

<p align="center">Technische Richtlinie der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten in der Bundesrepublik Deutschland</p>	<p align="center">Richtlinie Nr. 8/1.1</p>
<p align="center">Bearbeiter dieses Heftes: Fernsehbetriebsleiter-Konferenz Herausgeber: Institut für Rundfunktechnik</p>	<p>1. Auflage</p> <hr/> <p>16 Seiten</p> <hr/> <p>Datum: 30. 1. 2019</p>
<p align="center">Beschreibung und Messung fernsehtechnischer Systeme (Fortführung von Pflichtenheft Nr. 8/1.1: Richtlinien für die Messung der Pflichtenheftsbedingungen an Videogeräten)</p> <p align="center">Kapitel 8:</p> <p align="center">Messverfahren und Analyse von Medien-Streams im Produktionsumfeld</p>	

Schutzrechte - Hinweis:

Es kann nicht gewährleistet werden, dass alle in dieser Richtlinie enthaltenen Forderungen, Vorschriften, Richtlinien, Spezifikationen und Normen frei von Schutzrechten Dritter sind. Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Zitierfreiheit des Urheberrechtsgesetzes ist ohne vorherige schriftliche Zustimmung des IRT nicht zulässig.

Inhaltsverzeichnis

Inhalt

8.	Messverfahren und Analyse von Medien-Streams im Produktionsumfeld ...	3
8.1.	Einleitung	3
8.2.	Definitionen	3
8.3.	Grundlagen	3
8.3.1.	Allgemeines	3
8.3.2.	Netzwerkgrundlagen	4
8.3.2.1.	OSI-Modell (Open System Interconnection)	4
8.3.2.2.	Physikalische Schnittstellen (Layer 1).....	4
8.3.2.3.	Protokolle ab Layer 2	4
8.3.2.4.	Netzwerktopologien	5
8.3.2.5.	Verbindungsarten Uni/Multicast	5
8.3.3.	Netzwerkmanagement	6
8.4.	Besonderheiten von Netzwerken für Medien-Streaming.....	6
8.4.1.	Synchronisation	6
8.4.2.	Schaltvorgänge im Netz	7
8.4.2.1.	Schalten in der Senke (destination based switching).....	7
8.4.2.2.	Quellenorientiertes Schalten (source based switching)	7
8.4.2.3.	Netzwerkorientiertes Schalten (network based switching)	7
8.4.2.4.	Schalten nach SMPTE RP 168.....	8
8.5.	IP-Übertragungsverfahren von Medienstreams	8
8.5.1.	AES67	8
8.5.2.	Ravenna	8
8.5.3.	Dante	9
8.5.4.	SMPTE 2022-6	9
8.5.5.	SMPTE ST 2110.....	9
8.6.	Sicherheitsaspekte	10
8.7.	Messtechnik.....	11
8.7.1.	Anwendungsnahe Messtechnik	11
8.7.1.1.	AV-Übertragung.....	11
8.7.1.2.	Steuerung und Management	12
8.7.1.3.	Synchronisation mittels PTP-Zeitverteilung	12
8.7.2.	Netzwerkspezifische Messtechnik	13
8.7.3.	Messung der physikalischen Parameter	15
8.7.4.	Anwendungen.....	15
8.7.5.	Analysesysteme.....	15
8.8.	Normen und Richtlinien.....	16

8. Messverfahren und Analyse von Medien-Streams im Produktionsumfeld

8.1. Einleitung

Aktuelle Entwicklungen zeigen, dass in der Produktion mehr und mehr IP-basierte Systeme eingesetzt werden. Damit wird auch die Messtechnik vor neue Herausforderungen gestellt. Neben den physikalischen Signalparametern müssen nun auch zunehmend die Datensignale auf Ihre broadcastspezifischen Inhalte und Anforderungen analysiert werden. Im Nachfolgenden werden die Vor- und Nachteile erläutert, die Grundlagen sowie Anforderungen an ihren Einsatz beschrieben. In separaten Kapiteln werden die notwendigen Analyseverfahren behandelt.

8.2. Definitionen

Die nachfolgenden Begriffe werden in diesem Dokument wie folgt verstanden:

Medienquelle/senke:	Geräte und Prozesse die medialen Inhalte ins Netzwerk senden bzw. empfangen
Medien-Stream:	Übertragung von Programminhalten (Essenzen z. B. Video und Audio) und den dazugehörigen Metadaten in Echtzeit
Netzwerkelemente:	alle im Netzwerk vorhandenen adressierbaren Komponenten
Netzwerkinfrastruktur:	technischer Unterbau eines Netzwerkes wie Switches, Router, Firewalls etc.

8.3. Grundlagen

8.3.1. Allgemeines

In IP-basierten Produktionsumgebungen wird anstelle von serieller Datenübertragung (wie z.B. SDI oder AES/EBU) eine paketorientierte Datenübertragung verwendet. Während bei der seriellen Datenübertragung ein zeitkontinuierlicher Datenstrom über eine dedizierte Verbindung geführt wird, erfolgt bei einer paketorientierten Datenübertragung eine Zerlegung der Nutzdaten in einzelne Pakete. Diese werden mit Quell- und Zielinformationen versehen über einen nicht vordefinierten Pfad in einem Netzwerk an die Zieladresse übertragen.

Zur Konfiguration des Netzwerkes und zur Steuerung der Netzwerkkomponenten ist es sinnvoll ab einer bestimmten Systemgröße ein übergeordnetes Steuersystem zu verwenden. Dieses hat unter anderem die Aufgabe Netzwerkkomponenten zu detektieren, deren Bandbreitenbedarf zu ermitteln und zu reservieren, Endgeräte und Netzelemente zu konfigurieren sowie Verbindungen auf- und abzubauen.

Praktisch alle netzwerkbasieren Streaming-Verfahren benötigen eine Synchronisation aller sendenden und empfangenden Netzwerkkomponenten. Diese kann über Netzwerk-Timing-Protokolle (PTP) geschehen welche ggf. durch konventionelle Synchronsignale (z.B. Black-Burst oder Wordclock) zu ergänzen sind.

8.3.2. Netzwerkgrundlagen

8.3.2.1. OSI-Modell (Open System Interconnection)

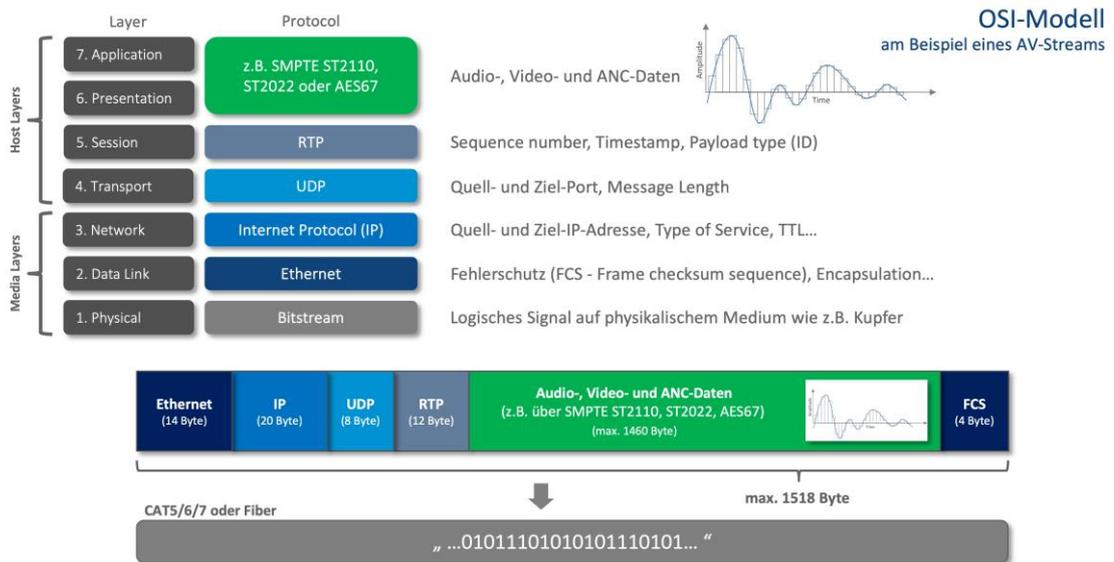


Bild 8.3.1: OSI-Modell am Beispiel eines RTP-Streams

Das OSI-Modell ist in der Literatur umfassend beschrieben. Das Bild 8.3.1 zeigt das wesentlichste des OSI-Modells am Beispiel eines RTP-Streams aus dem Umfeld des professionellen Rundfunks.

8.3.2.2. Physikalische Schnittstellen (Layer 1)

Die im Rundfunkbereich verwendeten Stecker für Kupferverbindungen bis 1 Gbit/s (im Patch-Bereich 10 Gbit/s) sind RJ 45 Steckertypen mit CAT7 Kabel zu verwenden. Ab 10 Gbit/s werden hauptsächlich Glasfaserverbindungen (Single- und Multimode) mit verschiedenen Steckervarianten eingesetzt. Die derzeit gebräuchlichsten Stecker sind LC und E 2000.

Anstelle fest verbauter Steckverbinder werden zunehmend Aufnahmemöglichkeiten (Slots) für SFPs (**S**mall **F**orm-factor **P**luggable) vorgesehen.

SFPs sind mechanisch genormte steckbare Module, die abhängig von ihrer Bauart zur Wandlung zwischen verschiedensten Schnittstellen dienen.

Hauptanwendung im Sinne dieses Dokumentes ist die Wandlung von / nach Ethernet.

8.3.2.3. Protokolle ab Layer 2

Mediendatenströme werden im Layer 2 (Ethernet, MAC-basiert) innerhalb eines Netzwerkes (LAN) oder im Layer 3 (IP-basiert) über Netzwerke vermittelt.

UDP (**U**ser **D**atagram **P**rotocol) ist ein verbindungsloses Layer 4 Protokoll zur Übertragung multimedialer Daten. Im Gegensatz zum TCP (Transfer Control Protocol) werden bei der Übertragung verlorene Pakete nicht erneut angefordert. UDP ist damit wesentlich schneller und für das Produktionsumfeld besonders geeignet.

Als Ergänzung zu UDP dient RTP (Real Time Protocol) auf Layer 5 zur Sicherstellung eines kontinuierlichen und synchronen (Medien-)Datenstroms. Dazu werden am Sender Zeitmarken (Timestamps) und eine fortlaufende Nummer (Sequence Number) in die RTP-Pakete eingetastet. Die fortlaufende Nummerierung dient zum Erkennen von fehlenden

Paketen oder Paketen in falscher Reihenfolge. Die Zeitmarken werden zusammen mit dem im nachfolgenden beschriebenen PTP (Precision Time Protocol) zur Synchronisierung auch mehrerer Datenströme zueinander (z.B. Lippsynchronität) eingesetzt. Ein Marker-Bit wird zum Beispiel bei Videoübertragungen zur Kennzeichnung des Bildanfangs verwendet.

Es können noch weitere Protokolle beim Streaming multimedialer Daten zur Anwendung kommen, auf die hier nicht näher eingegangen wird.

8.3.2.4. Netzwerktopologien

Abhängig von der jeweiligen Anwendung werden unterschiedliche Netzwerktopologien von der einfachen Punkt-zu-Punktverbindung bis hin zur hoch vermaschten 2-Layer „Spine-Leaf“ Struktur eingesetzt.

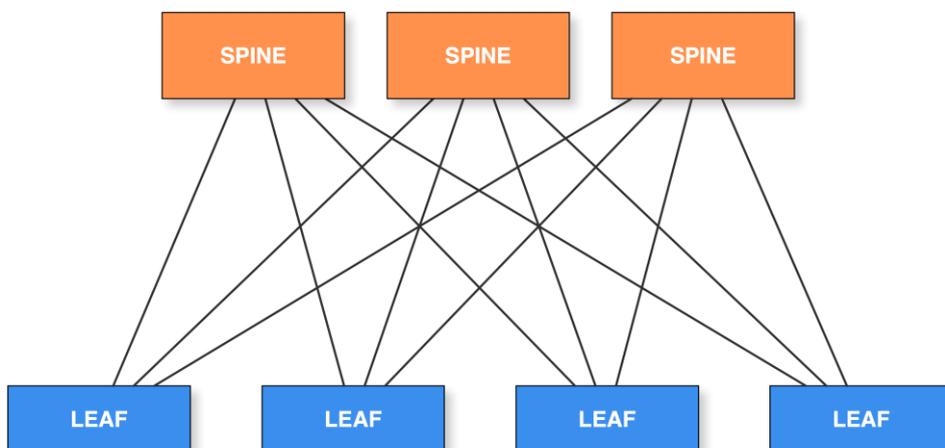


Bild 8.3.2: Beispiel einer „Spine-Leaf“ Struktur

8.3.2.5. Verbindungsarten Uni/Multicast

Im Unicast Mode wird eine Verbindung zwischen Sender und Empfänger mit Hilfe der IP-Adressen hergestellt (Punkt zu Punktverbindung).

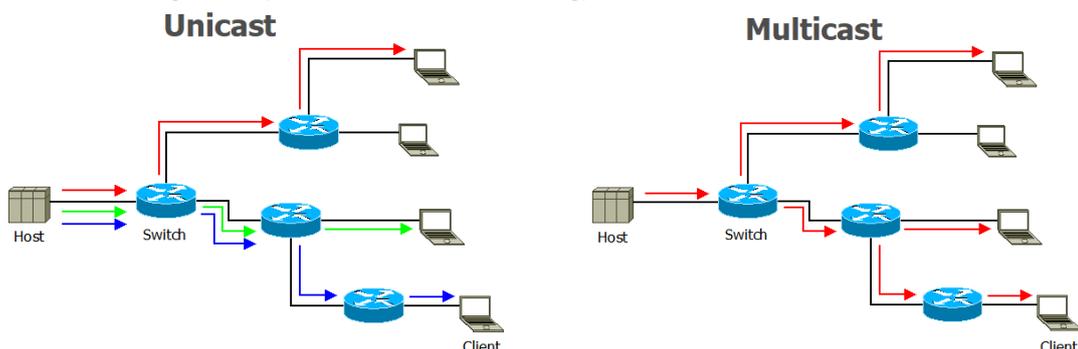


Bild 8.3.3: Traffic bei Unicast und Multicast

Bei Multicast schickt der Sender die Daten an eine Multicast-Adresse im reservierten Multicast Adressbereich (224.0.0.0 bis 239.255.255.255). Empfänger die diese Daten empfangen wollen treten über entsprechende Protokollarien (Internet Group Management Protokoll - IGMP) der Multicast-Gruppe bei (Punkt zu Multipunktverbindung). Vorteil einer Multicastverbindung ist, dass die Quelle nicht für jeden Verbraucher einen eigenen

Datenstrom bereitstellen muss, sondern die Netzelemente (Switches, Router) organisieren die Verteilung.

8.3.3. Netzwerkmanagement

Das Netzwerkmanagement hat die Aufgabe, Netzwerkelemente und ihre Charakteristik automatisch zu erkennen und zu konfigurieren. Unter Beachtung der Eigenheiten dieser Netzwerkelemente können diese dann untereinander verbunden werden. Zu berücksichtigen sind dabei die Bandbreitenbedarfe und die Netzauslastung. Störungen muss das Netzwerkmanagement erkennen und ggf. automatisch reagieren. Die Charakteristik der Netzwerkelemente werden mit dem Session Description Protocol (SDP) mitgeteilt. SDP beinhaltet ein Format zum Beschreiben der Eigenschaften von Multimedia-Strömen, das bei der IETF unter dem RFC 4566 standardisiert ist (<https://tools.ietf.org/html/rfc4566>). Es wird sehr oft bei Media-Stream-Formaten verwendet, die auf RTP aufbauen. SDP beschreibt keinen eigenen Mechanismus, wie diese Informationen zwischen Medienquelle und -senke ausgetauscht werden sollen.

Zur Verbreitung des SDPs gibt es verschiedene Wege:

- Session Announcement Protocol (SAP) verteilt das SDP-File über eine spezielle standardisierte Multicast Adresse und wird z.B. von Dante verwendet.
- Multicast Domain Name System (mDNS) sendet an die Broadcast-Adresse eines IP-Subnetzes den Link, unter dem das SDP-File abgerufen werden kann.
- Über ein Steuersystem, das den Austausch und das Management dieser Informationen übernimmt.
- Durch manuelles Eingeben der Information bei dem Empfänger.

8.4. Besonderheiten von Netzwerken für Medien-Streaming

8.4.1. Synchronisation

Zur Synchronisierung verschiedener Medienquellen im Netzwerk müssen diese Takt- und/oder Zeitinformationen erhalten. Dies erfolgt in den meisten Fällen via PTP.

Das Precision Time Protocol (PTP) ist von IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) standardisiert und unter IEEE 1588-2008 (derzeit in Version 2) veröffentlicht. Im Gegensatz zum Network Time Protocol (NTP) ermöglicht PTP in entsprechend konfigurierten Netzwerken eine höhere Genauigkeit bis in den Bereich von Nanosekunden.

Mit dem PTP wird eine Zeitinformation über das Netzwerk verteilt, die Laufzeit zwischen Quelle und Senke errechnet und damit an der Senke die über das Netzwerk erhaltene Zeitinformation korrigiert. Dies erfolgt beim Standardprofil im OSI-Layer 3.

Die Zeitinformationen werden durch Uhren ausgegeben und empfangen. Im PTP kennt man zwei Arten von Rollen für die Uhr, „Master“ und „Slave“. Eine Uhr in einem Endgerät ist in der Regel eine Slave-Uhr und wird als „Ordinary Clock“ bezeichnet. Eine Uhr in einer Übertragungskomponente wie einem Ethernet Switch arbeitet sowohl im Master- als auch im Slave-Modus und wird als „Boundary Clock“ bezeichnet. Eine Referenzuhr, „Grandmaster-clock“ arbeitet immer im Master-Modus. Zusätzlich gibt es noch die Rolle „Transparent Clock“, die in einer Übertragungskomponente implementiert ist und die empfangene Zeitinformation durch ihre eigene Laufzeit korrigiert weitergibt.

Der Standard SMPTE ST 2059 baut auf dem Protokoll des IEEE 1588 Standards auf. Im SMPTE ST 2059-1 wird beschrieben wie die PTP-Timestamps generiert werden, im SMPTE ST 2059-2 wird ein Profil definiert das den Rundfunkanforderungen Rechnung trägt. Im Profil werden die Werte der verschiedenen Parameter festgelegt. Zusätzlich wird in der Engineering Guideline SMPTE EG 2059-10 das Konzept von PTP im Broadcastumfeld beschrieben.

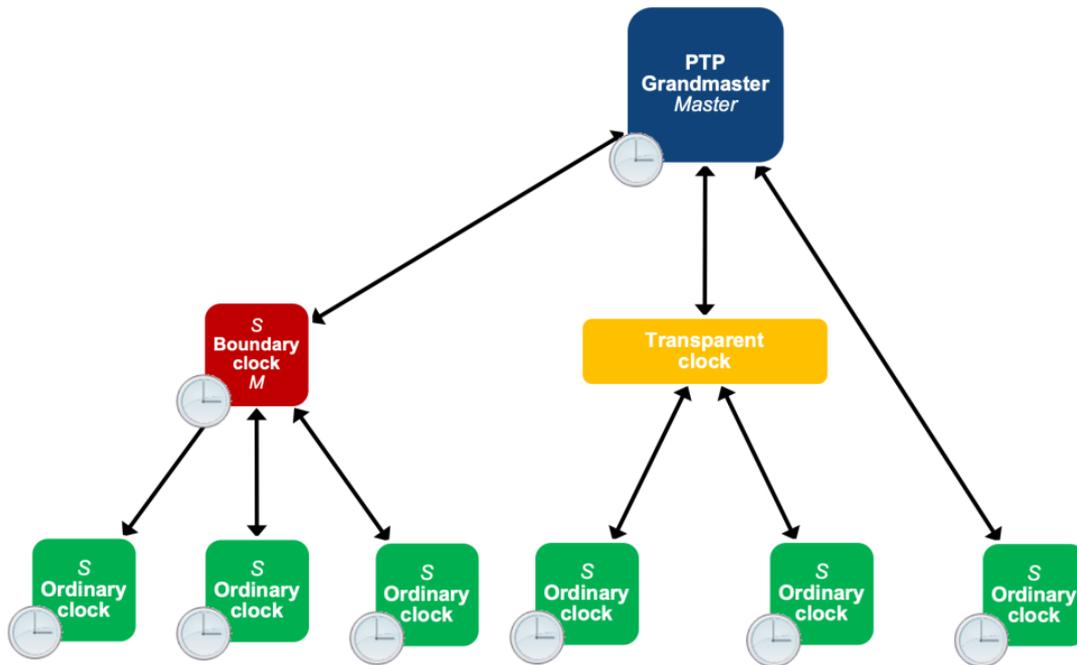


Bild 8.4.1: Elemente von PTP-Systemen

8.4.2. Schaltvorgänge im Netz

Systembedingt kann aufgrund der paketorientierten Übertragung in IP-Netzen nur an den Paketgrenzen geschaltet werden.

Dabei kann es zu Störungen der übertragenen Bild- oder Tonsignale kommen, die mit zusätzlichem Aufwand vermieden werden können.

Das Schalten von Datenströmen im Netzwerk kann auf verschiedene Arten realisiert werden.

8.4.2.1. Schalten in der Senke (destination based switching)

Durch gleichzeitiges Abonnieren von zwei Datenströmen kann ein Umschalten einfach realisiert werden. Dies führt aber zu kurzfristigen Datenratenspitzen im Netzwerk.

Bei voll redundanter Übertragung über zwei getrennte Pfade können Übertragungsfehler (Totalausfall eines Pfades oder Paket Verlust) durch automatisches Umschalten (Seamless Protection Switching) auf ungestörte Pakete im Empfänger vermieden werden.

Laufzeitunterschiede werden automatisch ausgeglichen. Vorteil dieser Lösung ist die Verwendbarkeit von Switchen ohne Modifikation.

8.4.2.2. Quellenorientiertes Schalten (source based switching)

Beim quellenorientierten Schalten wird durch ein übergeordnetes Steuersystem definiert welche Quelle aktiv sendet. Fehlerfreies Umschalten von Mediendatenströmen ist praktisch schwer realisierbar.

8.4.2.3. Netzwerkorientiertes Schalten (network based switching)

Beim netzwerkorientierten Schalten übernimmt der Switch den Schaltvorgang und muss über ein übergeordnetes Steuersystem kontrolliert werden. Fehlerfreies Umschalten von Mediendatenströmen ist nur mit erheblichen Zusatzaufwand realisierbar.

8.4.2.4. Schalten nach SMPTE RP 168

Mit Hilfe der Detektion von im RTP-Protokoll indizierten Frame-Grenzen ist mit entsprechenden Zusatzaufwand für alle obengenannten Schaltverfahren selbst bildgenaues Schalten gemäß SMPTE RP 168 möglich.

8.5. IP-Übertragungsverfahren von Medienstreams

8.5.1. AES67

AES67 ist ein Standard, dessen Ziel es ist, bestehende herstellereigenspezifische IP-basierte Lösungen (Layer 3) für Audioübertragung interoperabel zu machen. Der Standard setzt zur Synchronisierung auf das „precision time protocol“ (PTPv2).

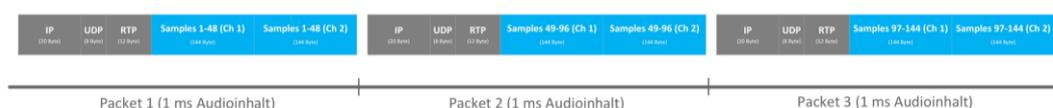


Bild 8.5.1: Beispiel der Paketierung von Audiodaten im AES67-Datenstrom

Bei AES67 werden die PCM-Samples des Audiosignals nicht als serieller Datenstrom übertragen, sondern in einzelne Pakete verpackt. Die Anzahl der PCM-Samples die in einem Paket enthalten sind ist durch die „maximum transmission unit“ (MTU) begrenzt. Laut Standard dürfen maximal 1440 Bytes RTP-Nutzdaten pro Paket enthalten sein. Die Anzahl der Audiosamples pro Kanal in einem Paket ist abhängig von Wortbreite (Audiosamplegröße 16 Bit / 24 Bit) und der zu übertragene Audiokanäle pro AES67 Datenstrom. Zum Beispiel können in einem Paket maximal 10 Audiokanäle mit einer Audiosignaldauer von 1 ms, oder maximal 80 Audiokanäle mit einer Audiosignaldauer von 0,125 ms gepackt werden (pro AES67 Datenstrom, Audiosamplegröße 24 Bit).

AES67 Empfänger müssen nur ein definiertes Standardprofil mit 1 bis 8 Audiokanälen pro Audiodatenstrom und einer Audiosignaldauer von 1 ms pro Packet unterstützen.

Die Gesamtlaufzeit einer AES67 Übertragung hängt von der Audiosignaldauer pro Paket (als „packet time“ in AES67 bezeichnet), von der Laufzeit im Netzwerk sowie vom Eingangspuffer im Empfänger ab.

Hinweis: Die Zusatzdaten (Auxiliary sample bits) in AES3 werden von AES67 nicht unterstützt.

8.5.2. Ravenna

RAVENNA ist eine Technologie zur Echtzeitverteilung von Audio in IP-Netzwerken. Grundsätzlich können auch andere Mediendaten übertragen werden. RAVENNA entspricht im wesentlichen AES67, hat aber einen erweiterten Funktionsumfang. So unterstützt sie die Übertragung von Zusatzdaten (Auxiliary sample bits), die automatische Erkennung von Geräten im gleichen Sub-Netz („discovery“ und „connection management“) sowie mehr Konfigurationsmöglichkeiten bezüglich der Samplerate, der Audiosignaldauer pro Paket („packet time“) und der daraus resultierenden Anzahl von Audiokanälen pro Datenstrom. Die Standardkonfigurationen sind in vier definierten Profilen (generic, ultra-low latency, AES67

und high performance) festgelegt, wobei das „generic“-Profile von jedem Gerät unterstützt werden muss.

Wie AES67 nutzt auch RAVENNA PTPv2 zur Synchronisation.

8.5.3. Dante

DANTE (Digital Audio Network Through Ethernet) ist ein Produkt der Firma Audinate bestehend aus eine Kombination von Hardware, Software und einem Netzwerkprotokoll. Das Produkt erlaubt mehrere Kanäle unkomprimierter Audiodaten mit geringer Latenz über ein IP-Netzwerk zu übertragen. Auch DANTE unterstützt die automatische Erkennung von Geräten im gleichen Sub-Netz („discovery“ und „connection management“).

Im Gegensatz zu AES67 und RAVENNA wird bei DANTE mit PTPv1 synchronisiert. Die Version 1 von PTP ist überholt und nicht kompatibel zur aktuellen PTPv2. Die gleichzeitige Verwendung von PTPv1 und PTPv2 in einem logischen Netz führt zu Synchronisationsproblemen.

Abhängig vom Hard- und Softwarestand können jedoch DANTE-Geräte auch im AES67-Mode mit PTPv2 synchronisiert und mit anderen AES67-Geräten vernetzt werden.

Hinweis: Die Zusatzdaten (Auxiliary sample bits) in AES3 werden von DANTE nicht unterstützt.

8.5.4. SMPTE 2022-6

Im Standard SMPTE ST 2022-6 ist die Echtzeitübertragung von Video und Audiosignalen über IP-Netzwerke beschrieben. Dabei wird das gesamte SDI-Signal einschließlich der vertikalen und horizontalen Austastlücken in einen einzigen RTP-Datenstrom verpackt.

Dieser RTP-Datenstrom kann durch einen optionalen Fehlerschutz (spezifiziert in SMPTE ST 2022-5) geschützt werden.

Da keine Datenreduktion angewandt wird, wird in der IP-Ebene eine konstante Datenrate (SDI-Datenrate + Overhead) übertragen.

Typischerweise wird die Verbindung durch eine gemanagte Konfiguration von Sender und Empfänger auf- und abgebaut. Die Verbindungsart kann sowohl Unicast als auch Multicast sein. Die Verwendung von RFC 4566 Session Description Protocol (SDP) oder das in RFC 3550 beschriebene Real Time Control Protocol (RTCP) sind nicht notwendig, jedoch optional möglich.

8.5.5. SMPTE ST 2110

Die Standardfamilie SMPTE ST 2110 basiert auf dem Dokument TR03 des Video Services Forum (VSF) und dem Standard AES67. Dabei werden die verschiedenen Medientypen (wie Audio und Video) in verschiedenen RTP-Datenströmen übertragen. Es kann sowohl aktives, unkomprimiertes als auch datenreduziertes Video übertragen werden, deshalb können schwankende Datenraten auftreten.

Die Übertragung der Audiosignale basiert auf AES67. Der Standard SMPTE ST 2110-30 bietet darüber hinaus weitere Profile mit mehreren Audiokanälen in einem Stream sowie niedrigere Latenz an.

Die Synchronisation der verschiedenen Mediendatenströme muss über SMPTE ST 2059 PTP erfolgen. Das zeitliche Verhalten des RTP-Datenstroms wird im SMPTE ST 2110-21 genauer beschrieben.

Typischerweise wird die Verbindung durch eine gemanagte Konfiguration von Sender und Empfänger auf- und abgebaut. Die Verbindungsart kann sowohl Unicast als auch Multicast sein. Für Multicast ist IGMPv3-Unterstützung (wie in RFC 3376 beschrieben) seitens der Endgeräte verpflichtend. Die Verwendung von RFC 4566 Session Description Protocol (SDP) wird vorgeschrieben.

8.6. Sicherheitsaspekte

Die IT-Sicherheit ist die Sicherheit gegen den Verlust von Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit.

Sicherheit muss von Anfang an organisatorisch und finanziell bei der Planung berücksichtigt werden. Der IT-Sicherheitsbeauftragte ist in die Planungen mit einzubeziehen. Um den Grad der Betriebssicherheit zu ermitteln ist eine Schutzbedarfsfeststellung durchzuführen, aufgrund derer entsprechende Maßnahmen abgeleitet werden.

Im Gegensatz zu den herkömmlichen SDI-basierten Videosystemen haben netzwerkbasierte Mediensysteme üblicherweise Verbindung zu externen Netzwerken bis hin zum Internet. Über diese Verbindungen werden beispielsweise folgende Anwendungen möglich:

- Remote-Wartung
- Lizenzmanagement
- Streaming oder File-Austausch
- Anbindung an externe Cloud-Dienste
- Software-Update

Durch diese Verbindung zu anderen Netzwerken sind Anforderungen an die IT-Sicherheit deutlich höher als an bisherige SDI-basierte Insellösungen. Somit müssen alle gesetzlichen und hausinternen IT-Sicherheitskonzepte befolgt werden.

Für den Gesetzgeber macht es keinen Unterschied, ob die IT-Infrastruktur für das E-Mail schreiben, Produktionsstraßenautomatisierung oder Live-Übertragung von Video-Inhalt genutzt wird.

Zum Schutz von personenbezogenen Daten sind Gesetze und Verordnungen wie die BDSG und EU-DSGVO zu beachten.

8.7. Messtechnik

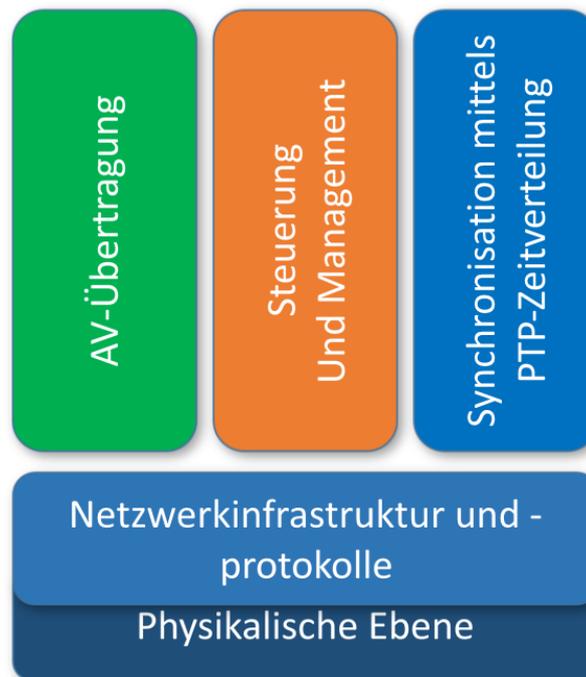


Bild 8.7.1: Übersicht messtechnischer Aufgaben

Die messtechnischen Aufgaben lassen sich folgenden Bereichen zuordnen:

1. Anwendungsnahe Aufgaben

- Messung der Übertragung Medialer Daten (Video, Audio, ANC-Daten)
- Steuerung und das Management der Übertragung (z.B. Gerätedetektion, Auf- und Abbau von Verbindungen, Bandbreitenmanagement)
- Analyse des PTP-Protokolls

2. Netzwerkspezifische Aufgaben

- Analyse der spezifischen Eigenheiten des Netzwerkes z.B. Paketverluste, Jitter, Latency...
- Kontrolle der logischen Verbindung von Sender zu Empfänger(n)

3. Messung der physikalischen Parameter

- Messung auf der optischen Ebene
- Messungen auf der elektrischen Ebene

8.7.1. Anwendungsnahe Messtechnik

8.7.1.1. AV-Übertragung

Für die Analyse der Video-, Audio- und ANC-Signale müssen die verpackten Daten aus der Netzwerkumgebung entpackt werden und können dann mit konventionellen Basisbandmessverfahren beurteilt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die

Aussagekraft dieser Basisbandmessverfahren aufgrund der Unkenntnis des Fehlerursprungs (vor oder während der Übertragung) beschränkt ist.

Auf der Netzwerkebene können im Wesentlichen nur beschreibende Metadaten extrahiert und auf Konsistenz zu den multimedialen Inhalten überprüft werden.

8.7.1.2. Steuerung und Management

Die Analyse von Steuerungs- und Managementsystemen ist meist sehr komplex und muss ggf. von den Herstellern mit entsprechenden Schnittstellen und Tools/Logging Systemen unterstützt werden. Aus diesem Grund werden diese Analysen häufig von Herstellern oder zertifizierten Dienstleistern (eventuell über Remotezugang) durchgeführt. Grundlage für diese Analysen sind System-Logs und Fehlerlisten.

8.7.1.3. Synchronisation mittels PTP-Zeitverteilung

Mit herkömmlicher AV-Messtechnik kann das Netzwerk einschließlich der PTP-Funktion mit einer Über-Alles-Messung überprüft werden.

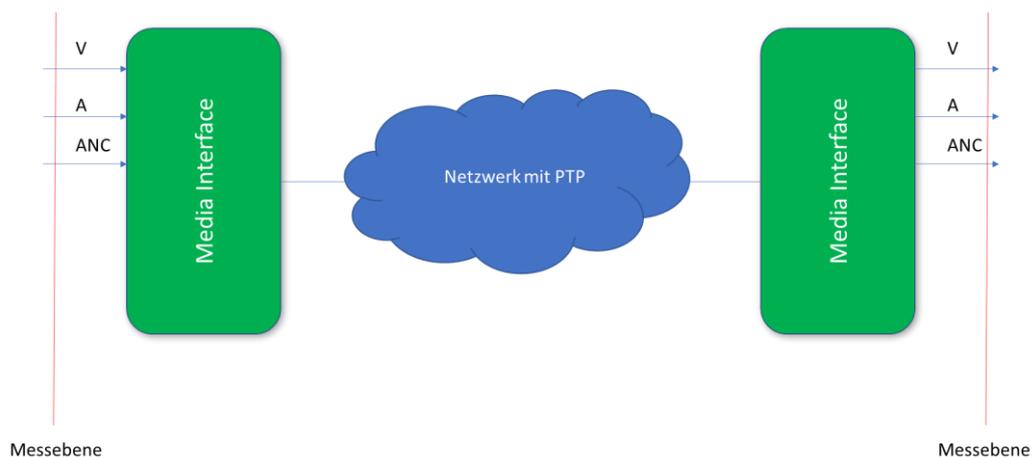


Bild 8.7.2: Über-Alles-Messung

Phasengleiche synchrone Eingangssignale müssen unabhängig vom verwendeten Übertragungsprotokoll (SMPTE ST 2022, SMPTE ST2110, ...) auf der Wiedergabeseite phasengleich und synchron sein.

Die PTP-Synchronisierung in gemischten Systemen aus konventioneller und netzwerkbasierter Produktionstechnik erfolgt mittelfristig auch noch mit analogen Referenzsignalen. Diese werden von Taktgebern (Grandmaster) und Slaves z.B. als 1 Puls Per Second (1 PPS)-Signal (1Hz) oder Black Burst bereit gestellt.

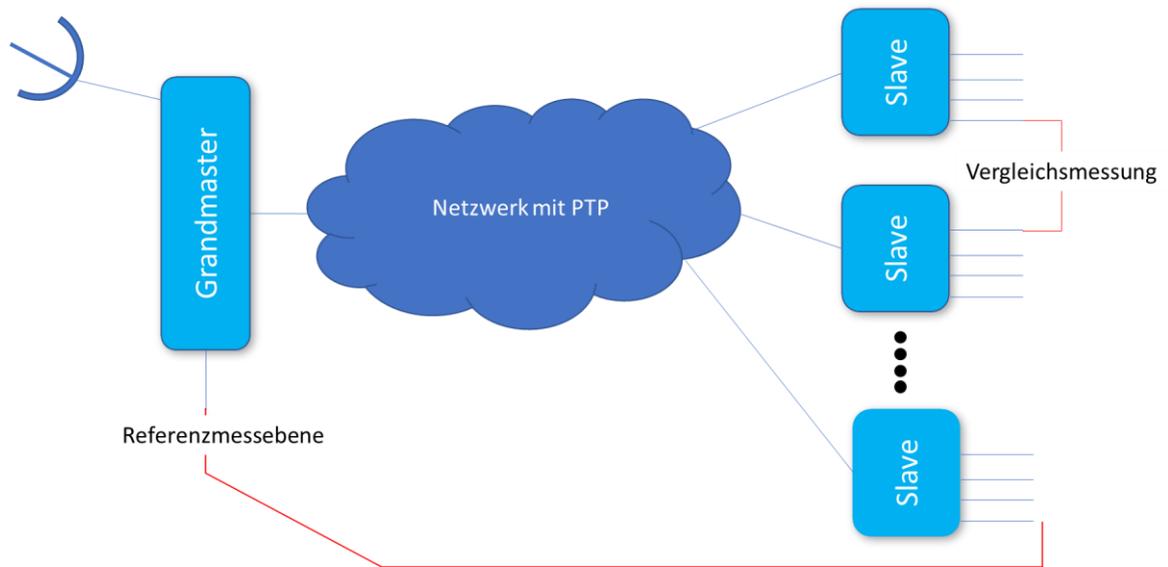


Bild 8.7.3: Messprinzip bei PTP-Systemen

Diese Signale lassen sich mit Hilfe eines Oszilloskops auf Synchronität überprüfen. Die Referenzmessung kann direkt am stationären Grandmaster durchgeführt werden oder mit Hilfe eines mobilen hochstabilen Messgeräts (z.B. mit Rubidiumnormal) erfolgen. Dabei wird das Frequenznormal des Messgeräts auf den Grandmaster synchronisiert und hält nach Trennung vom Grandmaster die Synchronität über einen größeren Zeitraum („holdover“), so dass auch eine ortsunabhängige Messung durchgeführt werden kann. In der Praxis bedeutet das, dass die Synchronisationszeiten des Rubidiumnormal mehrere Stunden betragen können. Da die Messgenauigkeit im Nanosekundenbereich liegt sind die Laufzeiten der Kabel zu berücksichtigen.

8.7.2. Netzwerkspezifische Messtechnik

Sind Überprüfungen der Protokollebene im PTP-Netzwerk notwendig müssen Protokoll-Analyser verwendet werden. Der Zugriff auf den zu messenden Datenstrom kann über einen sog. Spiegel-Port oder einen TAP (Test Access Point) erfolgen. Über Konfiguration des Spiegel-Ports oder setzen von Filtern von aktiven TAPs lässt sich der Datenstrom auf die relevanten Daten reduzieren. Die Analyse kann an „live Signalen“ oder auch an aufgezeichneten („captured“) Datenströmen erfolgen. Auf dem Markt sind sowohl kostenlose als auch professionelle kostenpflichtige Analyser verfügbar. Die Analyser unterscheiden sich bezüglich Leistungsfähigkeit und Analyseumfang. Die Datenaufzeichnung und die Analyse der Daten kann sowohl „online“ als auch „offline“ erfolgen. Für eine Echtzeitanalyse „online“ von Videodaten ist derzeit eine dedizierte, performante Hardware notwendig. Bei einer Offline-Analyse wird der Datenstrom zuerst auf einem Speichermedium zwischengespeichert und danach mit einer entsprechenden Software analysiert. Ein weit verbreitetes kostenloses Werkzeug zur Protokoll-Analyse ist die Software „Wireshark“ welche für beide Betriebsarten

eingesetzt werden kann. Der Einsatz von Protokollanalyatoren ist nur unter bestimmten Rahmenbedingungen erlaubt und bedarf einer engen Abstimmung mit dem Datenschutzbeauftragten.

Durch Abfragen von Statusmeldungen von Netzelementen kann man über Standardprotokolle (z.B. SNMP) oder herstellerepezifische Protokolle auf den Zustand des gesamten Netzwerkes schließen.

Um die Qualität einer Übertragungsstecke zu ermitteln sollte dies gemäß dem Allgemeines Leistungstest RFC 2544 (<https://www.ietf.org/rfc/rfc2544.txt>) zu erfolgen.

Für den Transport von multimedialen Daten über Netzwerke sind folgende Messungen von besonderer Bedeutung:

- Paketverlust
- Paket Delay Variation („Jitter“), zu messen gemäß RFC 3393
- Datendurchsatz
- Latency (Gesamtverzögerungszeit)

Paketverlust, Überschreitung der zulässigen Packet Delay Variation und zu geringer Datendurchsatz kann zu massiven Bild- und Tonstörungen führen. Die zu tolerierende Gesamtverzögerungszeit ist anwendungsabhängig und sollte möglichst gering sein.

Die Maximum Transmission Unit (MTU) gibt die maximale IP-Paketgröße an, welche in einem Netzwerk übertragen werden kann. Es ist zu überprüfen, ob die im Netzwerk maximal zugelassene MTU von Sender nicht überschritten wird.

Das Reboot-Verhalten des gesamten Netzwerkes sollte folgende Eigenschaften aufweisen: Die Konfiguration des gesamten Netzwerkes sollte in möglichst kurzer Zeit die gleiche Konfiguration wie vor dem gewollten oder ungewollten Ausschalten sein. Zu prüfen ist dies durch Unterbrechen der Netzversorgung und Messen der Zeit, die notwendig ist, bis wieder ein stabiler Betriebszustand des gesamten Systems erreicht ist.

Zur Überprüfung eines Unicast-Betriebs muss die IP-Adresse des Senders und Analysers aufeinander abgestimmt werden, für den Multicastbetrieb muss der Sender auf eine Multicast-Gruppe senden und der Analyser den Empfang dieser Multicast-Gruppe zulassen. Die Verbindungen sind je nach Systemkonfiguration an allen in Frage kommenden Ports zu prüfen. Die zu verwendenden IGMP-Versionen der Endgeräte müssen auf das Netzwerk abgestimmt sein.

Um die RTP-Eigenschaft eines Senders zu überprüfen muss mit einem Analyser überprüft werden ob die Frequenz und Phase der Media-Clock mit der PTP-Zeit korrekt verkoppelt ist.

8.7.3. Messung der physikalischen Parameter

Die Messung in der physikalischen Ebene (OSI-Layer 1) werden mit elektrischen und optischen Standardmessverfahren durchgeführt. Höheren Datenraten werden praktisch nur noch optisch übertragen. Die hierfür notwendige Messtechnik wird in der Technischen Richtlinie 8/1.1 Kapitel 3 beschrieben. Die Überprüfung der elektrischen Übertragung bei höheren Datenraten erfolgt indirekt durch Bitfehlerratenmessung auf OSI-Layer 2.

8.7.4. Anwendungen

Die im SDP und in Headern mitgelieferten Meta-Daten müssen mit den Paketinhalten konsistent sein. Dies kann mit einem Media-Analyser überprüft werden.

Durch die Analyse der mitgelieferten Timestamps in Verbindung mit PTP werden Aussagen über das Timing (z.B. A/V-Delay) mehrerer RTP-Ströme möglich.

Die Überprüfung von Steuerung und Management ist ohne tiefere Kenntnis herstellerspezifischer Protokollarien nur bis zum Verbindungsaufbau möglich. Die vom Hersteller mitgelieferten Diagnosemöglichkeiten sollten genutzt werden.

8.7.5. Analysensysteme

Analysensysteme können als Software- und/oder als Hardwarelösungen ausgeführt sein und sowohl als Online- oder Offlinesystem betrieben werden. Neben den reinen Netzwerkanalysern die nur die Netzwerkparameter überprüfen, sind auf dem Markt auch speziell für den Broadcastbereich entwickelte Systeme erhältlich. In diesem Dokument werden diese Geräte oder Systeme als Media-Analyser bezeichnet. Sie analysieren sowohl auf IP- als auch Anwendungsebene (Audio, Video, Zusatzdaten).

Derzeit sind unter anderem, Tektronix mit PRISM, Bridge Technologies mit VB440, Phabrix mit dem Qx IP, PacketStorm mit VIP-Media over IP-Analyser, Omnitek Ultra TQ, LAWO smartSCOPE, R&S PRISMON, Wohler iAM, TSL PAM IP, LIST (Live IP Software Toolkit) der EBU auf dem Markt.

Neben den oben beschriebenen eigenständigen Analysensystemen können Analysen in Netzelementen oder Endgeräten mit dort integrierten Tools durchgeführt werden. Die Ergebnisse können am System selbst oder mittels Browser angezeigt werden.

8.8. Normen und Richtlinien

- AES67: AES standard for audio applications of networks - High-performance streaming audio-over-IP interoperability
- IEEE 1588: IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems
- IETF RFC2544: Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices
- IETF RFC3376: IGMP- Internet Group Management Protocol
- IETF RFC3393: IP Packet Delay Variation Metric for IP Performance Metrics (IPPM)
- IETF RFC3550: RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications
- IETF RFC4566: SDP-Session Description Protocol
- SMPTE RP 168: SMPTE Recommended Practice - Definition of Vertical Interval Switching Point for Synchronous Video Switching
- SMPTE ST2022-x: SMPTE Standards - Transport of Media Signals over IP Networks
- SMPTE ST2059-1: SMPTE Standard - Generation and Alignment of Interface Signals to the SMPTE Epoch
- SMPTE ST2059-2: SMPTE Standard - SMPTE Profile for Use of IEEE-1588 Precision Time Protocol in Professional Broadcast Applications
- SMPTE ST2110-x: SMPTE Standards - Professional Media over Managed IP Networks
- VSF TR-03: Transport of uncompressed elementary stream media over IP