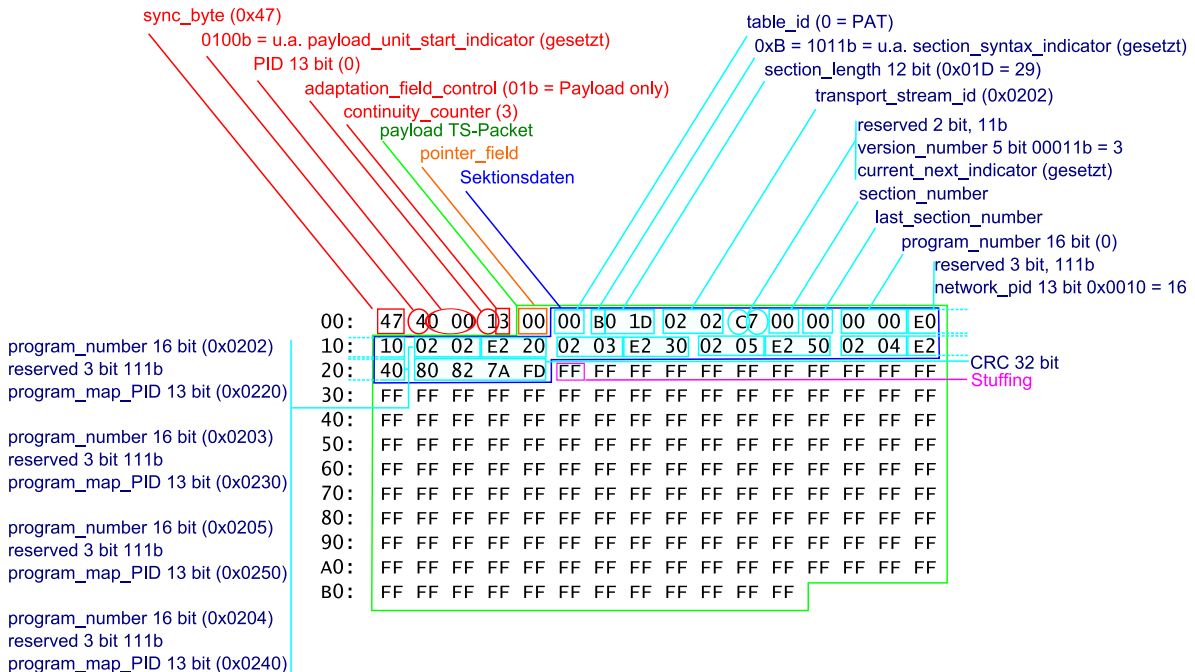


## # MPEG Transportstrom

### ## Einführung

Der MPEG-Transportstrom ist ein Format, das zur Übertragung von Audio-, Video- und anderen Daten in digitalen Fernsehsendungen verwendet wird. Er ist in der MPEG-2-Spezifikation definiert und spielt eine zentrale Rolle bei der

## Beispiel eines TS-Pakets



Organisation und Übertragung von Datenpaketen.

### ## Grundlagen

#### ### Sync Byte

Der Sync Byte ist das erste Byte in jedem MPEG-Transportstrom-Paket. Es dient als Startpunkt für den Transportstrom und hilft den Empfängern, den Beginn jedes Pakets zu identifizieren. Der Sync Byte hat den hexadezimalen Wert `0x47`.

#### ### Packet Identifier (PID)

Jedes Paket im MPEG-Transportstrom hat eine eindeutige Paketkennung (PID). Diese Kennung identifiziert den Inhalt des Pakets und gibt an, welcher Datenstrom es enthält. Zum Beispiel können Video-, Audio- oder Steuerdaten unterschiedliche PID-Werte haben.

#### ### Programm Map Table (PMT)

Die Programm Map Table (PMT) ist eine Tabelle im MPEG-Transportstrom, die Informationen über die verschiedenen Datenströme in einem Programm enthält. Sie enthält Einträge für Video-, Audio- und andere Datenströme, die in einem Programm vorhanden sind, und verwendet PIDs, um diese Ströme zu identifizieren.

### ### Program Association Table (PAT)

Die Program Association Table (PAT) ist eine Tabelle, die Informationen über alle Programme in einem MPEG-Transportstrom enthält. Sie enthält Einträge für jedes Programm und verweist auf die zugehörige PMT über deren PID.

### ### Program Clock Reference (PCR)

Die Program Clock Reference (PCR) ist ein Zeitstempel, der in jedem Transportstrom-Paket enthalten ist. Er dient zur Synchronisation von Audio- und Videoströmen und ermöglicht es den Empfängern, die richtige Timing-Information für die Wiedergabe der Inhalte zu erhalten.

### ### Service Identifier (SID)

Der Service Identifier (SID) ist eine Kennung, die verwendet wird, um einen spezifischen Dienst oder Kanal in einem MPEG-Transportstrom zu identifizieren. Er wird häufig in Verbindung mit der PAT und PMT verwendet, um den Dienst oder Kanal zu bestimmen, der mit einem bestimmten PID verknüpft ist.

## ## Zusammenfassung

- **\*\*Sync Byte\*\***: Startbyte jedes MPEG-Transportstrom-Pakets (`0x47`).
- **\*\*PID\*\***: Eindeutige Kennung für den Inhalt eines Transportstrom-Pakets.
- **\*\*PMT\*\***: Tabelle mit Informationen über Datenströme in einem Programm.
- **\*\*PAT\*\***: Tabelle mit Informationen über alle Programme im Transportstrom.
- **\*\*PCR\*\***: Zeitstempel zur Synchronisation von Audio- und Videoströmen.
- **\*\*SID\*\***: Kennung zur Identifikation eines Dienstes oder Kanals.

Der MPEG-Transportstrom ist ein wichtiges Konzept in der digitalen Rundfunktechnologie und spielt eine entscheidende Rolle bei der effizienten Übertragung von Multimedia-Inhalten.

## ## Aufbau von Secure Reliable Transport (SRT)

Secure Reliable Transport (SRT) ist ein Open-Source-Protokoll, das für zuverlässiges und sicheres Streaming von Inhalten über unsichere oder unzuverlässige Netzwerke entwickelt wurde. SRT wurde entwickelt, um Latenz und Paketverlust zu minimieren und bietet Funktionen wie Verschlüsselung und Fehlerkorrektur.

### ### Grundlegende Komponenten von SRT

1. **\*\*SRT-Header\*\***: Jede SRT-Nachricht beginnt mit einem Header, der Metadaten

und Steuerinformationen enthält, um den Transport und die Verarbeitung der Nachricht zu steuern.

2. **SRT-Daten-Payload**: Nach dem Header folgt der eigentliche Daten-Payload, der die eigentlichen Medien- oder Steuerdaten enthält.

### ### Schlüsselkomponenten des SRT-Headers

- **Version**: Die Version des SRT-Protokolls, die von der Nachricht verwendet wird.
- **Timestamp**: Ein Zeitstempel, der die Erzeugungszeit der Nachricht angibt.
- **Sequence Number**: Eine fortlaufende Nummer, die verwendet wird, um die Reihenfolge der Nachrichten zu überprüfen und verlorene Nachrichten zu identifizieren.
- **Control Information**: Informationen zur Steuerung des Datenflusses, wie z.B. Feedback für den Sender oder Anweisungen für die Verbindungswiederherstellung.
- **Encryption Flags**: Flags, die anzeigen, ob die Nachricht verschlüsselt ist und welche Verschlüsselungsmechanismen verwendet werden.
- **Payload Size**: Die Größe des Daten-Payloads in der Nachricht.

### ### Zusätzliche Funktionen

- **Fehlerkorrektur**: SRT verwendet verschiedene Techniken wie Forward Error Correction (FEC), um die Auswirkungen von Paketverlust zu minimieren und die Zuverlässigkeit der Übertragung zu verbessern.
- **Verschlüsselung**: SRT bietet integrierte Verschlüsselungsfunktionen, um die Sicherheit der übertragenen Daten zu gewährleisten.

## ## Unterschiede zwischen HLS, RTMP, SRT und MPEG-DASH

### ### HTTP Live Streaming (HLS)

- **Protokoll**: HTTP-basiert
- **Streaming-Technologie**: Adaptive Streaming
- **Unterstützte Medienformate**: H.264 (Video), AAC (Audio)
- **Sicherheit**: Unterstützt DRM und Verschlüsselung
- **Kompatibilität**: Unterstützt eine breite Palette von Geräten und Plattformen, einschließlich iOS, Android und Webbrowser.

### ### Real-Time Messaging Protocol (RTMP)

- **Protokoll**: Proprietäres Protokoll, ursprünglich von Adobe entwickelt
- **Streaming-Technologie**: Unidirektionales Streaming
- **Unterstützte Medienformate**: H.264, VP6 (Video), AAC, MP3 (Audio)
- **Sicherheit**: Eingebaute Verschlüsselungsfunktionen
- **Latenz**: Geringe Latenz, aber nicht ideal für adaptive Streaming-Szenarien

### Secure Reliable Transport (SRT)

- **Protokoll**: UDP-basiertes Protokoll mit Fehlerkorrektur
- **Streaming-Technologie**: Zuverlässiges und sicheres Streaming
- **Unterstützte Medienformate**: Flexibel (abhängig von der Implementierung)
- **Sicherheit**: Unterstützt Verschlüsselung und Authentifizierung
- **Latenz**: Niedrige Latenz, konfigurierbar

### MPEG-DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP)

- **Protokoll**: HTTP-basiert
- **Streaming-Technologie**: Adaptives Streaming
- **Unterstützte Medienformate**: H.264, VP9 (Video), AAC, Opus (Audio)
- **Sicherheit**: Unterstützt DRM und Verschlüsselung
- **Kompatibilität**: Breite Unterstützung durch viele Geräte und Plattformen, dank seiner offenen Standards

## Zusammenfassung

- **HLS**: HTTP-basiertes, adaptives Streaming, breite Geräteunterstützung
- **RTMP**: Proprietäres Protokoll, unidirektionales Streaming, geringe Latenz
- **SRT**: UDP-basiertes Protokoll mit Fehlerkorrektur, zuverlässig und sicher, niedrige Latenz
- **MPEG-DASH**: HTTP-basiertes, adaptives Streaming, offene Standards, breite Kompatibilität

— — — — —

## Content Delivery Network (CDN)

Ein Content Delivery Network (CDN) ist ein Netzwerk von verteilten Servern, das dazu dient, Webinhalte und andere Medieninhalte näher an den Endbenutzern zu speichern und auszuliefern. Durch die Verteilung von Inhalten auf mehrere Serverstandorte verbessert ein CDN die Leistung, erhöht die Verfügbarkeit und reduziert die Bandbreitenkosten.

### Funktionsweise eines CDNs für Streaming

1. **Inhaltsspeicherung**: Der ursprüngliche Inhalt wird auf einem zentralen Server oder einem Ursprungsserver gespeichert.

2. **\*\*Serververteilung\*\***: Kopien dieses Inhalts werden auf mehreren Servern im CDN verteilt, die sich an verschiedenen geografischen Standorten befinden.

3. **\*\*Anfrage-Routing\*\***: Wenn ein Benutzer auf den Streaming-Inhalt zugreifen möchte, wird die Anfrage an den nächstgelegenen CDN-Server weitergeleitet, statt zum ursprünglichen Ursprungsserver.

4. **\*\*HTTP-Streaming\*\***: Für Streaming wird häufig das HTTP-Protokoll verwendet, z.B. HTTP Live Streaming (HLS) oder Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (MPEG-DASH). Diese Protokolle ermöglichen es dem CDN, Inhalte in Echtzeit an den Benutzer zu liefern, indem sie die Inhalte in kleine Segmente aufteilen und adaptiv über HTTP an den Client senden.

### ### Anycast im CDN

Anycast ist eine Routing-Technik, die von vielen CDNs verwendet wird, um den Datenverkehr effizient zu verteilen. Bei Anycast wird eine einzige IP-Adresse an mehrere Serverstandorte zugewiesen. Wenn ein Benutzer eine Anfrage sendet, wird diese an den nächstgelegenen geografischen Serverstandort weitergeleitet, der diese IP-Adresse besitzt.

- **\*\*Effiziente Lastverteilung\*\***: Anycast ermöglicht eine automatische und dynamische Lastverteilung, da die Netzwerkverkehrsanfragen an den nächstgelegenen Server weitergeleitet werden.

- **\*\*Erhöhte Verfügbarkeit\*\***: Durch die Verteilung von Inhalten an mehreren Standorten und die Verwendung von Anycast kann ein CDN die Verfügbarkeit erhöhen und Ausfallzeiten minimieren.

### ### Point of Presence (PoP)

Ein Point of Presence (PoP) ist ein physischer Standort, an dem sich CDN-Server befinden. Jeder PoP enthält Server, Speichersysteme und Netzwerkinfrastruktur, die benötigt werden, um Inhalte effizient auszuliefern. PoPs sind strategisch über verschiedene geografische Regionen verteilt, um eine optimale Leistung und Verfügbarkeit für Endbenutzer weltweit zu gewährleisten.

### ## Zusammenfassung

Ein CDN verbessert die Leistung und Zuverlässigkeit der Inhaltsbereitstellung, indem es Inhalte näher an den Endbenutzern speichert und über ein verteiltes Netzwerk von Servern ausliefert. Für Streaming-Anwendungen wird häufig das HTTP-Protokoll verwendet, z.B. HLS oder MPEG-DASH, um Inhalte in Echtzeit an den Benutzer zu liefern. Anycast ermöglicht eine effiziente Lastverteilung, und Point of Presence (PoP) bezeichnet die physischen Standorte, an denen sich die CDN-Server befinden.