

# Seminararbeit

stud. el. Felix Held

## Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. K. D. Müller-Glaser

Prof. Dr.-Ing. J. Becker

Prof. Dr. rer. nat. W. Stork

## Betreuer

Dipl.-Ing. Carsten Tradowsky

Dipl.-Ing. Michael Dreschmann

Institut für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV)

# Digitale Audio-, Video- & Licht- Kommunikationsprotokolle in der Veranstaltungstechnik

# Einleitung

- Anwendungsbereiche:
  - Tonstudios
  - Konzerte/Liveshows
  - Konferenzzentren
  - Kunstinstallationen (z.B. ZKM)



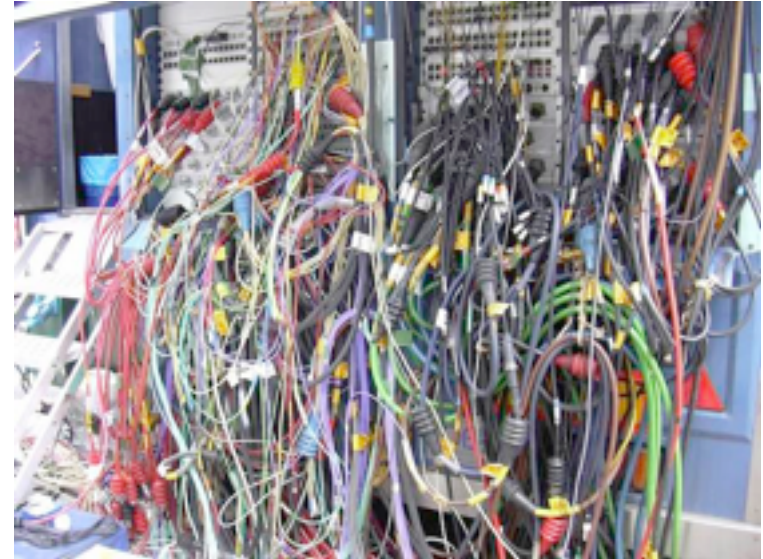
# Analoge Signalverteilung

## ■ Vorteile:

- verbreitet und bewährt
- herstellerunabhängig

## ■ Nachteile:

- Qualitätsverlust
  - Rauschen, Übersprechen
  - Masseschleifen
- Umverdrahtung aufwendig
- ein Kabel pro Kanal -> potentiell unübersichtlich



## ■ Abmilderung einiger Nachteile:

- gut geschirmte Kabel
  - aber: teuer
- differentielle Signalübertragung

# Digitale Signalverteilung

- Vorteile:
  - verlustfreie Übertragung
  - mehr als ein Signal pro Kabel möglich
  - synchronisierte Wiedergabe von Audio, Video und Licht
  
- Probleme:
  - Taktverteilung
  - Latenz
  - Synchronisation
  - teilweise Herstellerabhängigkeit bei neueren Schnittstellen

# Digitale Signalverteilung - Taktverteilung

- einfachster Fall: quellsynchrone Signale
  - aber: Geräte haben oftmals mehr als eine Signalquelle
    - Takte der Quellen unabhängig
    - Quarzoszillatoren nicht perfekt
    - -> Zeitbasen driften auseinander
  
- Lösung: genau eine Masterclock innerhalb einer Installation
  - komplett synchrones Design
  - keine Clock Drift
  - keine Phasenverschiebungen
  - zwischen Geräten nur noch Übertragung der Daten

# Digitale Signalverteilung - Latenz

- AD/DA-Wandlung
  - Sigma-Delta-Wandler: typ. Verzögerung von 20-30 Samples
  
- paketorientierte Übertragung:
  - kontinuierlicher Datenstrom benötigt
    - höchstens Garantie der maximalen Latenz
    - Puffer im Empfänger
  - Reduktion der Latenz: möglichst kleine Puffer
  - aber: konstanter Overhead pro Paket
  - bei AVB: 6 Samples
  
- Verarbeitung in Blöcken:
  - kleinere Blöcke -> größerer Gesamtrechenaufwand

# Digitale Signalverteilung - Synchronisation

- Synchronisation von Audio, Video und Licht
  - MIDI- oder SMPTE-Timecode

# Digitale Signalverteilung - verbreitete Schnittstellen

- Audio:
  - AES/EBU == AES3 (entspricht etwa S/PDIF)
  - ADAT
  - MADI == AES10
- Video:
  - SDI
- Audio/Video:
  - Firewire
- Licht:
  - DMX



# Audio Video Bridging (AVB)

- Audio, Video und Steuerdaten in Echtzeit über Netzwerk
- Vorteil:
  - geringer Verkabelungsaufwand
  - einfache Änderung des Signalflusses
  - flexibel und erweiterbar
  - bewährte Technik -> günstig
- Sammlung von IEEE-Standards
  - setzt auf bestehende Standards und Technik
    - Erweiterung des IEEE 802.1 Standards
  - Zeitsynchronisation und Reservierung von Bandbreite
  - Infrastruktur und Transportformate

# Terminologie

- Endpoint
  - Talker
  - Listener
  
- Bridge
  
- Domain (früher “Cloud”)
  
- Stream

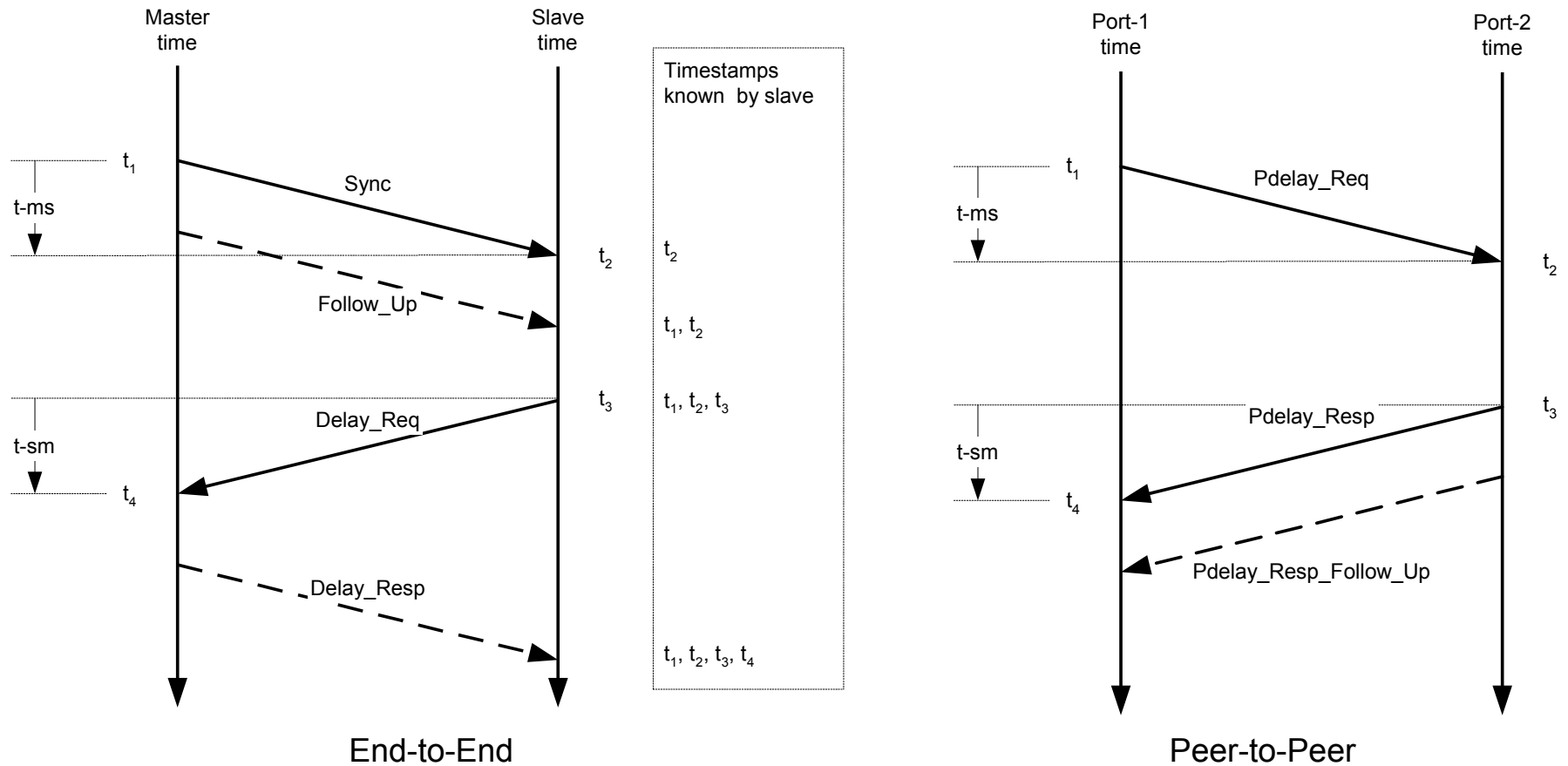
# Audio Video Bridging Systems (IEEE 802.1BA)

- Randbedingungen für den Betrieb eines AVB-Systems
- minimale Anforderungen für AVB-Hardware
  - Zeitsynchronisation (IEEE 802.1AS)
  - Priorisierung, Quality of Service (IEEE 802.1Q, SRP)
  - 100MBit/s full duplex Ethernet
- maximale Latenzen
- maximal 7 Hops bei 100MBit/s-Netzwerken
  - bei mehr werden Latenz und Jitter zu groß
  - bei 1GBit/s maximal 14 Hops
- nur AVB-fähige Geräte in einer AVB-Domäne

# Zeitsynchronisation (IEEE 802.1AS)

- Anwendung des Precise Timing Protocol (PTP) (IEEE 1588)
  - bewährt
    - Industrieanlagen
    - Messsysteme
    - Börsenhandel
  
- Allerdings: spezielle Hardwareunterstützung erforderlich
  - auf MAC-Ebene
    - Zeitstempel für Pakete
    - Generierung von Antwortpaketen
  - AVB: alle Switches müssen 802.1AS unterstützen
    - Verringerung der Jitters

# Zeitsynchronisation (IEEE 1588)



Bildquelle: IEEE Std. 1588-2008

$$\text{offset} = (t_{ms} + t_{sm})/2$$

# Zeitsynchronisation (IEEE 1588)

- PTPv1: Boundary Clock
- PTPv2: Transparent Clock
  - Hardwareunterstützung im Switch notwendig
- End-to-End Synchronisation
- Peer-to-Peer Synchronisation

# Bandbreitenreservierung (IEEE 802.1Qat)

- garantierte Bandbreite und Latenz notwendig
- Erweiterung des Standards für VLANs, Priorisierung & QoS (IEEE 802.1Q)
  - Priorisierung allein unzureichend
  - garantierte Bandbreite und Latenz notwendig
- Stream Reservation Protocol (SRP)
  - Bandbreitenreservierung
    - Multiple Stream Registration Protocol (MSRP)
    - Priorisierung einzelner AVB-Datenströmen möglich
      - Fall: Ausfall einer Netzwerkverbindung
  - VLANs auf mehreren Switches
    - Multiple VLAN Registration Protocol (MVRP)
  - Multicast mit mehreren Switches
    - Multiple MAC Registration Protocol (MMRP, optional)

# Traffic-Shaping (IEEE 802.1Qav)

- Problem:
  - Bursts
    - alle  $n$  Samples schicken alle Geräte ihre gesammelten Samples los
  - Pakete müssen in Switches ggf. verworfen werden
    - Aussetzer in den Streams
- Leaky-Bucket-Algorithmus
  - maximale Rate, mit der gesendet werden darf
- mehrere Queues für verschiedene Prioritäten



# Audio Video Transport Protocol (AVTP) (IEEE 1722)

- Interoperabilität von Geräten gewünscht
  - Standard zur Übertragung Audio, Video und Steuerdaten benötigt
- Nutzung der vorhandenen präzisen Zeitinformation
  - Verknüpfung mit den Zeitstempeln der Datenpakete
- verschiedene Datenformate spezifiziert
  - Audio/Video über Firewire (IEC 61883)
  - MJPEG

# IEEE 1733

- Erweiterung des Real Time Control Protocol (RTCP)
  - Payload für RTP
- Korrelation der Zeitstempel von IEEE 802.1AS und RTP
- Verpackung des IEEE 1722 Payload in RTP

# Discovery, Enumeration, Connection-management and Control (AVDECC) (IEEE 1722.1)

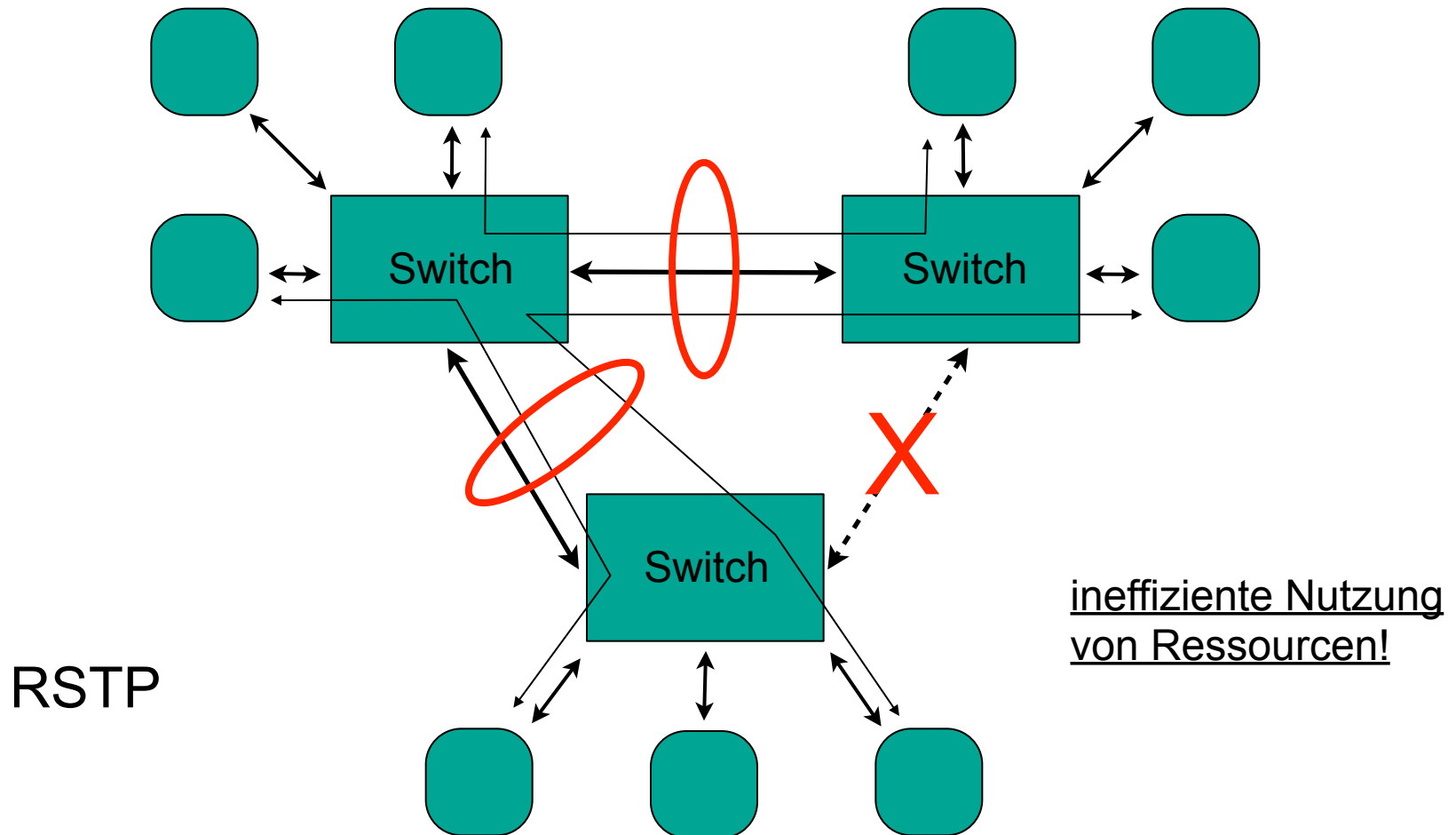


- Geräte müssen einander finden können
  - -> AVDECC Discovery Protocol (ADP)
  
- Verbindungsaufbau
  - -> AVDECC Connection Management Protocol (ACMP)
  
- Beschreibung und Steuerung der Geräte
  - -> AVDECC Enumeration and Control Protocol (AECp)
  
- basiert auf Firewire AV/C

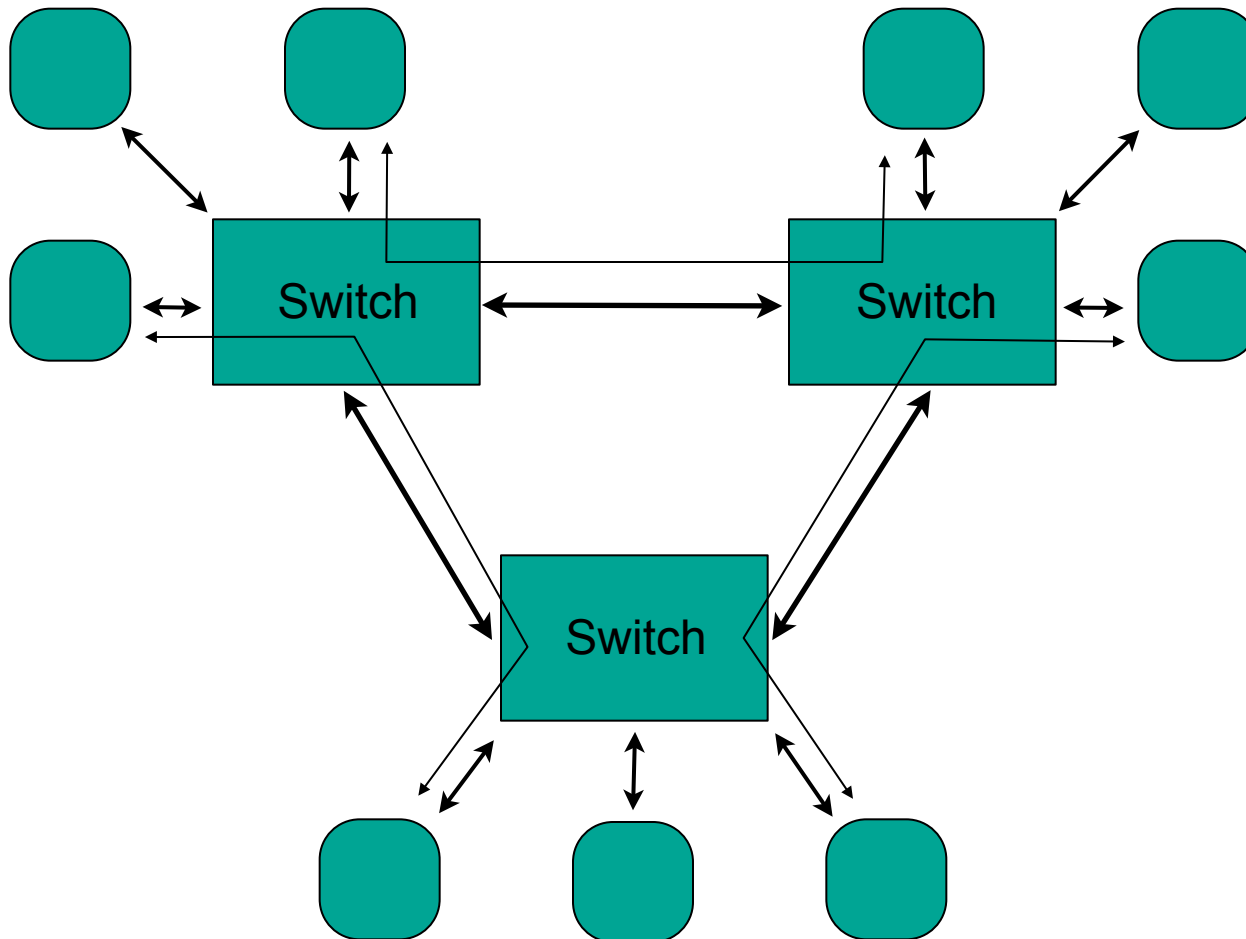
# Mögliche Erweiterungen/Weiterentwicklungen

- Spezifikation eines Steuerkanals für beliebige Geräte
  - "AVB Control Streams"
    - Audio-Effektparameter
    - Steuerung von Verstärkern
    - Lichtsteuerung
    - Steuerung von beweglichen Bühnenelementen
    - wird in IEEE 1722a nachgereicht
  
- AVB-Installationen mit mehreren Switches:
  - Shortest Path Bridging (SPB) statt Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP)
    - Protokolle zwischen Switches
    - Endgeräte unverändert
    - SPB wird in den Standard, der RSTP beschreibt, aufgenommen

# Rapid Spanning Tree Protocol vs. Shortest Path Bridging



# Rapid Spanning Tree Protocol vs. Shortest Path Bridging



SPB

# Zusammenfassung

- analoge Signalverteilung
  - aktuell noch Standard
  - hat Nachteile
  
- digitale Signalverteilung
  - löst einige Probleme der analogen Signalverteilung
  
- Untersuchung von Audio Video Bridging als möglicher digitaler Standard für Signalverteilung im Veranstaltungsbereich
  - Netzwerk
  - IEEE-Standard
  - setzt auf Bewährtes
    - geringe Kosten
  - stellt Infrastruktur bereit -> gut erweiterbar
    - zur Synchronisation beliebiger Protokolle nutzbar

# Ausblick

- Audio Video Bridging wird sich als Standard für große Audioinstallationen durchsetzen
- Steuerung kompletter Shows über ein einziges Kabel und eine Protokollfamilie möglich
- Verdrängung von proprietären Insellösungen



# Fragen?

# Bildquellen

- [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6f/Intermediapost\\_Recording\\_Studio.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6f/Intermediapost_Recording_Studio.jpg)
- [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/38/U2\\_360\\_Tour\\_Croke\\_Park\\_2.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/38/U2_360_Tour_Croke_Park_2.jpg)
- <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1e/StudioWiring.jpg>
- IEEE Std. 1588