekodierung ist erlaubt. Die Dekodierung und eine anschließende Enkodierung sollten wenn möglich vermieden werden.

Untertitel

CEA 608/708 werden als Teil des Videosignals mitgeliefert und sind innerhalb des MPEG Transport Streams mit den Video-Paketen verwoben. Das Parsen dieser Untertitel zur weiteren Verwendung in Distributionssignalen erfordert ggf. spezielle Implementierungen und erzeugt dadurch zusätzlich Kosten

DVB Bitmap Subtitles wurden eingeführt um Untertitel umfassender gestalten und darstellen zu können. Da der Inhalt allerdings Text ist, führt dies zu Informationsverlust in der digitalen Weiterverarbeitung. Um Bitmap Subtitles zu verarbeiten und in Distributionssignalen zu verwenden, müssen die Bitmap Bilder von einer Texterkennungssoftware verarbeitet werden. Da man nicht davon ausgehen kann, dass diese zu 100% fehlerfrei arbeiten, ist der Verlust und möglicherweise die Verfälschung des Inhalts das Resultat.

Audio

Eine normalisierte Lautstärke des linearen Signals ist oft nicht gegeben und erfordert eine zusätzliche Verarbeitung des Audiosignals. Ebenso wie bei Video führt dies auch bei Audio zu einem Qualitätsverlust, vor allem, wenn das Audiosignal vorher schon in einem verlustbehafteten Format vorliegt

Zusätzliche, erforderliche Parameter bei der Übergabe:

- die Event Information Now-Next, Audio-Deskription wenn vorhanden sowie die programmbegleitenden HbbTV-Applikationen
- Teletext (kompatibel zu SMPTE 2031)²⁴

3.1.3. Zentrale Signalübergabe

Vorteile:

- Vereinheitlichung der Übergabe, geringere Engineering-Aufwände.
- ARD/ZDF: Es werden vollständige und unveränderte Satellitenmultiplexe als TS zur Verfügung gestellt.
- Redundante Bereitstellung und Abholung für max. Verfügbarkeit. (Signal liegt 2-fach am Übergabepunkt an, zur Unterstützung des Redundanzkonzeptes der Plattform-Betreiber).

Nachteile:

- Keine „Sonderwünsche“ in den Übergabe-Parametern, z. B. verlustlose Übergabe als SDI 1,5 Gbit/s, möglich.
(Wird eine transparente Signalübergabe (Studiosignal) durch einen Broadcaster/Inhalteanbieter zur Verfügung gestellt, so ist das zugehörige Gateway in aller Regel in dessen Sendezentrum / Zentrale. Ob ein solches Signal zur Verfügung steht, ist „immer“ mit dem jeweiligen Broadcaster/Inhalteanbieter separat zu klären).

Anmerkung:

- Es steht ggfs. zum Zeitpunkt der Anfrage nur eine begrenzte Zahl von Übergabe-Ports am zentralen Übergabepunkt zur Verfügung.
- Wartungs- und Reparaturarbeiten an den Komponenten am zentralen Übergabepunkt können auch zu kurzzeitigen Signalstörungen oder auch Signalunterbrechungen führen.

3.2. Nicht-lineare Kontribution

Alle oben beschriebenen Fileformate haben verschiedene Eigenschaften und bringen entsprechend Vor- und Nachteile mit sich, welche nachfolgend stichpunktartig diskutiert werden.

Apple ProRes 422 HQ

- Sehr hochwertiges Produktionsformat für HD- und UHD-Videos, visuell verlustfrei.
- Deckt alle Framerates ab.
- Hohe Verbreitung in professionellen Endgeräten und Schnittsystemen.
- Nachteile: Große Files, keine verlässliche HDR Signalisierung.
IdR, kein Broadcast-Archiv-Standard.

Apple ProRes 4444 oder ProRes4444XQ

- Sehr hochwertiges Master- und Produktionsformat für HD- und UHD-Videos, quasi verlustfrei.
- Deckt alle Framerates ab.
- Hohe Verbreitung in professionellen Endgeräten und Schnittsystemen.
- Nachteile: Sehr große Files, HDR signalisiert durch separates Metadaten-File.

XDCAM HD 422 MXF

- Produktions- und Archivformat für HD-Files.
- HD Sender-Standard, im Format 1080i/25 (ARD, P7S1, RTL).
- Nachteile: Wird nicht von jedem Hersteller unterstützt, kein 1080p/50.

AVC-Intra 100

- Produktions- und Archivformat für HD-Files.
- Kommt beim ZDF zum Einsatz.
- Nachteile: Wird nicht von jedem Hersteller unterstützt.

XAVC QFHD Intra Class300 CBG/VBR XAVC und 4K QFHD Intra Class480 CBG/VBR

- Hochwertige Produktions- und Archivformate für UHD-Files.
- Standardisierte HDR Signalisierung, aber noch nicht durchgängig verfügbar.
- Nachteile: Hohe Datenrate, wird nicht von jedem Hersteller unterstützt.

HEVC (Encoding Parameter für UHD)

- Distributions- und Kontributions-Codec für 1080p, UHD und HDR.
- DVB HDR Signalisierung.
- Zunehmend hohe Verbreitung
- Benötigt hohe Decoder-Ressourcen.

4. Lösungen / Best Practices

IMF (Interoperable Master Format)

- Sehr hochwertiges Master-Kontributionsformat für HD- und UHD-Videos, visuell verlustfrei.
- Umfangreiche, standardisierte Metadaten zur Schnittmarker- und Versionskontrolle.
- SMPTE-Standard, Nutzung erst durch Netflix-Initiative.
- Nachteile: Sehr wenig verbreitet in Produktionsgeräten und bei Broadcastern.

IMF als IMF App2e

- Sehr hochwertiges Master-Kontributionsformat für HD- und UHD-Videos, quasi verlustfrei.
- Umfangreiche, standardisierte Metadaten zur Schnittmarker- und Versionskontrolle.
- Dynamische HDR Metadaten können im Video-MXF File gewrappt übertragen werden.
- SMPTE-Standard.
- Standard Kontributionsformat für OTT Services und Studios, wie z. B. Netflix, Warner Media, HBO Max.
- Hohe Verbreitung in professionellen Mastering Tools.
- Verwaltung mehrerer Bild- und Audioversionen innerhalb eines IMP – Interoperable Mastering Package.
- Nachteile: Sehr wenig verbreitet bei Broadcastern.

H.264 MPEG-4

- Etablierter, universeller Produktions-Kontributions- und Distributions-Codec.
- Hohe Kompatibilität.
- Auch für UHD SDR Files geeignet.
- Keine HDR-Unterstützung!

Um eine möglichst optimale Auspielung der Inhalte zu gewährleisten, sollten bestimmte Eigenschaften beim Ingest und Encoding beachtet werden. Nach Betrachtung der aktuell verwendeten Technologien zur Kontribution linearer Signale und deren Eigenschaften ergibt sich eine Reihe an Empfehlungen, die ein Mindestmaß an Qualität gewährleisten sollen und gleichzeitig für den Großteil des Marktes anwendbar sind.

In die Empfehlungen mit einbezogen ist die Tatsache, dass Plattform-Provider üblicherweise ein initiales Encoding durchführen, um Signale in der für sie passenden Form verfügbar zu machen.

Dies bedeutet grundsätzlich einen Qualitätsverlust, der noch gravierender wird, wenn das Kontributions-Signal nicht in ausreichend hoher Qualität vorliegt. Daher sind die im Folgenden empfohlenen Bitraten für Audio und Video als Minimum für eine sinnvolle Weiterverarbeitung zu sehen.

Alle Broadcaster setzen voraus, dass zur Signalintegrität des linearen Fernsehsignals auch sämtliche programmbegleitenden Information von Now-Next bis hin zur Verlinkung der HbbTV-Applikationen zählen.

4.1. Lineare Kontribution

4.1.1. Interfaces

IP Peering

- Bevorzugt als PNI / Layer-2 Verbindung
- Die Verbindung muss redundant ausgeführt sein (Ausfallsicherheit)

4.1.2. Qualitätsstufen der an zentralen Übergabepunkten derzeit angebotenen Signale*

* Beispielhaft, ggfs. aber nicht vollständig

Video

SD in 576i/25:

- MPEG-2 @ VBR (2 ... 8 Mbit/s)
- MPEG-2 @ CBR (8 Mbit/s)

SD in 576p/50: (nur CBC)

- H.264 @ CBR (6 Mbit/s)

HD in 720p/50: (nur ÖR)

- H.264 @ VBR (5 ... 14 Mbit/s)

Full HD in 1080p/50:

- H.264 @ VBR (12-15 Mbit/s)
- H.265 @ VBR (3-8 Mbit/s)
- H.264 @ CBR (20 Mbit/s) (nur CBC)

Full HD in 1080i/25:

- H.264 @ VBR (2-18 Mbit/s)
- H.264 @ CBR (20 / 24 Mbit/s)

UHD in 2160p/50:

- H.265 @ VBR (ca. 15..25 Mbit/s)
- H.265 @ CBR (25 / 40 Mbit/s)

Audio

- Stereo: MPEG-1 Audio Layer 2, MPEG-AAC @ 128 – 300 Kbit/s
- Multi-channel: AC-3 @ 448 Kbit/s, E-AC-3 @ 256 Kbit/s
- NGA / immersive Audio: E-AC-3 JOC @ min 448 Kbit/s / MPEG-H / AC-4 / PCM + sADM (von EBU bevorzugt)
- EBU R128 Lautstärke Normalisierung

Untertitel

- Textbasiert oder Bitmap
- DVB-UT / Teletext / HbbTV
- Getrennt von Audio/Video (CEA 608/708 nicht empfehlenswert)

Neben Video, dem benannten Audio und Untertiteln besteht ein integrales lineares Signal weiterhin aus den folgenden wichtigen Inhalten

- SI-/PSI-Daten wie z. B. Event Information Table (EPG)
- Audio-Deskription und/oder Originalsprache, wenn vorhanden mit typischerweise 200 kbit/s
- die programmbegleitenden HbbTV-Applikationen (AIT) und Stream Events
- Teletext (klassisch und/oder DSM-CC)

Packaging / Bereitstellungsformat

- UDP Multicast MPEG-TS
- MPTS oder SPTS
- Ggfs. Fehlerschutz FEC, Zixi, SRT

4.1.3. Empfehlungen für Qualitäts-Verbesserungen in der linearen Signalübergabe

Die unter 4.1.2. aufgeführten diversen Qualitätsstufen in der linearen Signal-Übergabe stellen den derzeitigen IST-Stand dar.

Progressiv statt interlaced: Ein sichtbarer Qualitätsgewinn von der Kamera bis zum Display kann erreicht werden, wenn die Videosignale durchgehend im progressiven Bild-Standard in Full HD 1080p/50 (oder höher) produziert, übergeben und verbreitet werden. HD 1080i/25 (interlaced) ist nach wie vor der bestimmende Produktions- und Archiv-Standard in den Sendezentren der Broadcaster. Durch die zunehmende Einführung von UHD HDR-fähiger Produktions- und Sendetechnik, die gleichzeitig auch 1080p/50 kompatibel ist, aber in den Standards und Codecs keine Interlaced-Unterstützung mehr vorsieht, kann es perspektivisch eine Umstellung der Produktionsstandards in den Funkhäusern zu 1080p/50 geben.

Die von den Broadcastern angebotenen zentralen Übergabepunkte sollten von interessierten Plattformbetreibern in vorliegender redundanter Form zur Sicherstellung der höchstmöglichen Verfügbarkeit genutzt werden. Die Qualität dieser Signale ist mind. gleichwertig mit denen über Satellit ausgestrahlten Signalen, um nachfolgenden Prozessing-Schritten bei Plattform-Betreibern Rechnung zu tragen.

Der Satelliten Downlink könnte/sollte als zusätzliches Backup für die oben genannten, leitungsgebundenen Übergabepunkte vorgehalten werden.

Broadcaster / Content Provider sollten bei der Erstellung ihres Contents darauf achten, stets auf das Video/Audio-Basismaterial zurückzugreifen, um unnötige Generationsverluste zu vermeiden.

4.2. Nicht-lineare Kontribution

Zu empfehlen ist die Überspielung von Fileformaten, die dem Archiv-Standard der Content-Provider entsprechen oder daraus exportiert werden können. Archiv Files sind die Quelle der automatisierten Auslieferungsprozesse. In verschiedenen Profilen der Auslieferungsprozesse können u. a.

- technische Metadaten ergänzt,
- separate Metadatenfiles exportiert (XML-files, technische, kreative und beschreibende MD),
- Audiospuren individuell belegt,
- EBU R128 Lautstärke Normalisierung vorgenommen,
- Umcodierungen auf Fileformate mit geringerer Datenrate erfolgen, z. B. H.264,
- zusätzlich Bilddateien wie Cover-Bilder o.ä. mitübertragen werden.

Gängigste HD-Kontributions Files sind XDCAM HD 422 1080i/25 (50Mbit/s) oder H.264 (Full HD in 1080p/25 oder 1080p/50, 12-30 Mbit/s)

Da aktuelle Endgeräte alle progressiven Frame-rates (25p, 50p, aber auch 23,976p, 24p) wiedergeben können, ist für die nicht-lineare Kontribution senderseitig ggfs. keine Umwandlung in ein einheitliches Framerate-Format notwendig.

Perspektivisch kann sich auch IMF (Interoperable Master Format) als einheitliches Kontributions-Format entwickeln, da es als Mehrwert u. a. umfangreiche, standardisierte Schnittlisten und Timecode-Metadaten mitbringt und Plattformbetreibern so die Zuordnung von Content und Schnittmetadaten erleichtert (un-/gekürzte Version, FSK-Version, Directors-Cut).

Annex

Abkürzungen

AAF	Advanced Authoring Format	OTT	Over the top
ASI	Asynchronous Serial Interface	PCM	Puls-Code-Modulation
CBR	Constant Bitrate	PNI	Private Network Interconnect
CMAF	Common Media Application Format	PQ	Perceptual Quantizer
DASH	Dynamic Adaptive Streaming over HTTP	PSI	Program-specific information
DNxHD	Digital Nonlinear Extensible High Definition	RTP	Real-Time Transport Protocol
DSM-CC	Digital storage media command and control	SI	DVB Service Information
HDR	High Dynamic Range	SPTS	Single Program Transport Stream
HLG	Hybrid Log Gamma	SRT	Secure Reliable Transport
HLS	HTTP Live Streaming	TCP	Transmission Control Protocol
HTTP	Hypertext Transfer Protocol	UDP	User Datagram Protocol
IAB	Immersive Audio Bitstream	VBR	Variable Bitrate
IMF	Interoperable Master Format	VLL	Virtual Leased Line
IMX	Interoperability Material Exchange	VOD	Video on Demand
MPTS	Multiple Program Transport Streams	VPN	Virtual Private Network
MXF	Material Exchange Format		

Referenzen

1. **SMPTE ST 2067-20:2016**
„Interoperable Master Format (IMF)“
2. **SMPTE 356M**
„MPEG IMX“, Codec for the highest quality Standard Definition video performance
3. **SMPTE 259M**
„Standard Definition Serial Digital Interface“. Serielle, digitale Schnittstelle, primär zur Übertragung von unkomprimierten und unverschlüsselten Videodaten über Koaxialkabel oder Lichtwellenleiter
4. **SMPTE 292M, SMPTE 424M (3GSDI)**
„High Definition Serial Digital Interface“
5. **SMPTE 424M (3GSDI)**
UHD Quad-3G-SDI; Interface für die Übertragung von UHD-1-Signalen über 4 Koaxialkabel
6. **SMPTE ST 2082**
„12G-SDI Bit-Serial Interfaces“. Digitale Schnittstelle, primär zur Übertragung von unkomprimierten und unverschlüsselten UHD-Videodaten über Koaxialkabel oder Lichtwellenleiter
7. **SMPTE ST 2110**
„Professional Media Over Managed IP Networks suite of standards“
8. **ETSI TS 101 154 V2.6.1**
Digital Video Broadcasting (DVB); „Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcast and Broadband Applications“
9. **ETSI TS 103 285 V1.3.1**
„Digital Video Broadcasting (DVB); MPEG-DASH Profile for Transport of ISO BMFF Based DVB Services over IP Based Networks“
10. **ISO/IEC 14496-3:2003/Amd.1 (HE-AAC v1)**
ISO/IEC 14496-3:2005/Amd.2 (HE-AAC v2)
„MPEG-4 High Efficiency Advanced Audio Coding“
11. **ETSI TS 102 366**
AC-3 (Dolby Digital), E-AC-3 (Dolby Digital Plus) „multichannel audio“ / ETSI TS 103 420: E-AC-3 JOC (Dolby Atmos) „immersive audio“
12. **Dolby E**
Audiocodierformat für die Verteilung eines mehrkanaligen Programms über eine zweikanalige Infrastruktur innerhalb der Produktion
13. **ITU-R BS.2125-0 sADM**
„A serial representation of the Audio Definition Model“
14. **CEA 608/708**
Standard für Untertitel für digitale Fernseh-Transportstreams
15. **ITU-R BT.709-6**
„Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange“
16. **SMPTE ST 2084**
„perceptual quantizer (PQ)“, transfer function for high dynamic range (HDR) video
17. **ITU-R BT.2020-1**
„Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international programme exchange“
18. **ARIB STD-B67**
„Hybrid Log Gamma (HLG)“. Backwards-compatible high dynamic range (HDR) standard
19. **EBU-Empfehlung R 128**
„Lautheitsaussteuerung, Normalisierung und zulässiger Maximalpegel von Audiosignalen“
20. **XDCAM HD 422**
Ein von Sony eingeführtes Aufzeichnungsverfahren (Format) und Videocodierformat, das auf dem MPEG-2-Standard 422P@HL basiert
21. **AVC-Intra 100**
Ein von Panasonic eingeführtes Videocodierformat, das auf dem Standard H.264 / MPEG-4 AVC basiert
22. **XAVC QFHD Intra Class300**
Ein von Sony eingeführtes Video-Kompressionsformat, das auf dem Standard H.264 / MPEG-4 AVC basiert
23. **ST 2067-201**
IAB Level 0 Plugin in IMF compositions ; SMPTE ST 2098-1: Immersive Audio Metadata, SMPTE ST 2098-2: Immersive Audio Bitstream (IAB)
24. **SMPTE ST 2031**
„Carriage of DVB/SCTE VBI Data in Vanc“ (vertical ancillary data)

Impressum

Herausgeber/Publisher:

Deutsche TV-Plattform e.V.
www.tv-plattform.de
Vereinsregister-Nr. 73VR9797

Leiter der AG Media over IP:

Dr. Niklas Brambring, Zattoo

Leiter der Task Force Ingest & Encoding:

Frank Heineberg, CBC

Kontakt:

Deutsche TV-Plattform e.V.
c/o ZVEI, Lyoner Str. 9, 60528 Frankfurt am Main
mail@tv-plattform.de
Tel.: 0049-69-6302-311. Fax: 0049-69-6302-361

Redaktion:

Task Force Ingest & Encoding der Arbeitsgruppe
Media over IP der Deutschen TV-Plattform

Autorenteam:

Bernhard Gronerad / ZDF	Ralf Martin / ZDF
Martin Hafner / BR	Siegbert Messmer / P7S1
Frank Heineberg / CBC	Dietrich Obst / CBC
Jürgen Heuer / WDR	Kris Paszkowski / Zattoo
Stefan Kaiser / Zattoo	Arnd Paulsen / Dolby
Rainer Kirchknopf / ZDF	Sina Ruhland / P7S1
Christian Klöckner / WDR	Jan Stadler / CBC
Stefan Knopp / P7S1	Wolfgang Wütschner / BR
Fleming Lampi / 1&1	

Über die Deutsche TV-Plattform

Die Deutsche TV-Plattform ist ein Zusammenschluss von über 50 Mitgliedern, darunter private und öffentlich-rechtliche Sender, Streaming-Anbieter, Gerätehersteller, Internetunternehmen, Infrastrukturbetreiber, Service- und Technik-Provider, Forschungsinstitute und Universitäten, Bundes- und Landesbehörden sowie andere, mit den digitalen Medien befasste Unternehmen, Verbände und Institutionen. Ziel des eingetragenen Vereins ist seit seiner Gründung 1990 die Einführung digitaler Technologien auf Grundlage offener Standards.

Haftung:

Die Informationen in diesem Bericht wurden genau und gründlich recherchiert und im besten Wissen zusammengestellt unter Beachtung des neutralen Ansatzes der Arbeitsgruppe Media over IP / Task Force Ingest & Encoding der Deutschen TV-Plattform. Alle Informationen spiegeln den aktuellen Stand zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses wider. Allerdings können die Mitglieder der Arbeitsgruppe und die Deutsche TV-Plattform nicht für die Aktualität, Korrektheit, Vollständigkeit und/oder Qualität der hier veröffentlichten Informationen garantieren. Deshalb sind Haftungsansprüche gegen die Deutsche TV-Plattform e.V. als Herausgeber wegen materiellen und immateriellen Schäden, die durch die Verwendung dieser Publikation bzw. der dargebotenen Inhalte bzw. durch die Nutzung fehlerhafter oder unvollständiger Informationen verursacht werden, grundsätzlich ausgeschlossen.