

Time-Sensitive Networking

Synchrones Ethernet mit PTP

Die Netze sind im Umbruch. Moderne Mobilfunktechnologien und die industrielle Fertigung stellen hohe Anforderungen hinsichtlich der Synchronisation in Paketnetzen. Mit Synchronous Ethernet und dem Precision Time Protocol (PTP) stehen zwei sehr verschiedene Technologien zur Verfügung, doch welcher Ansatz ist besser? Aus Carrier-Sicht ist eine Kombination aus beiden sinnvoll. Erweitert wird das Konzept durch das Time Sensitive Networking (TSN). Es bietet einen umfangreichen Katalog an Lösungen für höchste Anforderungen an QoS.

Kursinhalt

- Taktvergabe in Netzen
- Frequenz- und Phasensynchronität
- IEEE 1588v2 PTP – Precise Time Protocol
- Uhrentypen: Master, Boundary Clock, Transparent Clock, Ordinary Clock
- Protokollablauf der Zeitvergabe, Message Types
- Security bei PTP
- Synchronous Ethernet, ITU-T G.8262
- Regeln der Taktvergabe
- Time Protection bei SyncE
- Time Sensitive Networking (TSN)
- Stream Reservation Protocol
- Path Control und Redundancy

E-Book Sie erhalten das ausführliche deutschsprachige Unterlagenpaket aus der Reihe ExperTeach Networking – Print, E-Book und personalisiertes PDF! Bei Online-Teilnahme erhalten Sie das E-Book sowie das personalisierte PDF.

Zielgruppe

Dieser Kurs wendet sich an Mitarbeiter der Carrier, Enterprise-Network-Betreiber und Internet Service Provider. Auch Nutzer von Netzen mit hohem Datenaufkommen werden gezielt angesprochen, indem ein Überblick zur Marktlage und zu den Entwicklungstrends gegeben wird.

Voraussetzungen

Gute Kenntnisse der Synchronous Digital Hierarchy – Netze, Alarmer, Protection erleichtern das Verständnis. Hilfreich sind zudem Grundkenntnisse im Bereich der optischen Signalübertragung.

Dieser Kurs im Web



Alle tagesaktuellen Informationen und Möglichkeiten zur Bestellung finden Sie unter dem folgenden Link: www.experteach.de/go/SYNE

Vormerkung

Sie können auf unserer Website einen Platz kostenlos und unverbindlich für 7 Tage reservieren. Dies geht auch telefonisch unter 06074 4868-0.

Garantierte Kurstermine

Für Ihre Planungssicherheit bieten wir stets eine große Auswahl garantierter Kurstermine an.

Ihr Kurs maßgeschneidert

Diesen Kurs können wir für Ihr Projekt exakt an Ihre Anforderungen anpassen.

Training		Preise zzgl. MwSt.	
Termine in Deutschland	3 Tage	€ 2.195,-	
Online Training	3 Tage	€ 2.195,-	
Termin/Kursort	Kursprache Deutsch		
03.05.-05.05.23	Frankfurt	30.10.-01.11.23	Frankfurt
03.05.-05.05.23	Online	30.10.-01.11.23	Online

Stand 24.02.2023



Inhaltsverzeichnis

Time-Sensitive Networking – Synchrones Ethernet mit PTP

- 1 **Taktung – warum?**
 - 1.1 Anforderungen – ein paar Takte zur Taktung
 - 1.2 Anforderungen
 - 1.3 Ethernet und Taktung bisher
 - 1.3.1 SDH als Referenz
- 2 **Was ist Synchronität?**
 - 2.1 Taktgenauigkeit
 - 2.2 Taktquellen
 - 2.3 Taktverhalten – „As time goes by.“
- 3 **Taktvergabe – „Wem die Stunde schlägt...“**
 - 3.1 Regeln – Wer taktet wen?
 - 3.1.1 Takt-Hierarchien
 - 3.1.2 Takt und Redundanz
 - 3.2 Aufbau einer PRC
- 4 **Synchronous Ethernet, SyncE, G. 8262, G. 8264**
 - 4.1 Prinzip
 - 4.1.1 TDM über Ethernet
 - 4.1.2 Ethernet Equipment Clock (EEC), G. 8262
 - 4.1.3 Synchronization Supply Unit (SSU)
 - 4.1.4 Synchronization Reference Chain, G. 803 – Aufbau
 - 4.1.5 Synchronization Reference Chain, G. 803 – Länge
 - 4.2 Taktverteilung
 - 4.2.1 Aufbau eines SyncE Netzelementes, G. 8262,
 - 4.2.2 ESMC – Ethernet Synchronization Messaging Channel, G. 8264
 - 4.3 SyncE und Mobilfunk
 - 4.3.1 Timing Paths der Frequenzverteilung
 - 4.3.2 SyncE über WDM
 - 4.4 SyncE und Metro Ethernet Forum
 - 4.5 Hybride Netze: SyncE und IEEE 1588v2
 - 4.6 PTSF – Packet Timing Signal Failure
 - 4.7 Protection bei Taktung
 - 4.7.1 Ausfall
 - 4.7.2 Protection
- 5 **Taktung nach IEEE 1588v2, G.8265.1**
 - 5.1 Taktung nach IEEE 1588
 - 5.1.1 Uhren und Aufgaben
 - 5.1.2 Uhren und Netzdesign
 - 5.2 Abläufe im Überblick
- 5.3 PTP Telecom Profile, G.8265
 - 5.3.1 Korrektur des Offset
 - 5.3.2 Messen des Delay
 - 5.3.3 Delay-Request-Response, Teil 1
 - 5.3.4 Delay-Request-Response, Teil 2
 - 5.3.5 Peer-Delay
 - 5.3.6 Transparent Clock Peer-to-Peer
 - 5.3.7 Transparent Clock End-to-End
 - 5.3.8 Boundary Clock (BC)
- 5.4 PTP im Detail
 - 5.5 Takt-Topologien
 - 5.5.1 Hierarchische Topologie
 - 5.5.2 Lineare Topologie
 - 5.5.3 Multiple Connected Topology
 - 5.5.4 Quality Level für PTP, G.781
 - 5.6 PTP Domains
 - 5.7 PTP Monitoring – ein Beispiel
 - 5.8 Security und Synchronität
 - 5.8.1 Gefahren für die Slaves
 - 5.8.2 Gefahren für den Master
 - 5.8.3 Gefahren für Boundary und Transparent Clocks
 - 5.8.4 MACsec – Verschlüsseln auf Layer 2
- 6 **Time Sensitive Networking (TSN)**
 - 6.1 Time Sensitive Networking – IEEE 802.1 TSN
 - 6.1.1 TSN für (teil)autonomes Fahren
 - 6.1.2 Überblick wichtiger Standards
 - 6.1.3 TSN Basiswissen
 - 6.1.4 Ein Beispiel
 - 6.2 Basis: Precise Synchronization IEEE 802.1AS
 - 6.2.1 Zeit und Präzision
 - 6.2.2 Clock Synchronization Services
 - 6.2.3 Fehlerfall: Switch und Endgerät
 - 6.2.4 Redundante Synchronität, 802.1ASbt
 - 6.2.5 Transmission Order
 - 6.3 Traffic Types des Industrial Internet Consortium (IIC)
 - 6.3.1 Isochronous (Traffic Type I)
 - 6.3.2 Cyclic (Traffic Type II)
 - 6.3.3 Alarms & Events (Traffic Type III)
 - 6.3.4 Configuration & Diagnostics (Traffic Type IV)
 - 6.3.5 Network Control (Traffic Type V)
 - 6.3.6 Best Effort (Traffic Type VI) und weitere
 - 6.4 TSN Netze
 - 6.5 Forwarding und Queueing
 - 6.5.1 Cyclic Queueing and Forwarding (CQF)
 - 6.5.2 Priority and Weighted Queueing
 - 6.5.3 Credit Based Shaping (802.1Qav)
 - 6.5.4 Preemption und Interspersing Express Traffic 802.3br
 - 6.5.5 Frame Formate im Überblick
 - 6.5.6 Time-Aware Shaper, IEEE 802.1Qbv
 - 6.5.7 Guard Band
 - 6.5.8 Zeitlich gesteuerte Gates, 802.1Qbv
 - 6.5.9 Per Stream Filtering and Policing (PSFP)
 - 6.5.10 Input Gates, P802.1Qci
 - 6.5.11 Admission Control, IEEE 802.1Qat
 - 6.5.12 SRP: Talker und Listener
 - 6.5.13 Listener und Domain
 - 6.5.14 TSN Streams identifizieren
 - 6.5.15 Stream Reservation Protocol (SRP), 802.1Qcc
 - 6.6 Path Control and Redundancy, 802.1Qca
 - 6.6.1 IS-IS
 - 6.6.2 Die Basis: Provider Backbone Bridging – 802.1ah
 - 6.6.3 IS-IS Routing im Ethernet
 - 6.6.4 Shortest Path Bridging, 802.1aq
 - 6.6.5 Path Control & Reservation (PCR), RFC 7813
 - 6.6.6 Path Computation
 - 6.6.7 Path Computation centralized
 - 6.7 Seamless Redundancy, IEEE 802.1CB
 - 6.7.1 Parallel Redundancy Protocol, IEC 62439-3
 - 6.7.2 PRP Netzelement
 - 6.8 TSN Systems
 - 7 **Fehler erkennen**
 - 7.1 Fehlerquellen
 - 7.1.1 Jitter und Wander
 - 7.1.2 Jitter und Wander im Vergleich
 - 7.2 Meßtechnik
 - 7.2.1 Jitter
 - 7.3 Jitter – Generation, Transfer und Tolerance
 - 7.3.1 Jitter Generation: BERT scan und Bathtub, IEEE 802.3ae Annex 48B.3l
 - 7.3.2 Jitter Tolerance: Stressed Receiver Conformance Test, IEEE 802.3ae

