

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.ch/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 CHF 2.415,-
Online Training		3 Tage CHF 2.415,-
Termin/Kursort		Kurssprache Deutsch
06.05.-08.05.24 Frankfurt	04.11.-06.11.24 Frankfurt	
06.05.-08.05.24 Online	04.11.-06.11.24 Online	

Stand 29.02.2024



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)
3	Taktvergabe – „Wem die Stunde schlägt...“	5.8.2	Gefahren für den Master	7.3.6	Best Effort (Traffic Type VI) und weitere
3.1	Regeln – Wer taktet wen?	5.8.3	Gefahren für Boundary und Transparent Clocks	7.4	TSN Netze
3.1.1	Takt-Hierarchien	5.8.4	MACsec – Verschlüsseln auf Layer 2	7.5	Forwarding und Queueing
3.1.2	Takt und Redundanz	6	5G Mobilfunk und Synchronisation	7.5.1	Cyclic Queueing and Forwarding (CQF)
3.2	Aufbau einer PRC	6.1	Einblick in den 5G Mobilfunk	7.5.2	Priority and Weighted Queueing
4	Synchronous Ethernet, SyncE, G. 8262, G. 8264	6.1.1	5G New Radio im Überblick	7.5.3	Credit Based Shaping (802.1Qav)
4.1	Prinzip	6.1.2	Der Aufbau eines 5G Netzes	7.5.4	Preemption and Interspersing Express Traffic 802.3br
4.1.1	TDM über Ethernet	6.1.3	OFDM – Multi Carrier Transmission	7.5.5	Frame Formate im Überblick
4.1.2	Ethernet Equipment Clock (EEC), G. 8262	6.1.4	Skalierbare Bandbreiten	7.5.6	Time-Aware Shaper, IEEE 802.1Qbv
4.1.3	Synchronization Supply Unit (SSU)	6.1.5	Anzahl der Resource Blocks (RB)	7.5.7	Guard Band
4.1.4	Synchronization Reference Chain, G. 803 – Aufbau	6.1.6	5G Timing & Latenz-Zeiten	7.5.8	Zeitlich gesteuerte Gates, 802.1Qbv
4.1.5	Synchronization Reference Chain, G. 803 – Länge	6.1.7	Network Slicing	7.5.9	Per Stream Filtering and Policing (PSFP)
4.2	Taktverteilung	6.1.8	Vom massive MIMO zum Beamforming	7.5.10	Input Gates, P802.1Qci
4.2.1	Aufbau eines SyncE Netzelementes, G. 8262,	6.1.9	FDD und TDD im Vergleich	7.5.11	Admission Control, IEEE 802.1Qat
4.2.2	ESMC – Ethernet Synchronization Messaging Channel, G. 8264	6.2	TDD und Zeitsynchronität	7.5.12	SRP: Talker und Listener
4.3	SyncE und Mobilfunk	6.2.1	Coordinated Multi Point (CoMP) und Sync.	7.5.13	Listener und Domain
4.3.1	Timing Paths der Frequenzverteilung	6.2.2	CoMP - Coordinated Multi Point im Campus	7.5.14	TSN Streams identifizieren
4.3.2	SyncE über WDM	6.2.3	Coordinated Scheduling/Coordinated Beamforming	7.5.15	Stream Reservation Protocol (SRP), 802.1Qcc
4.4	SyncE und Metro Ethernet Forum	6.2.4	Joint Processing	7.6	Path Control and Redundancy, 802.1Qca
4.5	Hybride Netze: SyncE und IEEE 1588v2	6.3	Störungen: Inter-Cell-Interference	7.6.1	IS-IS
4.6	PTSF – Packet Timing Signal Failure	6.3.1	Slot Interference	7.6.2	Die Basis: Provider Backbone Bridging – 802.1ah
4.7	Protection bei Taktung	6.3.2	Slot Interference zwischen DL und UL	7.6.3	IS-IS Routing im Ethernet
4.7.1	Ausfall	6.3.3	UL Interference messen	7.6.4	Shortest Path Bridging, 802.1aq
4.7.2	Protection	6.4	Synchronisation im 5G Radio Access Network (RAN)	7.6.5	Path Control & Reservation (PCR), RFC 7813
5	Taktung nach IEEE 1588v2, G.8265.1	6.4.1	G.8271.1: Full Timing Support (FTS)	7.6.6	Path Computation
5.1	Taktung nach IEEE 1588	6.4.2	Assisted Partial Timing Support (APTS)	7.6.7	Path Computation centralized
5.1.1	Uhren und Aufgaben	6.5	Synchronisation und Protection	7.7	Seamless Redundancy, IEEE 802.1CB
5.1.2	Uhren und Netzdesign	6.5.1	Einfaches Konzept	7.7.1	Parallel Redundancy Protocol, IEC 62439-3
5.2	Abläufe im Überblick	6.5.2	Zeitoptimiert	7.7.2	PRP Netzelement
5.3	PTP Telecom Profile, G.8265	6.5.3	Protection: Konzept 2	7.8	TSN Systems
5.3.1	Korrektur des Offset	6.5.4	Ausfall des Masters – wie erkennen?	8	Fehler erkennen
5.3.2	Messen des Delay	6.5.5	Was ist wenn...?	8.1	Fehlerquellen
5.3.3	Delay-Request-Response, Teil 1	6.5.6	Protection: PTP + SyncE	8.1.1	Jitter und Wander
5.3.4	Delay-Request-Response, Teil 2	7	Time Sensitive Networking (TSN)	8.1.2	Jitter und Wander im Vergleich
5.3.5	Peer-Delay	7.1	Time Sensitive Networking – IEEE 802.1 TSN	8.2	Messtechnik
5.3.6	Transparent Clock Peer-to-Peer	7.1.1	TSN für (teil)autonomes Fahren	8.2.1	Jitter
5.3.7	Transparent Clock End-to-End	7.1.2	Überblick wichtiger Standards	8.3	Jitter – Generation, Transfer und Tolerance
5.3.8	Boundary Clock (BC)	7.1.3	TSN Basiswissen	8.3.1	Jitter Generation: BERT scan und Bathtub, IEEE 802.3ae Annex 48B.3I
5.4	PTP im Detail	7.1.4	Ein Beispiel	8.3.2	Jitter Tolerance: Stressed Receiver Conformance Test, IEEE 802.3ae
		7.2	Basis: Precise Synchronization IEEE 802.1AS		
		7.2.1	Zeit und Präzision		
		7.2.2	Clock Synchronization Services		

