

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	
06.05.-08.05.24	Online	04.11.-06.11.24	Online
04.11.-06.11.24	Frankfurt		

Stand 30.04.2024



Inhaltsverzeichnis

Time-Sensitive Networking – Synchrones Ethernet mit PTP

1 Taktung – Warum?	5.5 Takt-Topologien	7.2.3 Fehlerfall: Switch und Endgerät
1.1 Anforderungen – Ein paar Takte zur Taktung	5.5.1 Hierarchische Topologie	7.2.4 Redundante Synchronität, 802.1ASbt
1.2 Anforderungen	5.5.2 Lineare Topologie	7.2.5 Transmission Order
1.3 Ethernet und Taktung bisher	5.5.3 Multiple Connected Topology	7.3 Traffic Types des Industrial Internet Consortium (IIC)
1.3.1 SDH als Referenz	5.5.4 Quality Level für PTP, G.781	7.3.1 Isochronous (Traffic Type I)
2 Was ist Synchronität?	5.6 PTP Domains	7.3.2 Cyclic (Traffic Type II)
2.1 Taktgenauigkeit	5.7 PTP Monitoring – Ein Beispiel	7.3.3 Alarms & Events (Traffic Type III)
2.2 Taktquellen	5.8 Security und Synchronität	7.3.4 Configuration & Diagnostics (Traffic Type IV)
2.3 Taktverhalten – „As time goes by.“	5.8.1 Gefahren für die Slaves	7.3.5 Network Control (Traffic Type V)
	5.8.2 Gefahren für den Master	7.3.6 Best Effort (Traffic Type VI) und weitere
	5.8.3 Gefahren für Boundary und Transparent Clocks	7.4 TSN Netze
3 Taktvergabe – „Wem die Stunde schlägt...“	5.8.4 MACsec – Verschlüsseln auf Layer 2	7.5 Forwarding und Queueing
3.1 Regeln – Wer taktet wen?	6 5G Mobilfunk und Synchronisation	7.5.1 Cyclic Queueing and Forwarding (CQF)
3.1.1 Takt-Hierarchien	6.1 Einblick in den 5G Mobilfunk	7.5.2 Priority and Weighted Queueing
3.1.2 Takt und Redundanz	6.1.1 5G New Radio im Überblick	7.5.3 Credit Based Shaping (802.1Qav)
3.2 Aufbau einer PRC	6.1.2 Der Aufbau eines 5G Netzes	7.5.4 Preemption and Interspersing Express Traffic 802.3br
4 Synchronous Ethernet, SyncE, G. 8262, G. 8264	6.1.3 OFDM – Multi Carrier Transmission	7.5.5 Frame Formate im Überblick
4.1 Prinzip	6.1.4 Skalierbare Bandbreiten	7.5.6 Time-Aware Shaper, IEEE 802.1Qbv
4.1.1 TDM über Ethernet	6.1.5 Anzahl der Resource Blocks (RB)	7.5.7 Guard Band
4.1.2 Ethernet Equipment Clock (EEC), G. 8262	6.1.6 5G Timing & Latenz-Zeiten	7.5.8 Zeitlich gesteuerte Gates, 802.1Qbv
4.1.3 Synchronization Supply Unit (SSU)	6.1.7 Network Slicing	7.5.9 Per Stream Filtering and Policing (PSFP)
4.1.4 Synchronization Reference Chain, G. 803 – Aufbau	6.1.8 Vom massive MIMO zum Beamforming	7.5.10 Input Gates, P802.1Qci
4.1.5 Synchronization Reference Chain, G. 803 – Länge	6.1.9 FDD und TDD im Vergleich	7.5.11 Admission Control, IEEE 802.1Qat
4.2 Taktverteilung	6.2 TDD und Zeitsynchronität	7.5.12 SRP: Talker und Listener
4.2.1 Aufbau eines SyncE Netzelementes, G. 8262,	6.2.1 Coordinated Multi Point (CoMP) und Sync.	7.5.13 Listener und Domain
4.2.2 ESMC – Ethernet Synchronization Messaging Channel, G. 8264	6.2.2 CoMP - Coordinated Multi Point im Campus	7.5.14 TSN Streams identifizieren
4.3 SyncE und Mobilfunk	6.2.3 Coordinated Scheduling/Coordinated Beamforming	7.5.15 Stream Reservation Protocol (SRP), 802.1Qcc
4.3.1 Timing Paths der Frequenzverteilung	6.2.4 Joint Processing	7.6 Path Control and Redundancy, 802.1Qca
4.3.2 SyncE über WDM	6.3 Störungen: Inter-Cell-Interference	7.6.1 IS-IS
4.4 SyncE und Metro Ethernet Forum	6.3.1 Slot Interference	7.6.2 Die Basis: Provider Backbone Bridging – 802.1ah
4.5 Hybride Netze: SyncE und IEEE 1588v2	6.3.2 Slot Interference zwischen DL und UL	7.6.3 IS-IS Routing im Ethernet
4.6 PTSF – Packet Timing Signal Failure	6.3.3 UL Interference messen	7.6.4 Shortest Path Bridging, 802.1aq
4.7 Protection bei Taktung	6.4 Synchronisation im 5G Radio Access Network (RAN)	7.6.5 Path Control & Reservation (PCR), RFC 7813
4.7.1 Ausfall	6.4.1 G.8271.1: Full Timing Support (FTS)	7.6.6 Path Computation
4.7.2 Protection	6.4.2 Assisted Partial Timing Support (APTS)	7.6.7 Path Computation centralized
	6.5 Synchronisation und Protection	7.7 Seamless Redundancy, IEEE 802.1CB
	6.5.1 Einfaches Konzept	7.7.1 Parallel Redundancy Protocol, IEC 62439-3
	6.5.2 Zeitoptimiert	7.7.2 PRP Netzelement
	6.5.3 Protection: Konzept 2	7.8 TSN Systems
	6.5.4 Ausfall des Masters – wie erkennen?	
	6.5.5 Was ist wenn...?	8 Fehler erkennen
	6.5.6 Protection: PTP + SyncE	8.1 Fehlerquellen
		8.1.1 Jitter und Wander
		8.1.2 Jitter und Wander im Vergleich
		8.2 Messtechnik
		8.2.1 Jitter
		8.3 Jitter – Generation, Transfer und Tolerance
		8.3.1 Jitter Generation: BERT scan und Bathtub, IEEE 802.3ae Annex 48B.3I
		8.3.2 Jitter Tolerance: Stressed Receiver Conformance Test, IEEE 802.3ae

