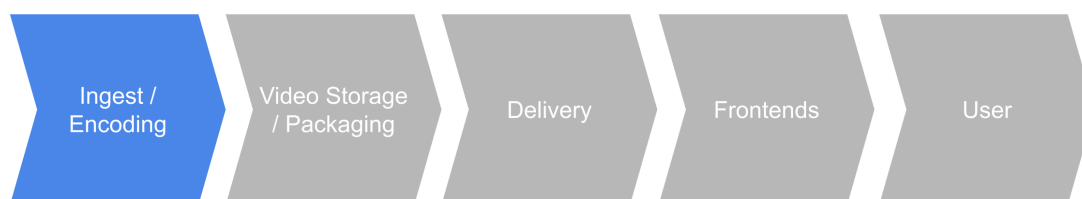




WHITEPAPER

Optimal Handover-point and Quality Characteristics

Reference to the Media over IP Value Chain



Arbeitsgruppe Media over IP

Version 1.0, Januar 2021

Inhaltsverzeichnis

1. Status Quo	4
1.1. Lineare Kontribution	4
1.2. Nicht-lineare Kontribution	6
2. Problem	7
2.1. B2B Kontribution von linearem Content	7
2.2. B2B Kontribution von nicht-linearem Content	9
3. Bewertung verwendeter Technologien	12
3.1. Lineare Kontribution	12
3.2. Nicht-lineare Kontribution	15
4. Lösungen / Best Practices	16
4.1. Lineare Kontribution	17
4.2. Nicht-lineare Kontribution	19
Abkürzungen	20
Referenzen	21
Impressum	23

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 unterschiedlicher 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-basierten / 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 Playout 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 Playout / 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/s³
 - 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 TS⁸ (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
 - DASH⁹

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 x 1.080 und 25 fps

Datenrate ca. 1.400 Mbit/s bei 3.840 x 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, z.B.

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 x 1.080 und 25 fps

Datenrate ca. 3400 Mbit/s bei 3.840 x 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 MXF²⁰

Formate: 1080i/25, 720p/50, 1080p/25

Samplingrate: 4:2:2

Bitrate: max. 50 Mbit/s

Kompression: MPEG-2 422P@HL

Pixel: 1920 x 1080, 1280 x 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.

UHD:

XAVC QFHD Intra Class300 CBG/VBR ²²

3840x2160p, 10 Bit

High422@L5.1 / 5.2

Fileformat: MXF OP1a

Datenrate ca. 500 Mbit/s bei 3.840 x 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

3840x2160p, 10 Bit

High422@L5.1 / 5.2

Fileformat: MXF OP1a

Datenrate ca. 800 Mbit/s bei 3.840 x 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 3840x2160p, 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

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.

Weitere IMF App2e Profile u. 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 x 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 x 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 1920x1080p, 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 3840x2160p, 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. Bewertung verwendeter Technologien

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
- 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

3.1.2. Content / Encoding

- 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 2fach 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 / Inhabitanten 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 / Inhabitanten 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 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

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!

4. Lösungen / Best Practices

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*

- 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

*Beispielhaft, ggfs. aber nicht vollständig

4.1.3. Empfehlung

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

Empfehlungen für Qualität-Verbesserungen in der linearen Signalübergabe:

- 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 werden
- Separate Metadatenfiles exportiert werden (XML-files, technische, kreative und beschreibende MD)
- Audiospuren individuell belegt werden
- EBU R128 Lautstärke Normalisierung vorgenommen werden
- 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 Framerates (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
ASI	Asynchronous Serial Interface
CBR	Constant Bitrate
CMAF	Common Media Application Format
DASH	Dynamic Adaptive Streaming over HTTP
DNxHD	Digital Nonlinear Extensible High Definition
DSM-CC	Digital storage media command and control
HDR	High Dynamic Range
HLG	Hybrid Log Gamma
HLS	HTTP Live Streaming
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IAB	Immersive Audio Bitstream
IMF	Interoperable Master Format
IMX	Interoperability Material Exchange
MPTS	Multiple Program Transport Streams
MXF	Material Exchange Format
OTT	Over the top
PCM	Puls-Code-Modulation
PNI	Private Network Interconnect
PQ	Perceptual Quantizer
PSI	Program-specific information
RTP	Real-Time Transport Protocol
SI	DVB Service Information
SPTS	Single Program Transport Stream
SRT	Secure Reliable Transport
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
VBR	Variable Bitrate
VLL	Virtual Leased Line
VOD	Video on Demand
VPN	Virtual Private Network

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
Lyoner Str. 9, c/o ZVEI
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
Martin Hafner / BR
Frank Heineberg / CBC
Jürgen Heuer / WDR
Stefan Kaiser / Zattoo
Rainer Kirchknopf / ZDF
Christian Klöckner / WDR
Stefan Knopp / P7S1
Fleming Lampi / 1&1
Ralf Martin / ZDF
Siegbert Messmer / P7S1
Dietrich Obst / CBC
Kris Paszkowski / Zattoo
Arnd Paulsen / Dolby
Sina Ruhland / P7S1
Jan Stadler / CBC
Wolfgang Wütschner / BR

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.