ExperTeach NETWORKING

New RAN

O-RAN, vRAN, Cloud RAN, RAN im 5G Campus

Im 5G Mobilfunk kommt dem Radio Access Network (RAN) eine besondere Bedeutung zu, denn es entscheidet über die Dienstgüte der Anwendungen. Zu den tiefgreifenden Veränderungen zählen Open RAN und RAN Intelligent Controller (RIC), eine Multi Vendor Strategie, die Virtualisierung der Komponenten (vDU, vCU, vCore) sowie Cloud RANs und Edge Computing, der Protokollsplit in den Komponenten, die Anforderungen der Zeit-Synchronität für Coordinated Multi Point (CoMP) und Beamforming. Sie lernen, welche Bitraten unter welchen Bedingungen möglich sind, und erhalten einen Einblick in Cloud Security und Security im Synchonization Bereich.

Kursinhalt

- Wie ist das 5G RAN aufgebaut: RU, DU, CU, 5G Core
- Virtualisierung: VMs und Container für: vDU, vCU, vCore, Cloud RAN
- Open RAN, Orchestrierung und multi Vendor Strategien
- RAN Intelligent Controller (RIC): Architektur und non-real Time RIC, near-real Time RIC
- Protokollsplit: 2 und 7-2x, low PHY (LLS) und high PHY (HLS)
- Praktische Realisierung des Fronthaul, Midhaul und Backhaul z.B. PON, WDM, OTN, TSN
- Welche Bitraten sind mit 90 MHz (Telekom), 100 MHz (Campus Netze) und 400 MHz möglich?
- Strategien für hohe Bitraten (eMBB), sehr kurze Laufzeit, hohe Verfügbarkeit (URLLC)
- Was sind dApps, rApps und xApps?
- Zeit-Synchronität bei 5G: synchronous Ethernet, PTP (IEEE 1588), GNSS und Atomuhren
- Time Error Budget, G.8271.1 im RAN: 400 ns – wie geht das?
- Full Timing Support /FTS), G.8275.1 – wie realisieren?
- Security für Cloud und Synchronization
- Antennentechnik: von MIMO über massive MIMO zu Beamforming (analog, digital, hybrid)
- Time-Sensitive Networking (TNS) im RAN

E-Book Das ausführliche deutschsprachige digitale Unterlagenpaket, bestehend aus PDF und E-Book, ist im Kurspreis enthalten.

Zielgruppe

Der Kurs vermittelt fundiertes Wissen an alle, die im Bereich Planung, Aufbau und Betrieb von öffentlichen 5G Netzen und 5G Campus Netzen arbeiten oder 5G zur Redundanz nutzen. Sie möchten den Einsatz von 5G in der Industrie, für Autonomes Fahren (V2X) oder in der Logistik beurteilen.

Voraussetzungen

Grundkenntnisse des Mobilfunks, die der Kurs „Mobilfunk heute“ vermittelt und der Kurs „5G Mobilfunk – Architektur & Funk für öffentliche & private Netze“ vertieft, werden vorausgesetzt.

Kursziel

Sie lernen, warum das 5G Netzdesign fundamental anders als bei 4G ist und wie Fronthaul, Midhaul und Backhaul praktisch realisiert werden. Sie erfahren, unter welchen Bedingungen welche Bitraten möglich sind, warum Zeitsynchronität jetzt so wichtig ist und erhalten einen Einblick in die Virtualisierung der Komponenten. Security für Cloud und Synchronisierung runden den Kurs ab.

Dieser Kurs im Web

Alle tagesaktuellen Informationen und Möglichkeiten zur Bestellung finden Sie unter dem folgenden Link: www.experteach.ch/go/**NRAN**

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		**4 TageCHF 2.855,-**
Online Training		**4 TageCHF 2.855,-**
Termin/Kursort		Kurssprache Deutsch
04.05.-07.05.26	Frankfurt	02.11.-05.11.26 Frankfurt
04.05.-07.05.26	Online	02.11.-05.11.26 Online

Stand 26.11.2025

New RAN

ExperTeach

Inhaltsverzeichnis

New RAN – O-RAN, vRAN, Cloud RAN, RAN im 5G Campus

1 RAN im Wandel
1.1 Centralized RAN
1.2 Distributed RAN
1.2.1 Distributed Unit (DU)
1.2.2 Central Unit (CU)
1.2.3 Lower-Layer Split und Higher-Layer Split
1.2.4 Basis Station und Protokolle
1.2.5 Radio Base Station Split (RBS), IEEE 802.1CM
1.2.6 Function Splits im Überblick
1.2.7 802.1CM - Klassen und Profile
1.3 Open RAN (O-RAN)
1.3.1 O-RAN Alliance Frame Work
1.4 Virutalized RAN (vRAN)
1.4.1 vCU Funktionen
1.4.2 Intra-gNodeB Handover
1.4.3 vDU Containerized Network Function
1.4.4 VNF Infrastruktur mit Container as a Service
1.4.5 Virtualized Core mit MEC
1.4.6 Micro Services und Container Struktur
1.4.7 RAN Intelligent Controller (RIC)
1.5 Cloud RAN (cRAN)
1.6 RAN in 5G Private Networks
1.6.1 5G Frequenzen in Deutschland
1.6.2 Campus Netze im Überblick
1.6.3 Wer nutzt Campus Netze?
1.6.4 Ortung
1.6.5 CoMP - Coordinated Multi Point im Campus
1.7 Network Slicing im RAN
1.7.1 End-to-End Slicing
1.7.2 Network Slice Instance – Life Cycle
1.8 Hollow Core Fibers im RAN
1.8.1 Beispiel NKT Photonics: HC-1550
1.8.2 Beispiel Lumenicity: SmartCore
1.8.3 Hollow Core Fiber im Front- und Midhaul
1.9 Topologien für MEC

2 RAN Realisierungen
2.1 Virtualisierung
2.1.1 Container-Virtualisierung
2.1.2 Linux Containers (LXC)
2.1.3 Container- vs. Server-Virtualisierung
2.1.4 Docker
2.1.5 Kubernetes
2.1.6 Kubernetes over bare metal
2.1.7 Orchestrierung: Puppet und Ansible
2.1.8 Ansible
2.2 Cloud Computing
2.2.1 Service-Modelle des Cloud Computings
2.2.2 Public Cloud vs. Private Cloud
2.3 Cloud RAN Komponenten
2.4 Ethernet in Fronthaul, Midhaul und Backhaul
2.4.1 Fronthaul: 10 GE Schnittstellen
2.4.2 Midhaul und Backhaul: 40 GE und 100 GE
2.4.3 Backhaul: 200 GE und 400 GE
2.4.4 Bsp: 400GBASE-LR8
2.4.5 800 G Ethernet
2.5 Passive Optical Networks (PON)
2.5.1 PON im Fronthaul
2.5.2 vRAN Midhaul: F1 mittels PON
2.5.3 Optisches Verteilernetz für eMBB
2.5.4 Protection für PON
2.5.5 QSFP28 und SFP28 für PON
2.6 Paketnetz oder Wellenlänge?
2.7 WDM – Eine universale L1 Plattform für 5G
2.7.1 Fronthaul als WDM-Ring
2.7.2 CWDM – Coarse WDM für Fronthaul und Midhaul
2.7.3 CWDM Kanalabstand
2.7.4 CWDM – Vorteile und Nachteile
2.7.5 Passives WDM
2.8 DWDM – Dense WDM für Midhaul und Backhaul
2.8.1 DWDM Komponenten
2.8.2 Aufbau eines DWDM Muxes
2.8.3 Aufbau einer WDM-Strecke
2.8.4 Wichtige Vorteile
2.8.5 DWDM Kanalabstände
2.8.6 Fixed Grid Spacing
2.8.7 Flexible Grid Spacing
2.8.8 CWDM und DWDM in der Gegenüberstellung
2.8.9 CWDM und DWDM kombiniert
2.8.10 Licht und Schatten – Nachteile von WDM
2.9 Optical Transport Networks (G.709) im Front- und Midhaul
2.9.1 Überwachen der Netzabschnitte
2.9.2 Die Struktur von OTN
2.9.3 OTN – Rahmenaufbau
2.9.4 FEC nach RS (255, 239)
2.9.5 OTN Multiplexbildung
2.9.6 Alarme und Fehlerquellen
2.9.7 Fehlerkaskade – wer schickt wem was?
2.10 Protection Mechanismen
2.10.1 Equipment Protection
2.10.2 Punkt-zu-Punkt Verbindungen
2.10.3 Optischer Schutz in Ringen

3 Von MIMO zum Beamforming
3.1 Was müssen 5G Antennen können?
3.1.1 TDD und Transmission Periodicity
3.1.2 OFDMA Verfahren
3.1.3 Modulationsverfahren
3.1.4 Adaptive Modulation & Kodierung
3.1.5 MIMO bei 5G
3.1.6 Massive MIMO
3.2 Antennen – von 4G zu 5G
3.3 Vom massive MIMO zum Beamforming
3.3.1 So funktioniert Beamforming
3.3.2 Aufbau eines 5G Antennen Array
3.3.3 Array und Antennengewinn
3.3.4 Analoges Beamforming
3.3.5 Digitales Beamforming
3.3.6 Hybrides Beamforming

4 Synchronisation im RAN
4.1 Coordinated Multi Point (CoMP) und Sync.
4.2 5G und PTP (IEEE 1588)
4.2.1 Uhren und Aufgaben
4.2.2 Uhren und Netzdesign
4.3 Abläufe im Überblick
4.4 PTP Telecom Profile, G.8265
4.4.1 Korrektur des Offset
4.4.2 Messen des Delay
4.4.3 Delay-Request-Response, Teil 1
4.4.4 Delay-Request-Response, Teil 2
4.4.5 Peer-Delay
4.4.6 Transparent Clock End-to-End
4.4.7 Boundary Clock (BC)
4.5 PTP im Detail
4.6 Takt-Topologien
4.6.1 Hierarchische Topologie
4.6.2 Lineare Topologie
4.6.3 Quality Level für PTP, G.781
4.7 PTP Domains
4.8 PTP Monitoring – Ein Beispiel
4.9 Security und Synchronität
4.9.1 Gefahren für die Slaves
4.9.2 Gefahren für den Master
4.9.3 Gefahren für Boundary und Transparent Clocks
4.10 Synchronisation und Protection
4.10.1 Einfaches Konzept
4.10.2 Zeitoptimiert
4.10.3 Protection: Konzept 2
4.10.4 Ausfall des Masters – wie erkennen?
4.10.5 Was ist wenn ...?
4.10.6 Protection: PTP + SyncE

5 Time-Sensitive Networking im RAN
5.1 Time Sensitive Networking – IEEE 802.1 TSN
5.1.1 Überblick wichtiger Standards
5.1.2 TSN Basiswissen
5.1.3 Ein Beispiel
5.2 Basis: Precise Synchronization IEEE 802.1AS
5.3 Zeit und Präzision
5.4 Redundante Synchronität, 802.1ASbt
5.4.1 Transmission Order
5.5 Traffic Types des Industrial Internet Consortium (IIC)
5.5.1 Isochronous (Traffic Type I)
5.5.2 Cyclic (Traffic Type II)
5.5.3 Alarms & Events (Traffic Type III)
5.5.4 Configuration & Diagnostics (Traffic Type IV)
5.5.5 Network Control (Traffic Type V)
5.5.6 Best Effort (Traffic Type VI) und weitere
5.6 TSN Netze
5.7 Forwarding und Queueing
5.7.1 Cyclic Queueing and Forwarding (CQF)
5.7.2 Preemption und Interspersing Express Traffic 802.3br
5.7.3 Fime-Aware Shaper, IEEE 802.1Qbv
5.7.4 Guard Band
5.7.5 Zeitlich gesteuerte Gates, 802.1Qbv
5.7.6 Per Stream Filtering and Policing (PSFP)
5.7.7 TSN Streams identifizieren
5.8 Path Control and Redundancy, 802.1Qca
5.9 Seamless Redundancy, IEEE 802.1CB

6 Security
6.1 Security im Open RAN
6.1.1 Security Risiken nach O-RAN Alliance
6.1.2 Security Risiken nach Open RAN MoU Group
6.1.3 Schutz des RAN Intelligent Controllers (RIC)
6.2 Security im Cloud RAN
6.2.1 Open RAN: Sicherheitsanalyse
6.2.2 Welche Angriffsvektoren gibt es?
6.2.3 Schutz des RAN
6.3 Synchronisation schützen
6.3.1 Security und Synchronität
6.3.2 Beispiel: GPS
6.3.3 GNSS Jammer
6.3.4 Assisted Partial Timing Support (APTS), G.8275.2
6.3.5 Full Timing Support (FTS), G.8275.1
6.4 Angriffe über PTP
6.4.1 Sicherheit bei PTP

7 Übungen
7.1 Laufzeit
7.2 Fronthaul: PON Reichweite
7.3 Größe eines Antennen Array
7.4 Größe der Resource Blocks (RB)
7.5 Nutzbandbreite
7.6 Bitrate und Funkgüte
7.7 Maximale Bitrate!
7.7.1 Maximale Bitrate: Telekom, Vodafone
7.7.2 Maximale Bitrate: Telefónica
7.7.3 Maximale Bitrate: 1&1 Versatel
7.7.4 Maximale Bitrate: SBB, Schweiz
7.7.5 5G gigantisch: Frequency Range 2

ExperTeach AG
Kronenstrasse 11 · 8735 St. Gallenkappel · Telefon: +41 55 420 2591 · Fax: +41 55 420 2592 · info@experteach.ch · www.experteach.ch