

AV-Netzwerktechnik

Audio over IP

Bausteine

Benny Platte



Encoding

Synchronisation

Media Clock

Master Clock

QoS

Transport

Session Description

Connection Management

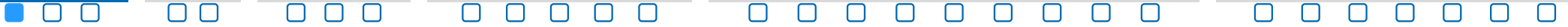
Discovery



**HOCHSCHULE
MITTWEIDA**
University of Applied Sciences



hs-mittweida.de



Echtzeit-Audio/Video-Netzwerke

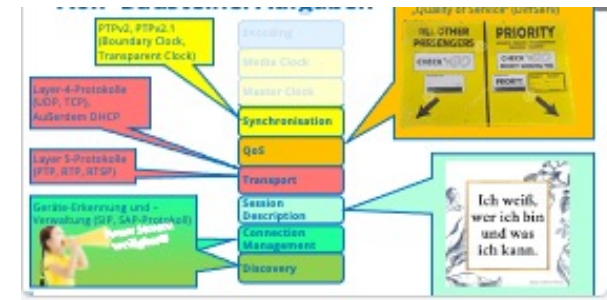
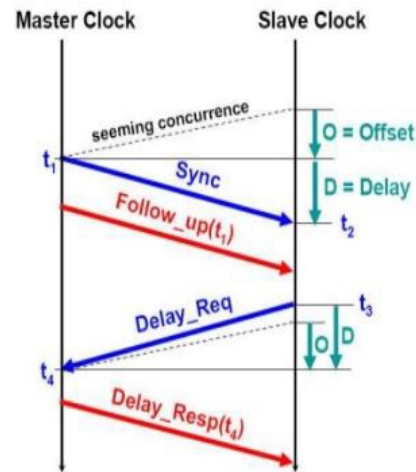
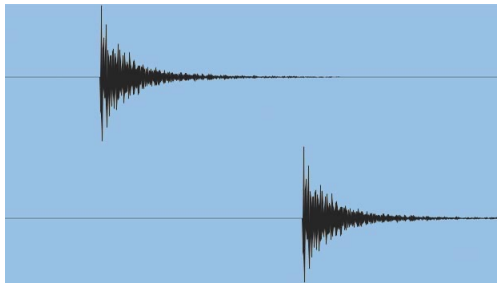
digitale
Übertragung

Töne
und deren
Digitalisierung

Grundlagen
Netzwerk-
technik



Themen



Latenz

Precision Time Protocol

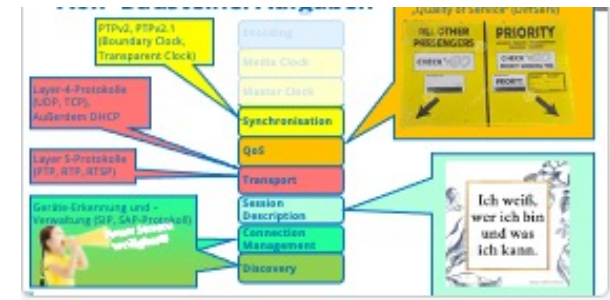
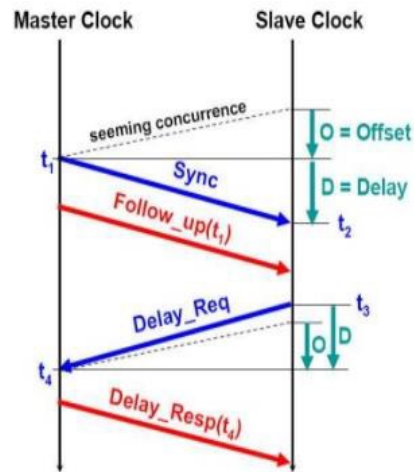
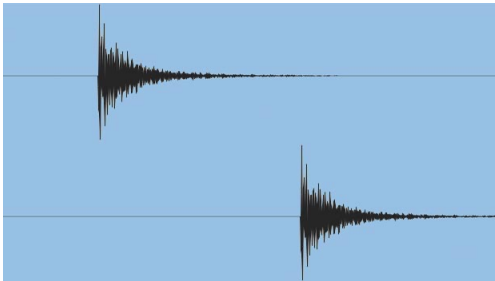
Audio over IP Bausteine

- Sinn
- Best Master Clock Algorithmus
- Synchronisation

- Quality of Service
- IP-Adressen, DHCP
- Session Description (SDP)
- Session Announcement (SAP)
- Transport über RTP und RTCP mittels UDP und TCP
- Geräte-Erkennung



Sie können



Latenz

- Typische Latenzen (Fußball-Fernsehübertragung, Live-Monitoring) angeben
- Unterschiedliche Latenzanforderungen diskutieren
- Mindestens eine Studie anführen, die Ihre Angaben stützt

Precision Time Protocol

- Das grundsätzliche Vorgehen beschreiben
- Ein PTP-Paket analysieren und den Präzisions-Zeitstempel angeben
- Die Funktionsweise einer „Transparent Clock“ beschreiben und deren Sinn erklären

Audio over IP

- Quality of Service-Ebenen Transportzwecken zuordnen
- Die Anzahl möglicher IP-Adressen bei gegebener Subnetzmaske angeben
- Vor- und Nachteile des Transports von Mediendaten über UDP und TCP diskutieren
- Das Zustandekommen einer Verbindung anhand von Protokollen erklären



AoIP (Audio over IP)

Encoding

Synchronisation

Media Clock

Master Clock

QoS

Transport

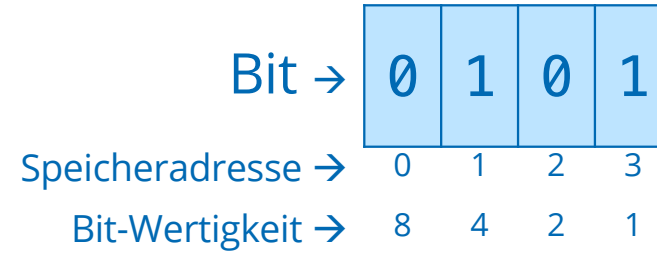
Session Description

Connection Management

Discovery

- Encoding
- Synchronisation
- Media Clock
- Master Clock
- QoS
- Transport
- Session Description
- Connection Management
- Discovery

„Big Endian“
 = „MSB first“
 = „LSB last“



Datenkodierung AES-3 - zum Ausfüllen

Samplerate	44100 Hz	48000 Hz	
Blöcke/s	230		
Userstream Bytes/s	5512		
Audiodaten Byte/s	176400		

- Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/AES/EBU>
- $588 \cdot 1/44100 = 13.3 \text{ ms} = 1/75 \text{ s}$
 - $2352 \cdot 75 = 176400 \text{ Byte/s} = 176.4 \text{ kB/s}$
- CD
- laut Spezifikation 360000 Sektoren
 - $360000 \cdot 588 \text{ Samples} / 44100 = 4800 \text{ s} = 80 \text{ min}$

Kodierung CD

Rechnen live darstellen mit

6 Samples pro Kanal

8 Byte Fehlerkorrektur

Subcode

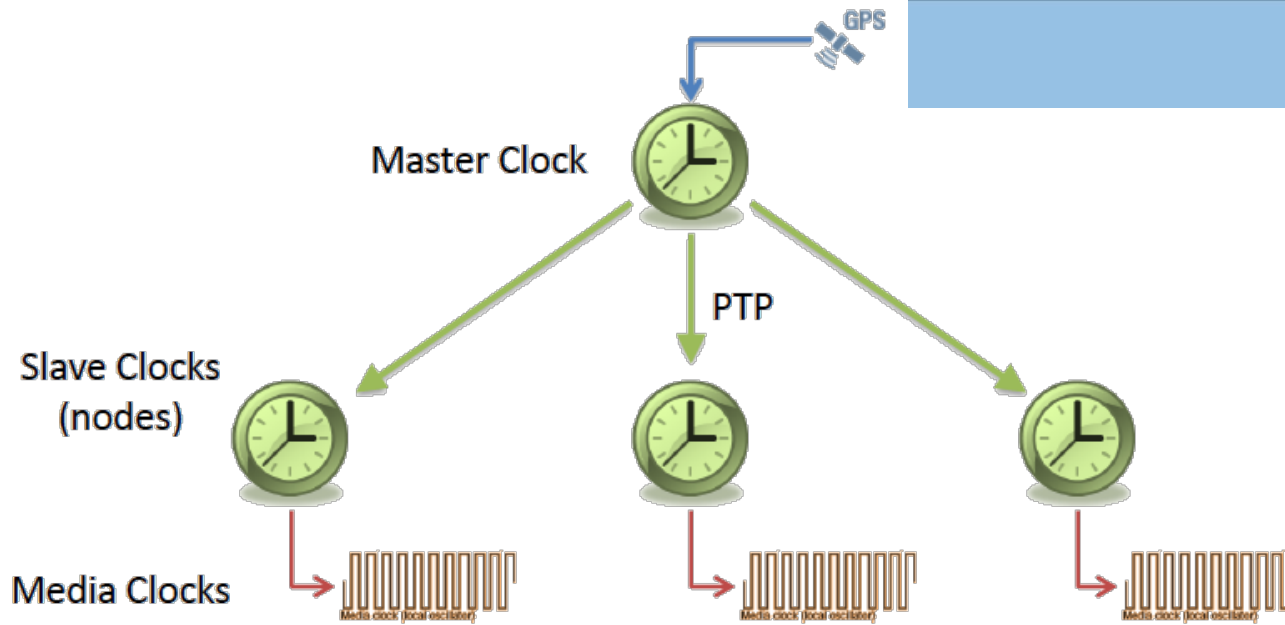
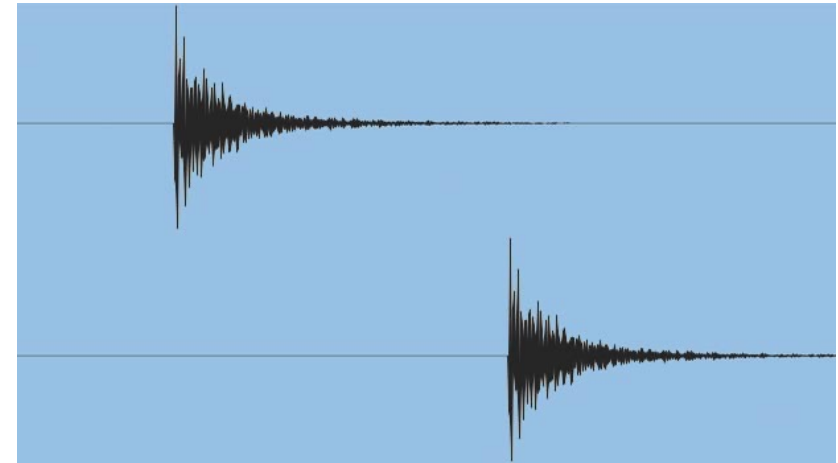
„P“ = Pause-Flag

Bits des Subcode-Byte. Aufeinander folgende bilden „Subchannel“.
 CD nutzt nur P und Q



AoIP Timing: Latenz

- Encoding
- Media Clock**
- Master Clock**
- Synchronisation**
- QoS
- Transport
- Session Description
- Connection Management
- Discovery



AoIP Timing: benötigte Zeiten

Encoding

Media Clock

Master Clock

Synchronisation

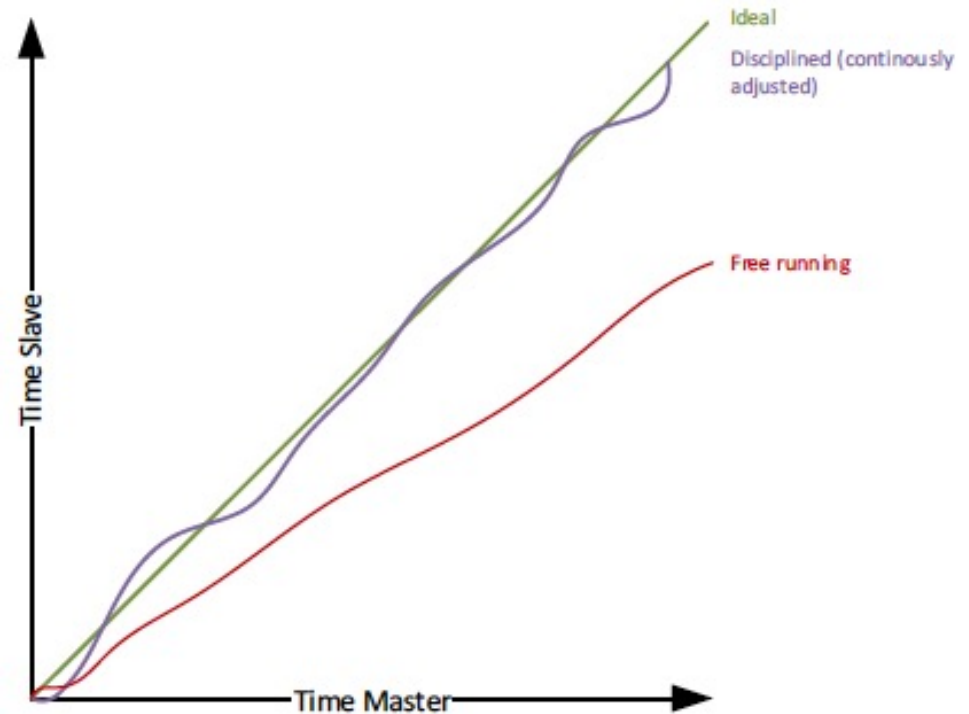
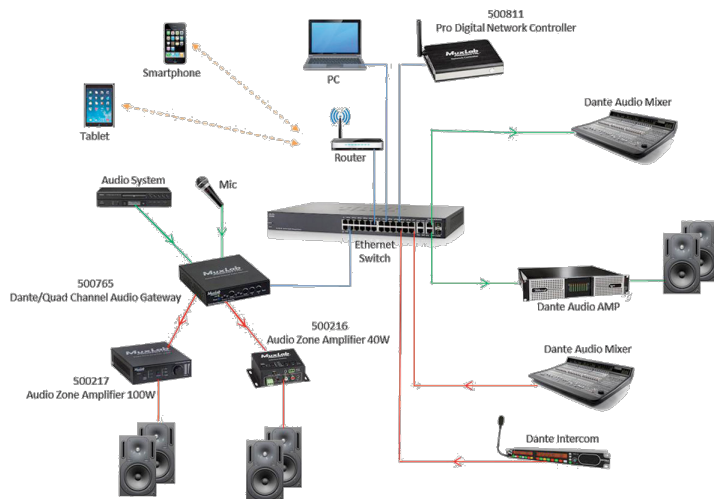
QoS

Transport

Session Description

Connection Management

Discovery



AoIP Timing: Synchronisation

Encoding

Media Clock

Master Clock

Synchronisation

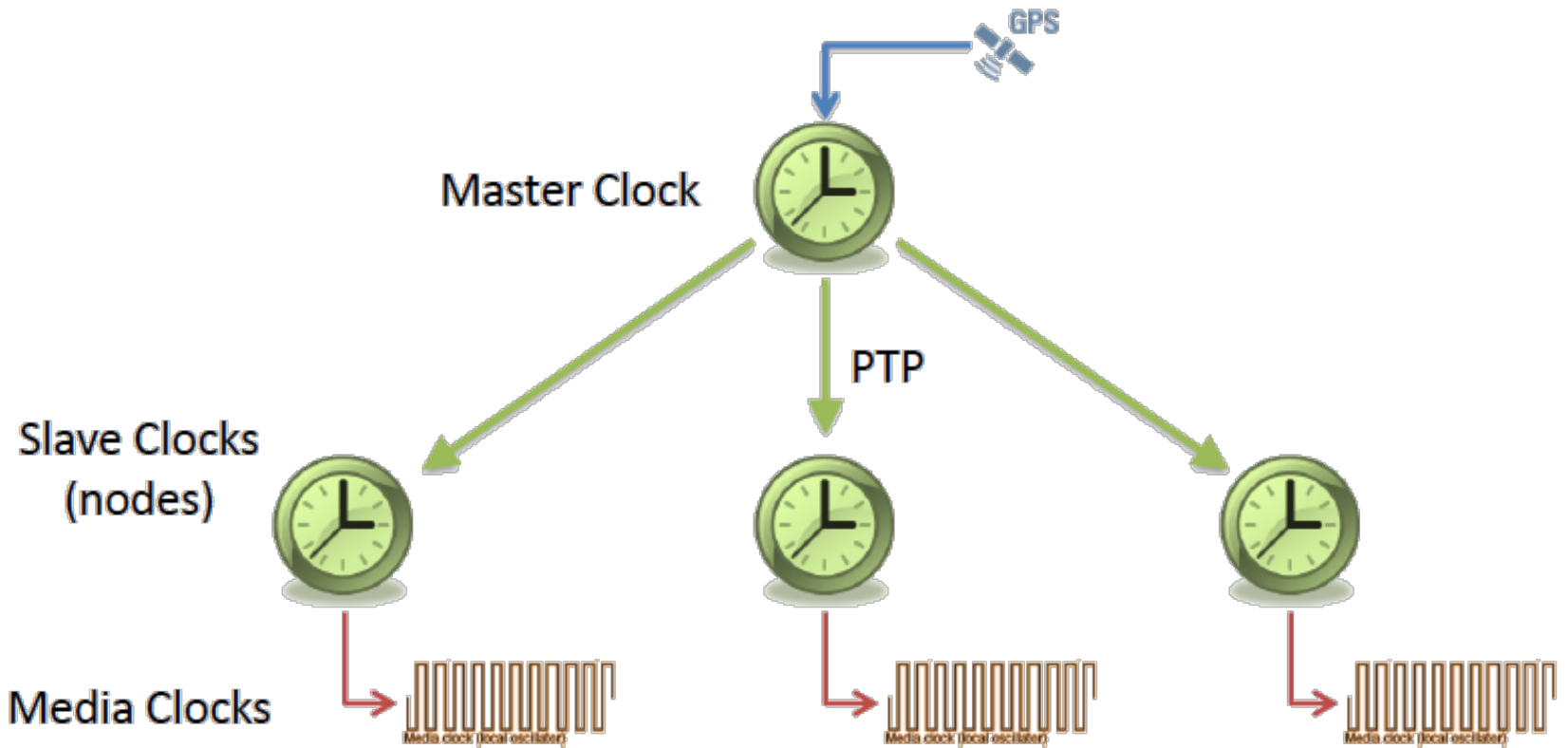
QoS

Transport

Session Description

Connection Management

Discovery



AoIP Timing: PTP (Precision Time Protocol)

Encoding

Media Clock

Master Clock

Synchronisation

QoS

Transport

Session
Description

Connection
Management

Discovery

Erste Version **IEEE1588.2002**

- bekannt als **PTPv1**
- Von der IEC als IEC61588 Ed.1 im Jahr 2004 angenommen

Zweite Version **IEEE1588.2008**

- bekannt als **PTPv2**
- 2008 angenommen
- Weit verbreitet
- Aktuelle Version

Zukunft: Dritte Version **IEEE1588.2019**

- bekannt als **PTPv2.1**

AoIP Timing: Referenzuhr („Grandmaster“)

Encoding

Media Clock

Master Clock

Synchronisation

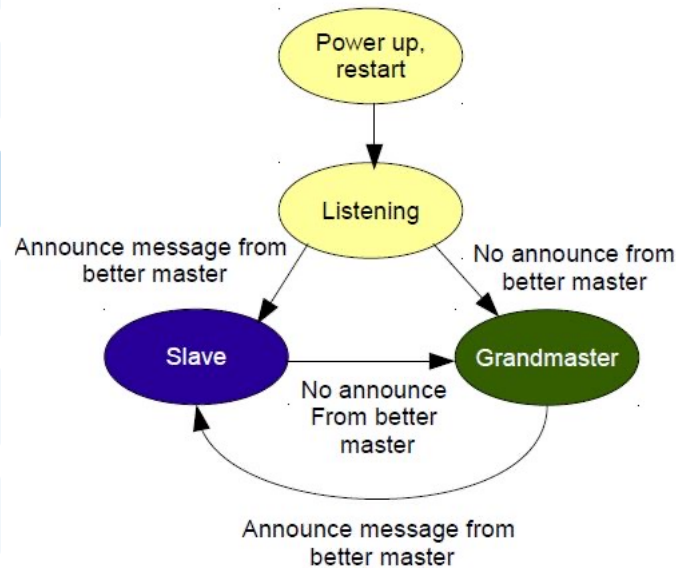
QoS

Transport

Session
DescriptionConnection
Management

Discovery

Best Master Clock (BMC)-Algorithmus



AoIP Timing: Referenzuhr („Grandmaster“)

Encoding

Media Clock

Master Clock

Synchronisation

QoS

Transport

Session
Description

Connection
Management

Discovery

Best Master Clock (BMC)-Algorithmus

Wireshark-Datei in Opal:

PTPv1 und PTPv2 + hsmw Dante PTP.pcap

AoIP Timing: Grandmaster bestimmen

Encoding

Media Clock

Master Clock

Synchronisation

QoS

Transport

Session
DescriptionConnection
Management

Discovery

Best Master Clock (BMC)-Algorithmus

Entscheidungskette

Priority1: vom Benutzer einstellbar

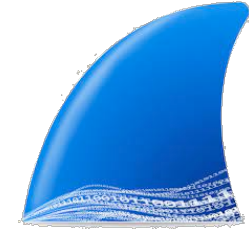
Clock Class: GPS-Empfänger hat höhere "Klasse"

Clock Accuracy: Aufzählung von Genauigkeitsbereichen gegenüber UTC

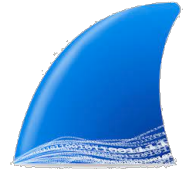
OffsetScaledLogVariance: logarithmisch skalierte Statistik

Priority2: Benutzer einstellbares Feld, Benutzung für Backup-Uhren

Source Port ID: muss eindeutig sein



AoIP Timing: Sync Message



Encoding

PTP läuft in TAI Time

Start 1.1.1970 Mitternacht => Sekunde 0

Media Clock

48 bit Sekunden

32 bit Nanosekunden

Master Clock

=> Überlauf in 8'925'512 Jahren

Synchronisation

PTP liefert UTC-Offset und Schaltsekunde zur Umrechnung der Zeit zwischen TAI und UTC im Endknoten (Slave)

QoS

Transport

Session
DescriptionConnection
Management

Discovery

Frequency Correction

Phase Correction

AoIP Timing: Synchronisation

Encoding

Media Clock

Master Clock

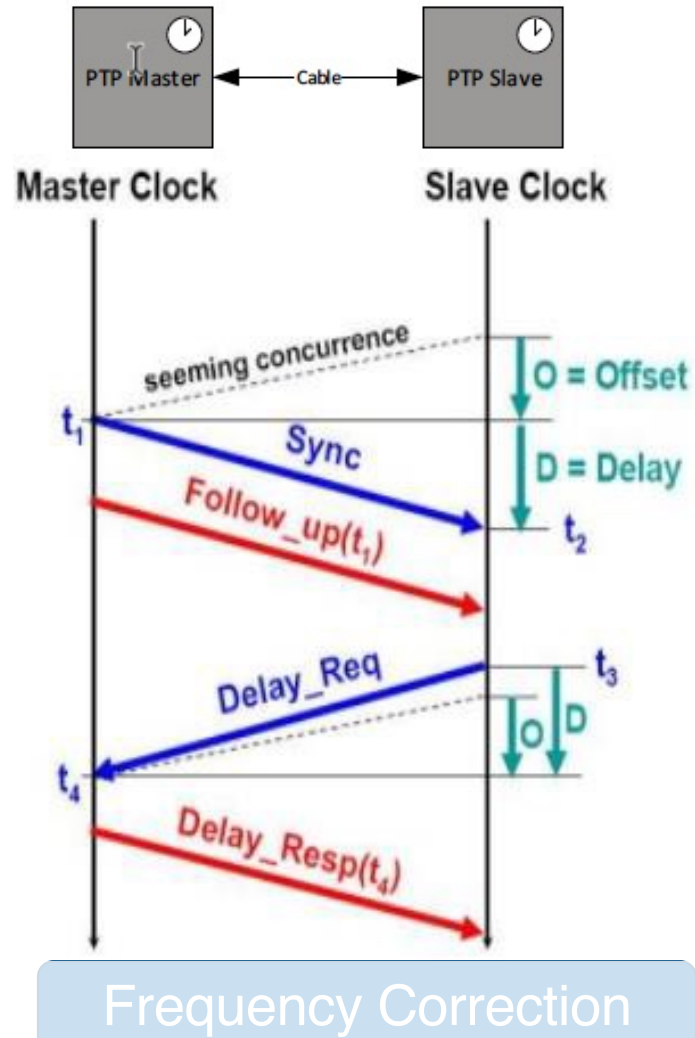
Synchronisation

QoS

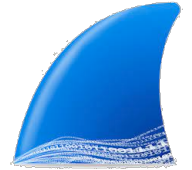
Transport

Session
DescriptionConnection
Management

Discovery



Phase Correction



AoIP Timing: Synchronisation

Encoding

Media Clock

Master Clock

Synchronisation

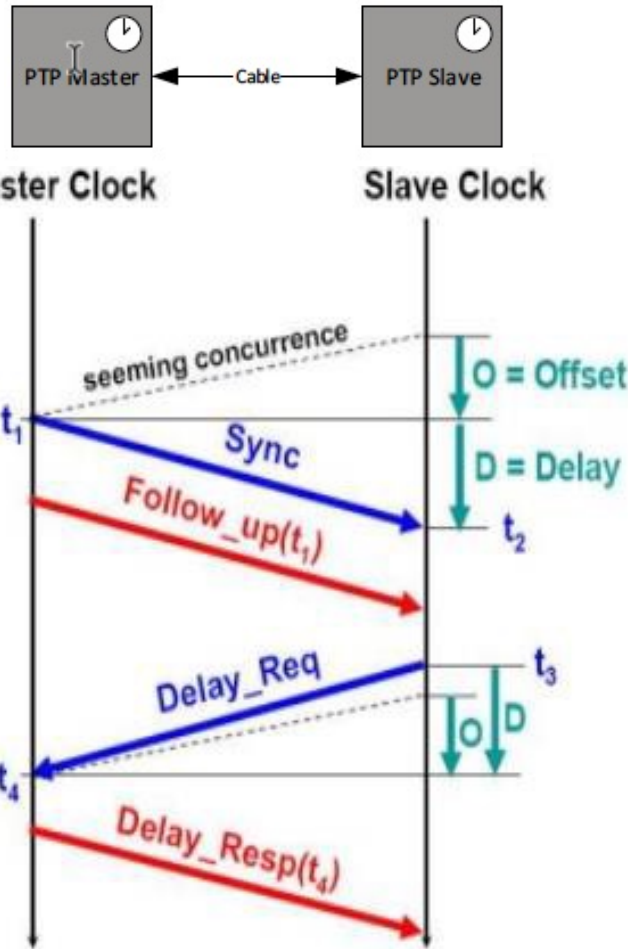
QoS

Transport

Session Description

Connection Management

Discovery



Frequency Correction

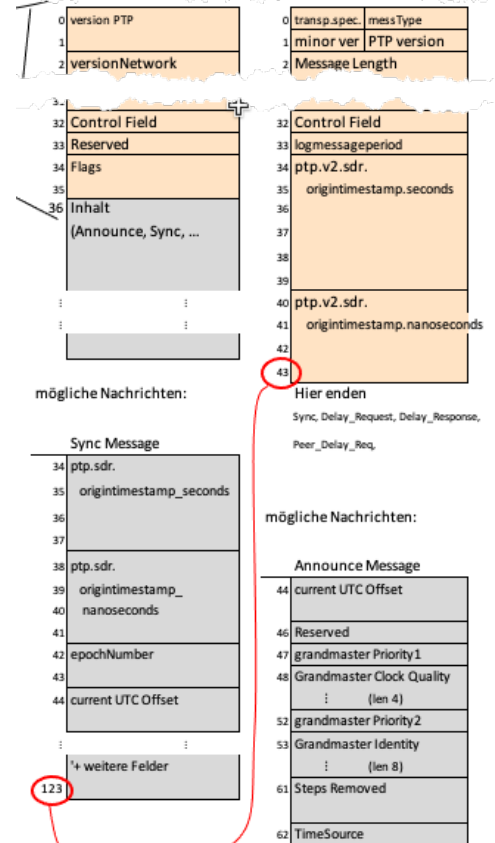
Layer 5 - 7

PTP

Precision Time Protocol

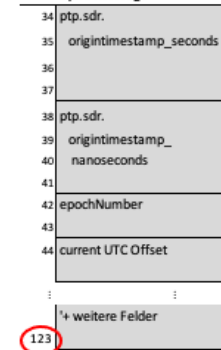
PTPv2

Precision Time Protocol



mögliche Nachrichten:

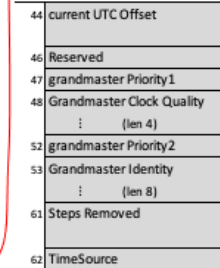
Sync Message



123

mögliche Nachrichten:

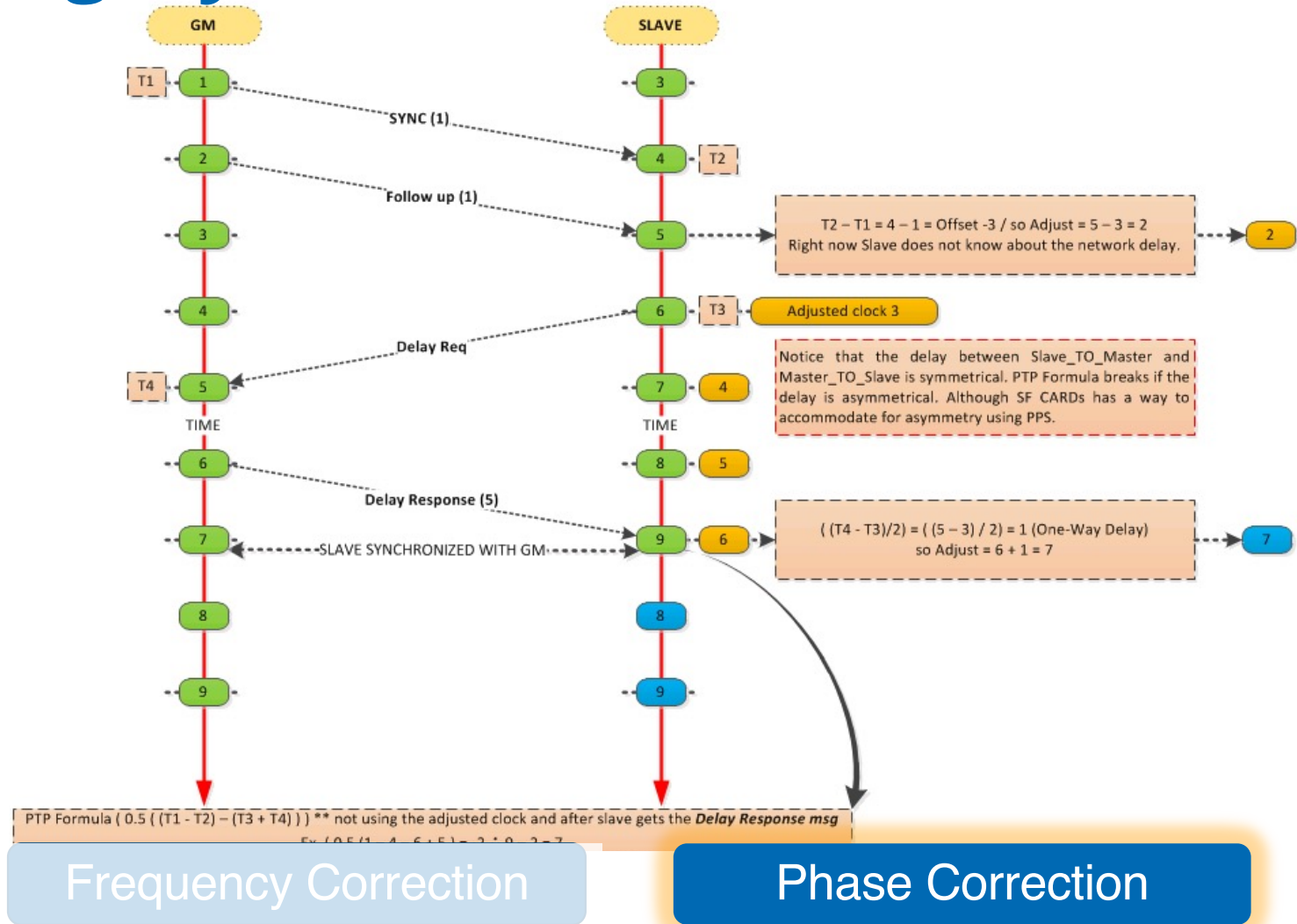
Announce Message



Phase Correction

AoIP Timing: Synchronisation

- Encoding
- Media Clock
- Master Clock
- Synchronisation**
- QoS
- Transport
- Session Description
- Connection Management
- Discovery



AoIP Timing: Drift

Encoding

Media Clock

Master Clock

Synchronisation

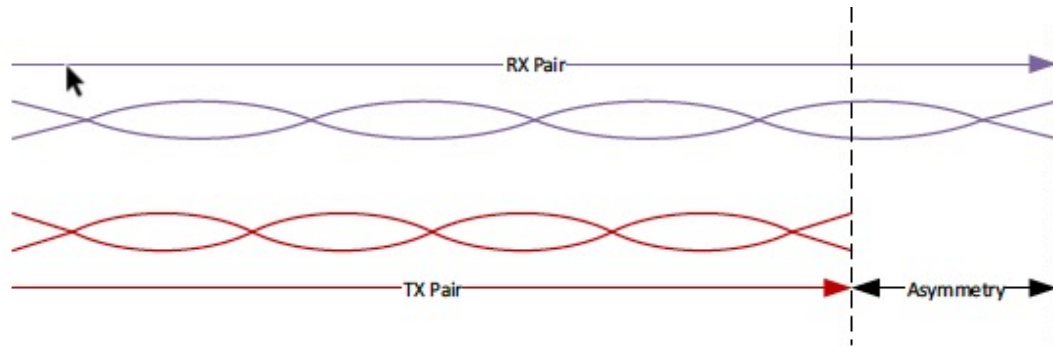
QoS

Transport

Session Description

Connection Management

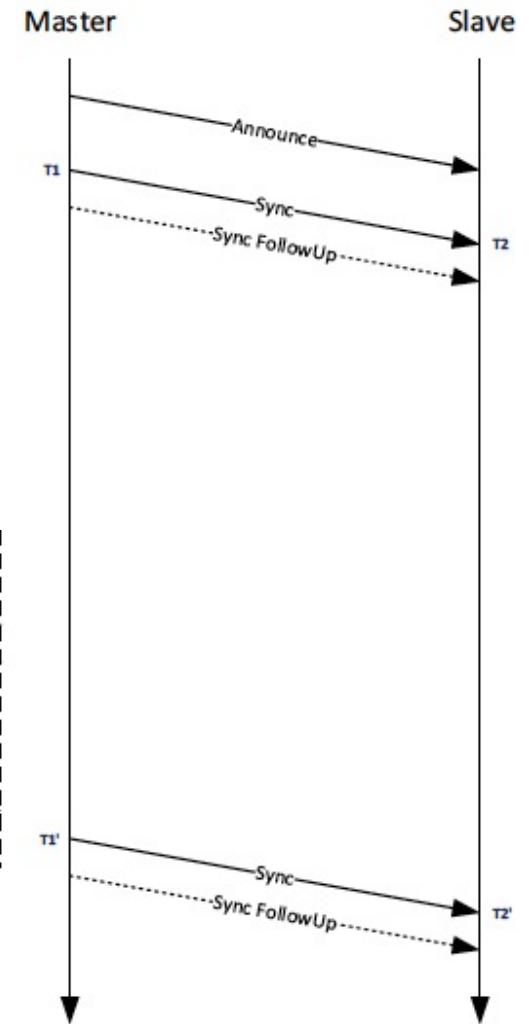
Discovery



CAT 5/6: allows up to 50 ns per 100 meter cable (IEC 11801)
 CAT 7: allows up to 30 ns per 100 meter cable (IEC 11801)

Frequency Correction

Phase Correction



Genauigkeit der Timestamps

Encoding

Media Clock

Master Clock

Synchronisation

QoS

Transport

Session Description

Connection Management

Discovery

Frequency Correction

Phase Correction

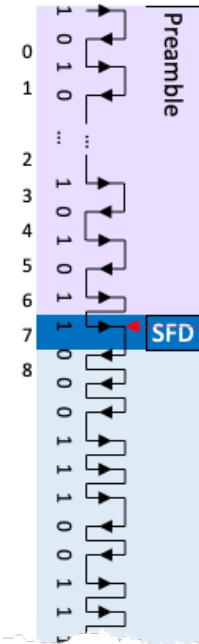
Layer 1

Ethernet

Packet

min 72 Byte

max 1530



Layer 2

Ethernet II

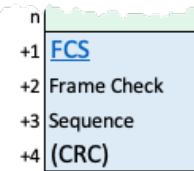
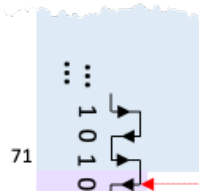
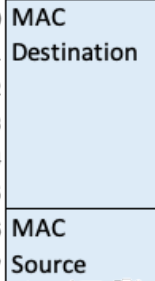
Frame

100 Mb/s

slotTime: 512 Bits @
interFrameGap: 12 I

SFD gehört laut Star

10101010



Vorb

Sync: Allgemeines

Encoding

Topologie-Änderungen werden nach jeder „Announce-Message“ bemerkt

Media Clock

Offset und Drift werden in jedem Sync-Intervall angepasst

Master Clock

Synchronisation

Verzögerungen (Delay-Wert) werden in jedem Verzögerungsintervall berechnet

QoS

Ankündigungs- („Announce“), Sync- und Verzögerungs- (Delay)-intervalle müssen nicht identisch sein (und sind es oft auch nicht)

Transport

Session
Description

Connection
Management

Discovery

AoIP Timing: Synchronisation

Encoding

Media Clock

Master Clock

Synchronisation

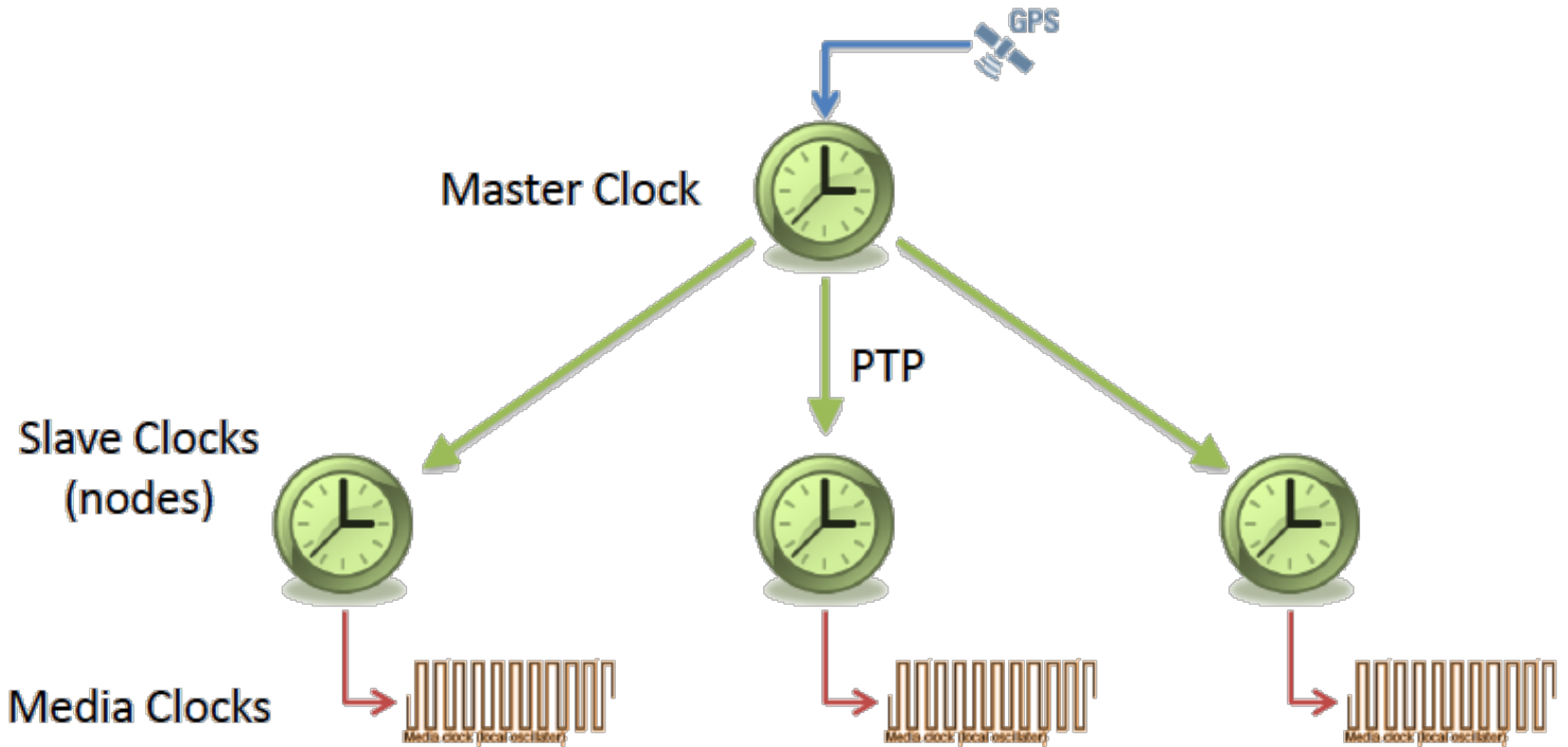
QoS

Transport

Session Description

Connection Management

Discovery



PTPv2 und PTPv2.1

Encoding

Media Clock

Master Clock

Synchronisation

QoS

Transport

Session
DescriptionConnection
Management

Discovery

- Was wird derzeit überall verwendet?
- Was ist dazu gekommen in PTPv2?
- Welche Möglichkeiten eröffnen sich bzw. welche Probleme aus v1 werden beseitigt?
- Was bringt v2.1 für Verbesserungen?
- Laufen Geräte, die heute v2 unterstützen, auch mit v2.1 weiter bzw. „verstehen“ sich die Geräte?

HSMW Dante: [hsmw_Dante_2022-03-09.pcapng](#).

- Welche MAC-Adresse hat die Grandmaster-Uhr?

Layer 5 - 7

PTP

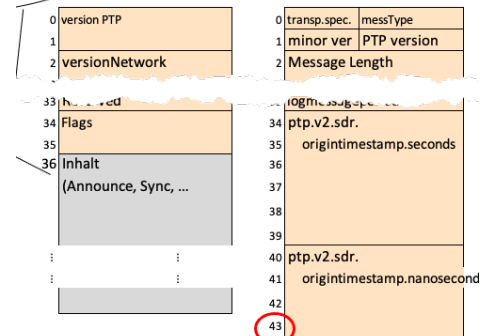
Precision Time Protocol

PTPv2

Precision Time Protocol

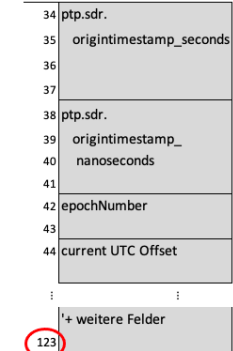
Ports: UDP 319, 320

Ports: UDP 319, 320



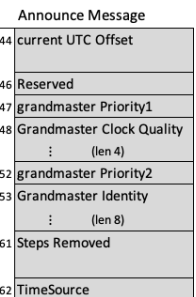
mögliche Nachrichten:

Sync Message



Hier enden
Sync, Delay_Request, Delay_Response,
Peer_Delay_Req,

mögliche Nachrichten:



QoS - „Quality of Service“

Encoding

Media Clock

Master Clock

Synchronisation

QoS

Transport

Session
DescriptionConnection
Management

Discovery



Layer 3 (Network)

IPv4-Paket

IPv6-Paket

(Ethernettype 0x800)

für Echtzeitdaten:
=46 für "Expedited Forwarding"
= beschleunigte Weiterleitung

gibt Headerlänge in
4-Byte-Schritten an,

0	Version	IHL (Header Len)
1	DiffServ 6 Bit	ECN
2	Total Length	
3	Länge Paket (Header + Payload)	
4	Identification (zusammen mit	

0	4Bit Version	8 Bit Traffic...
1	...Class	20 Bit...
2	Flow Label	
3	(ident group of packets)	
4	Payload Length (16 Bit)	

- Welche Tags sind bei IPv4 und IPv6 verantwortlich?
- Einstellungen in Switch
- typische Werte für PTP-Paket, Datenframe, ...
- HSMW Dante: Welche Werte stehen in PTP-Paket und Datenpaket? Dazu Datei `hsmw_Dante_2022-03-09.pcapng` verwenden.

Layer-4-Protokolle (UDP, TCP)

- Encoding
- Media Clock
- Master Clock
- Synchronisation
- QoS
- Transport**
- Session Description
- Connection Management
- Discovery

Broadcast, Multicast, Unicast

Netz- und Subnetzmasken (IPv4, fakultativ IPv6)

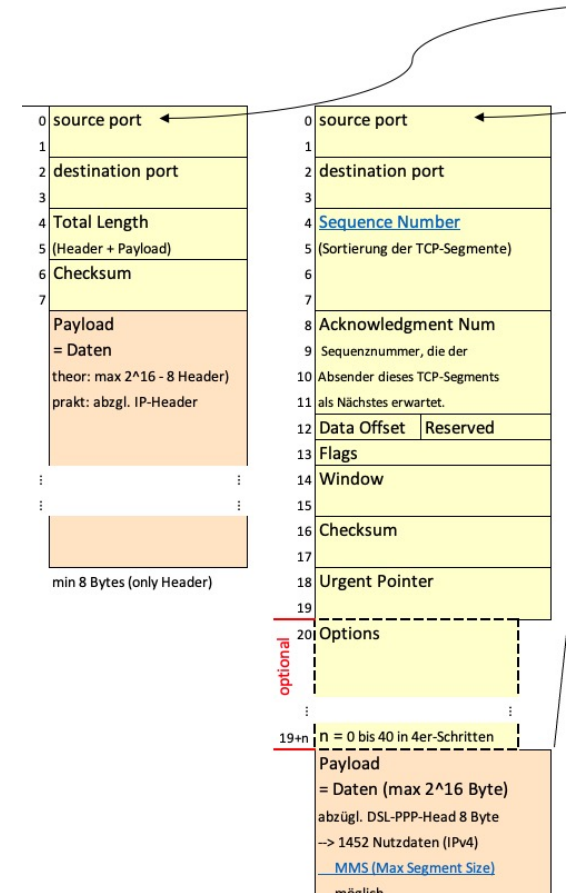
Eigentlich Layer 5: Grobe Funktion Adressvergabe über DHCP

Layer 4 (Transport)

UDP

TCP

[User Datagram Protocol](#)



Layer 5-Protokolle

Encoding

Media Clock

Master Clock

Synchronisation

QoS

Transport

Session Description

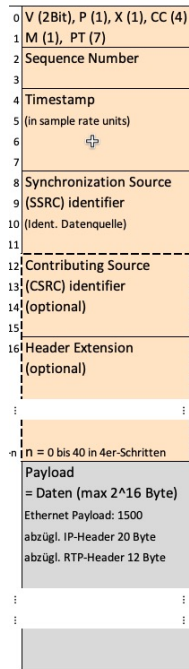
Connection Management

Discovery

RTP[Real-Time Transport Protocol](#)

Daten-Stream, sendet über UDP auf geradem Port

Port: gerade



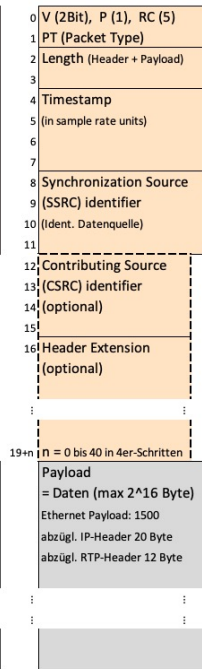
V: Version des RTP
 P: Padding
 X: Extension (Erweiter-Header vorhanden)
 CC: CSRC Count 4 Bit

RTCP[RTP Control Protocol](#)

periodischer Austausch von Steuernachrichten

sendet über TCP auf nächstem ungeradem Port

Port: ungerade



V: Version P: Padding
 RC: Report Counter
 (Anzahl Reports in diesem Paket)

Message types:

RTSP[Real-Time Streaming Protocol](#)

used for establishing and controlling media sessions

("play, record and pause") nutzt TCP, manchmal UDP

Port: 554

Datentransport über RTP und RTCP
 = Real-Time Transport (Control) Protocol,
 Spezifikation RFC 3550

- Aufbau (Paket, Paketgrößen)
- Formate für Audio und Video)
- Zusammenhang mit Protokoll RTSP (Real-Time Streaming Protocol)
- Inhalt eines RTP-Pakets, z.B. Encoding L16, L24
- Abstraten, Sampleanzahlen im Stream und daraus folgende Übertragungsbandbreiten



Session Description = Sitzungsbeschreibung

Encoding

Media Clock

Master Clock

Synchronisation

QoS

Transport

**Session
Description**

Connection
Management

Discovery

SDP (Session Description Protocol nach RFC 4566):

- Kodierungsformat
- Paketaufbau (d. h. Bits pro Abtastung, Abtastfrequenz, Anzahl der Kanäle im Stream, Anzahl der Abtastungen im Paket)



@dasgesetzderanziehung

Geräte-Erkennung und -Verwaltung

Encoding

Welche Möglichkeiten bieten interoperable Standards wie AES67, Milan und Systeme wie Ravenna und Dante?

Media Clock

SAP (Session Announcement Protocol) verteilt die Beschreibung der einzelnen Streams im Netzwerk.

Master Clock

- Verhalten im Netzwerk (einmalig, periodisch)

Synchronisation

Vergleich zu SIP (Session Initiation Protocol), z.B. Anzahl der Endpunkte

QoS

Transport

Session
Description

Connection
Management

Discovery

Neuer Stream verfügbar!!!

