

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)



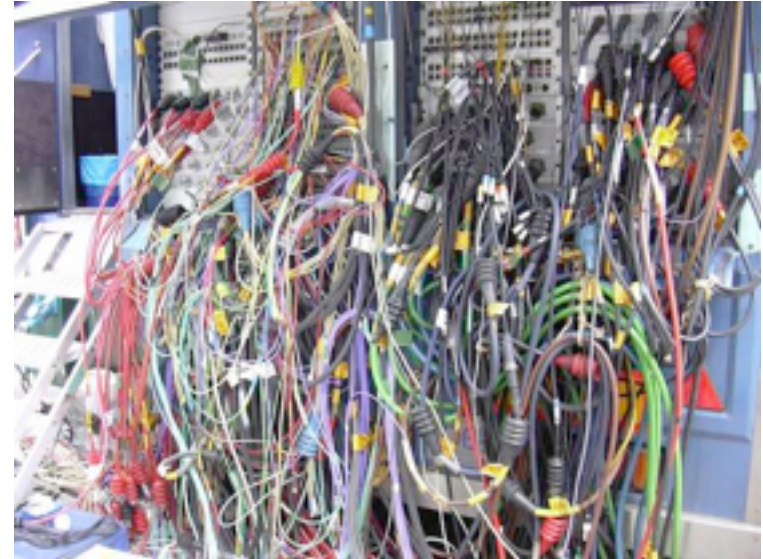
Analoge Signalverteilung

■ 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)

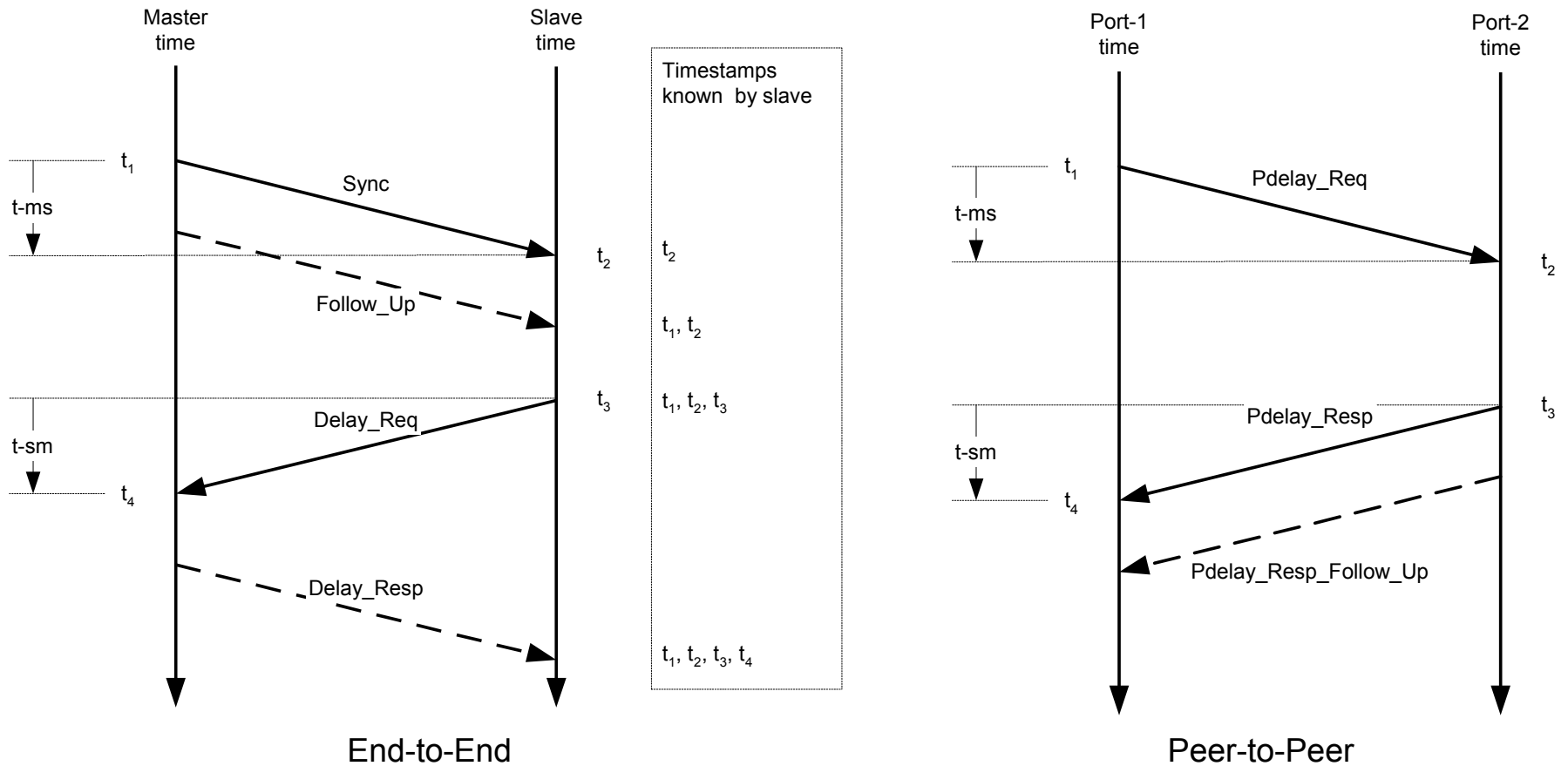
- Randbedingungen für den Betrieb eines AVB-Systems
- minimale Anforderungen für AVB-Hardware
 - Zeitsynchronisation (IEEE 802.1AS)
 - Priorisierung, Quality of Service (IEEE 802.1Q, SRP)
 - 100MBit/s full duplex Ethernet
- maximale Latenzen
- maximal 7 Hops bei 100MBit/s-Netzwerken
 - bei mehr werden 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 Switche 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
 - Verweildauer im Switch wird von selbigem herausgerechnet

- End-to-End Synchronisation
 - Empfänger korrigiert Zeitstempel

- Peer-to-Peer Synchronisation
 - Sender korrigiert Zeitstempel

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 (AECMP)

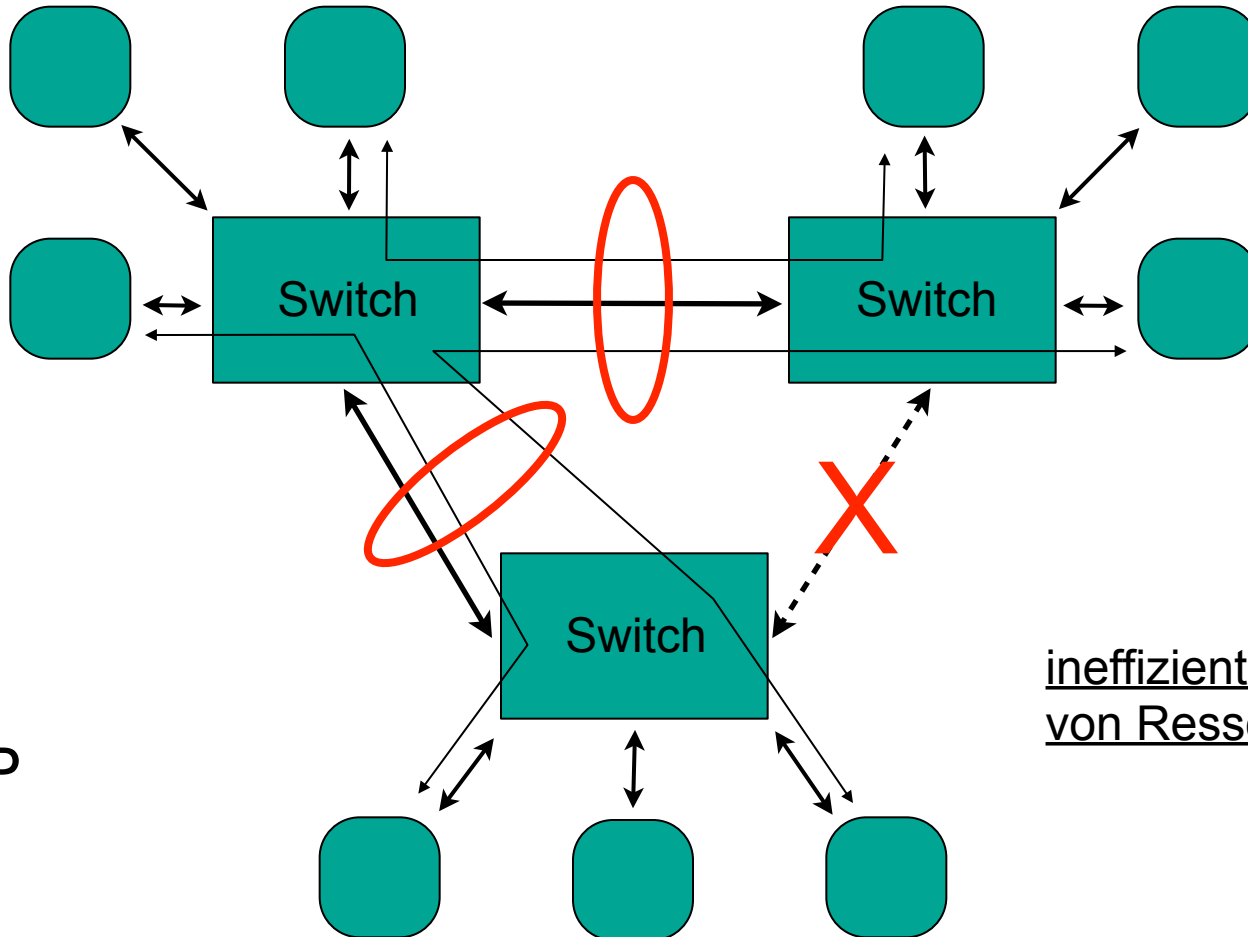
- basiert auf Firewire AV/C

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

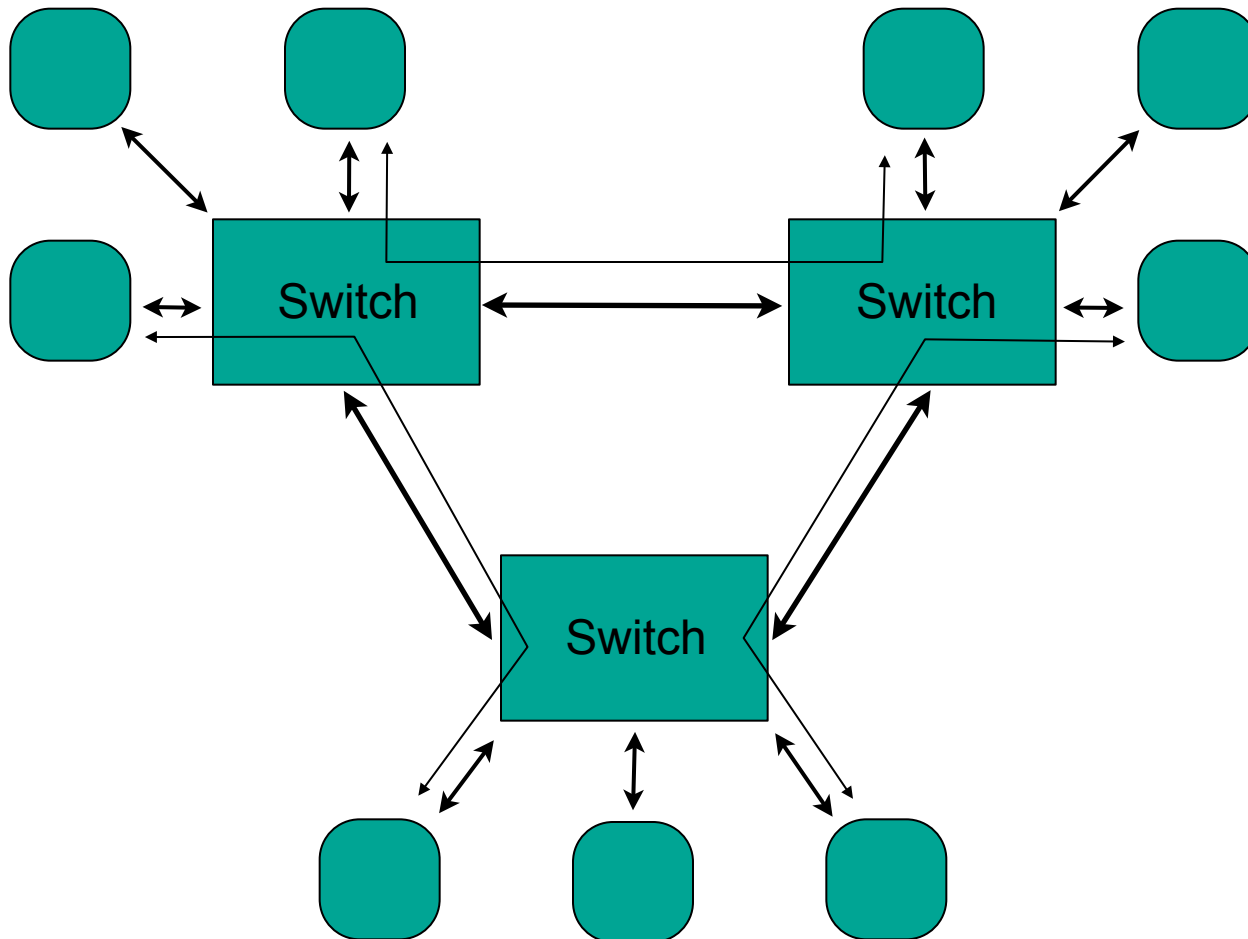
Rapid Spanning Tree Protocol vs. Shortest Path Bridging



RSTP

ineffiziente Nutzung von Ressourcen!

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/3/38/U2_360_Tour_Croke_Park_2.jpg
- <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1e/StudioWiring.jpg>
- IEEE Std. 1588