

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

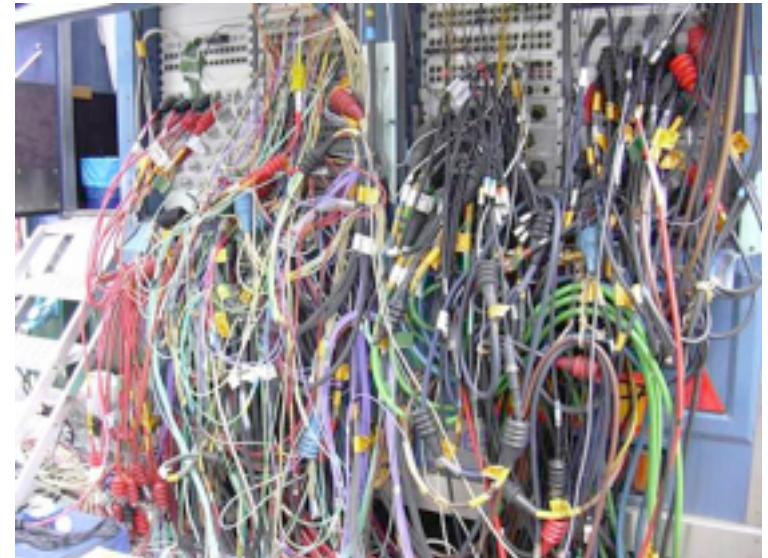
Einleitung

- 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

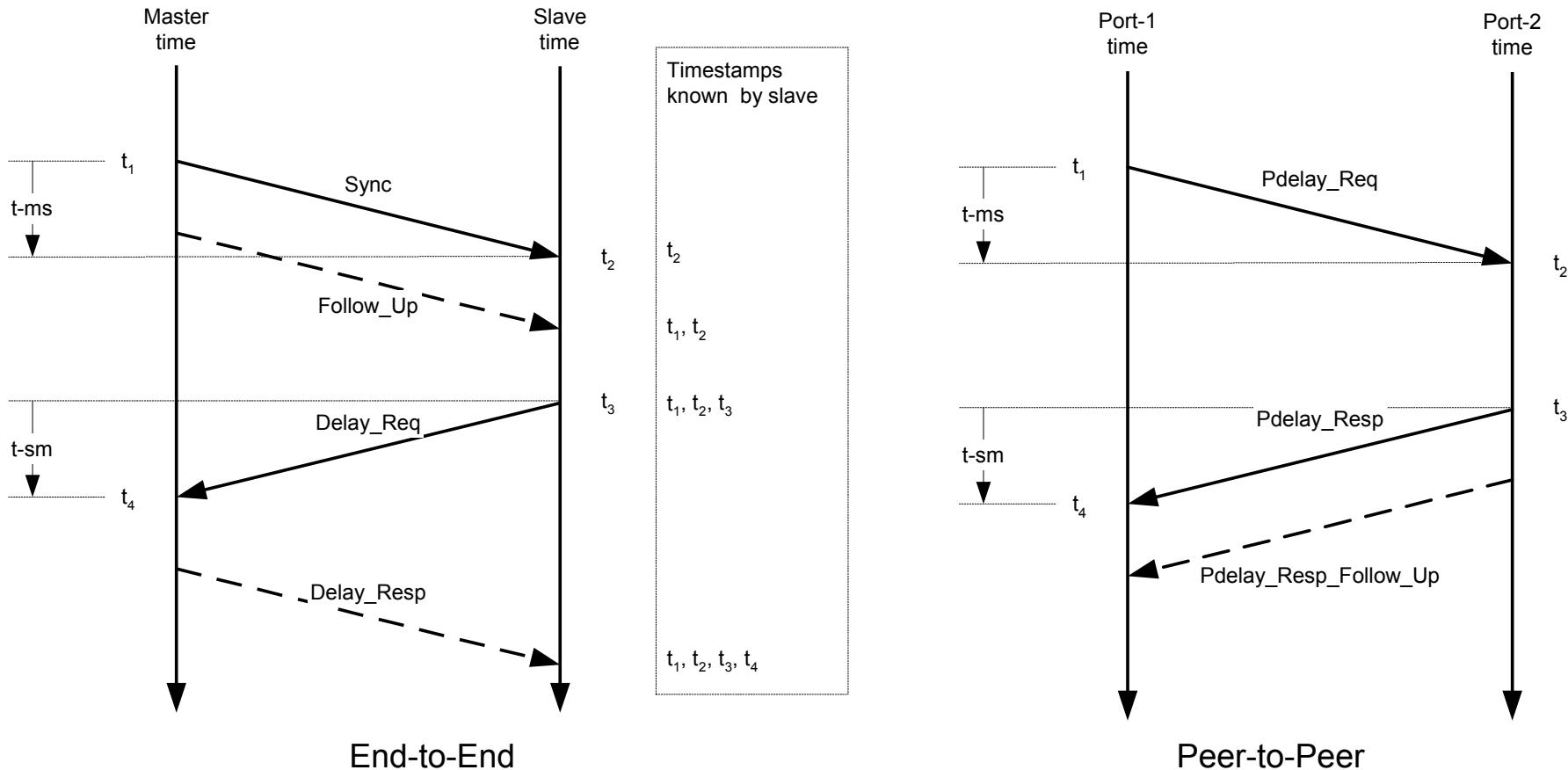
Audio Video Bridging Systems (IEEE 802.1BA)

- 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

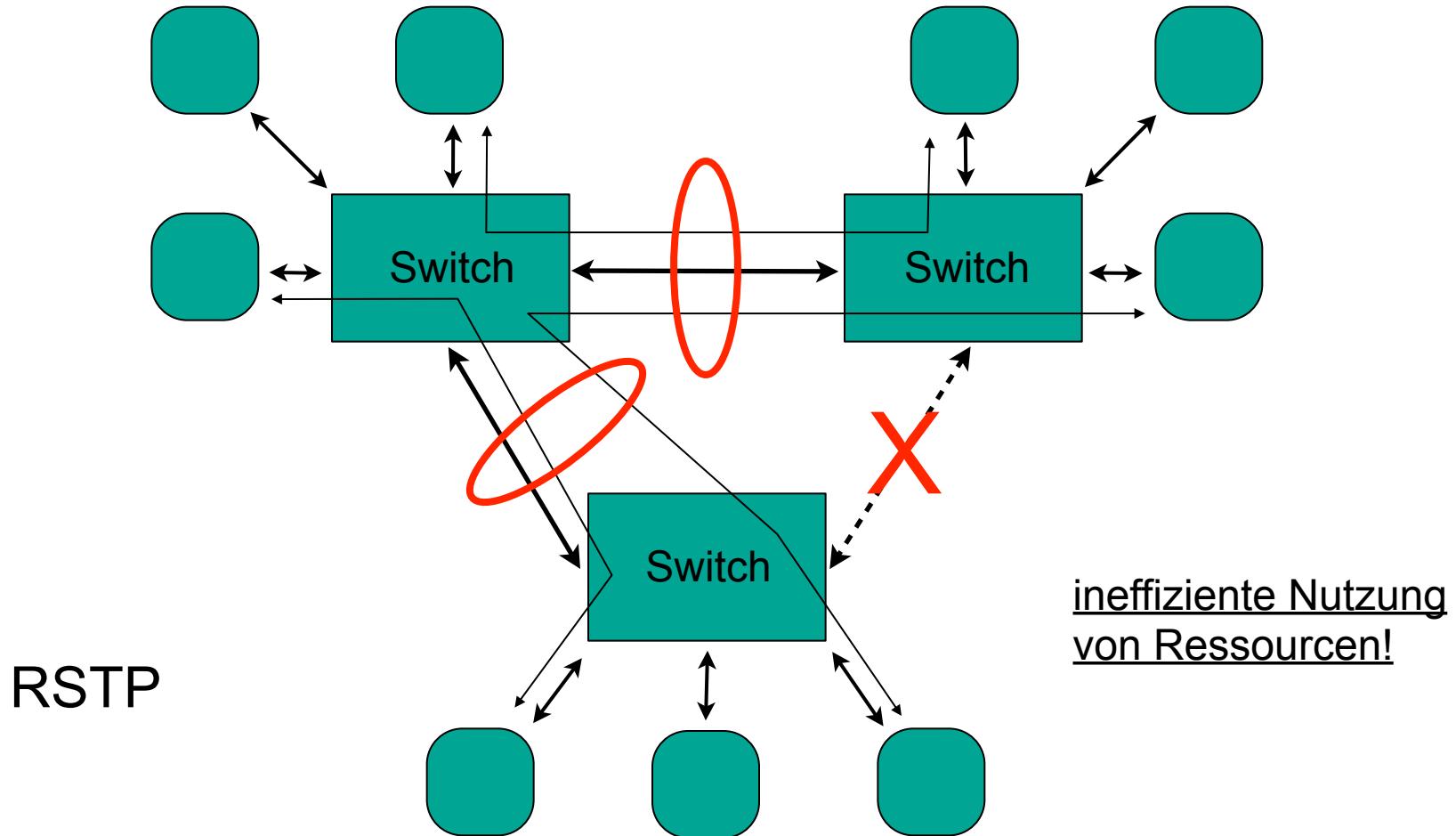
Discovery, Enumeration, Connection-management and Control (AVDECC) (IEEE 1722.1)

- 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

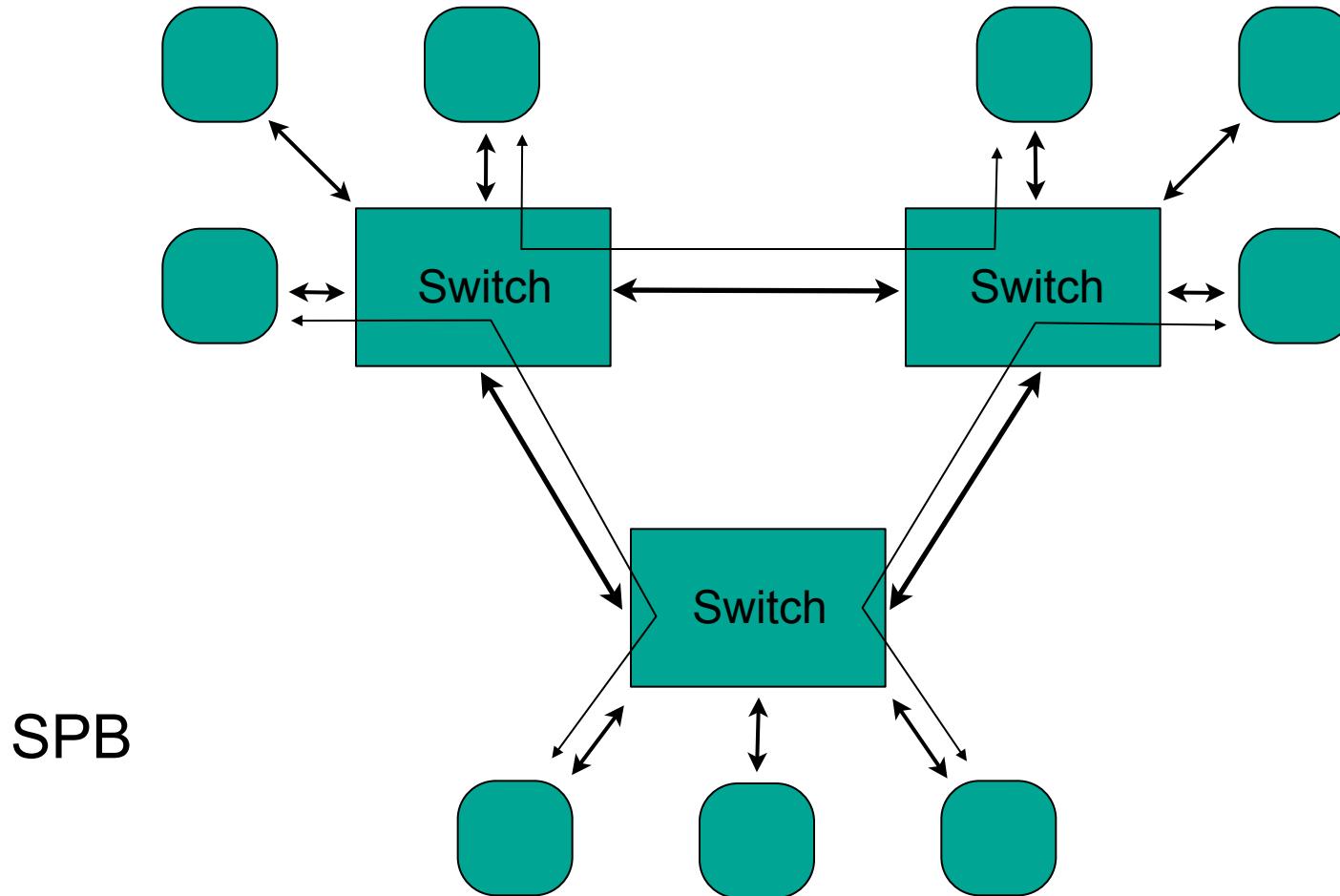
Mögliche Erweiterungen/Weiterentwicklungen

- 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



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