

Vorwort

5G-Netze werden weltweit auf- und ausgebaut. Im Vergleich zu 4G bieten sie nicht nur direkt offensichtliche Vorteile wie höhere Bitraten, sondern hohe Zuverlässigkeit und geringe Latenz, z.B. für Car-to-X-Anwendungen, oder die Einbindung einer sehr hohen Anzahl von Endgeräten, z.B. von Sensoren in einer Smart City.

Um diese neuen Möglichkeiten verstehen und würdigen zu können, werden in den Kapiteln 1 und 2 zuerst einmal die bisherigen evolutionären Entwicklungsschritte bei den zellularen Mobilfunknetzen verfolgt. Hierzu zählen ein Überblick zu 2G und 3G mit den verschiedenen 3GPP-Releases (3rd Generation Partnership Project), die Einführung des NGN-Konzeptes (Next Generation Network) mit VoIP (Voice over IP), den korrespondierenden Protokollen SIP (Session Initiation Protocol), H.248 und Diameter sowie dem IMS (IP Multimedia Subsystem) zur Bereitstellung von Multimedia over IP-Echtzeit-Diensten. Abgerundet wird die Betrachtung dieser stetigen Weiterentwicklung der Mobilfunknetze durch einen Blick auf 4G mit SAE (System Architecture Evolution) and LTE (Long Term Evolution) inkl. VoLTE (Voice over LTE).

Bereits bei 4G zeichnete sich ein zunehmender Einsatz neuer Netztechniken wie NFV (Network Functions Virtualisation) und MEC (Multi access Edge Computing) sowie SDN (Software Defined Networking) und SFC (Service Function Chaining) ab. Diesen Basistechnologien zur Umsetzung des Konzeptes der so genannten Future Networks und folgerichtig der 5G-Systeme ist Kapitel 3 gewidmet. In der 2. Buchaufgabe finden sich hier Erweiterungen und Verbesserungen zu den Themen C-RAN (Cloud-Radio Access Network) und SDN.

Die Herangehensweise an 5G war eine andere als bei den Vorgängerversionen, die vor allem durch die Technik getrieben wurden. Wie Kapitel 4 zu entnehmen ist, standen bei 5G am Anfang mögliche Use Cases und Einsatzszenarien. Hieraus wurden die Anforderungen für die verschiedenen Einsatzgebiete abgeleitet und erst dann die für die Umsetzung erforderlichen Konzepte und Techniken spezifiziert. Die Standardisierung hierzu lief und läuft wie bei 3GPP üblich in Releases. Fertig standardisiert sind die Releases 15, 16 und 17, Release 18 ist in Arbeit, mit Release 19 wurde begonnen. In diesem Kontext ist, wie in Kapitel 5 ausgeführt, vor allem auch die ITU (International Telecommunication Union) zu nennen, die zum einen von den Anforderungen her ein 5G-Zielsystem definierte, zum anderen Frequenzbereiche für 5G ausgewiesen hat. Diese wiederum wurden und werden per Regulierung an die Netzbetreiber vergeben. Die 2. Buchaufgabe bringt diesbezüglich Updates, führt z.B. das Release 17 ein, diskutiert die Vor- und Nachteile der verschiedenen, für 5G nutzbaren Frequenzbereiche, erweitert den Regulierungsblick auf die EU und die USA und gibt eine Übersicht zum weltweiten 5G-Netzausbau.

Kapitel 6 bietet einen Überblick zu einem 5G-System auf Basis der angewandten Designprinzipien, der zu realisierenden Leistungsmerkmale, nun auch für die Re-

leases 16 und 17, und der hierfür benötigten Funktionen sowie der sich ergebenden Netzarchitektur. In der Folge werden dann die technischen Details herausgearbeitet.

Kapitel 7 ermöglicht dazu tiefere Einblicke in die 5G-Zugangsnetze, zum einen in die extrem leistungsfähige Funkübertragungstechnik, zum anderen in die Topologien, Architekturen und Protokolle des RAN (Radio Access Network). Zum zunehmend wichtigen Thema O-RAN (Open-RAN) wurde in der 2. Buchauflage ein eigener Abschnitt aufgenommen.

Das höchst innovative 5G-Kernnetz ist Gegenstand von Kapitel 8. Hier werden die neuen Themen wie Service Based Architecture (SBA) und Network Slicing erläutert. Dieses zentrale Kapitel wurde in der 2. Buchauflage stark erweitert. Hier finden sich nun Beschreibungen der verwendeten Signalisierungs- und Nutzdaten-Protokoll-Stacks. Die Anwendung einer UPF (User Plane Function), speziell die Bedeutung für Applikationen mit hohen Anforderungen an die Verfügbarkeit und die Latenz, wird herausgearbeitet. Darüber hinaus werden neue, mit Release 16 eingeführte Netzfunktionen erläutert, das Thema Network Slicing wird ausführlicher dargestellt. Zudem wird auf die innovativen Möglichkeiten für 3rd-Party-Anbieter durch die Network Exposure-Funktionen mit Zugriff auf netzinterne Funktionalitäten eingegangen. Abgerundet werden diese Erweiterungen des Kapitels 8 durchgehend durch Nachrichtenmitschnitte aus einem realen 5G-System.

Kapitel 9 schließlich bündelt die Inhalte der vorhergehenden Kapitel in einer Gesamtsicht, wobei die 4G/5G-Migration, der Einsatz des IMS in einem 5G-System und die Anschaltung verschiedenster Wireless- und Wireline-Zugangsnetze bis hin zu Satelliten-gestützten Basisstationen berücksichtigt werden. Ergebnis ist ein Netz, das somit wirklich FMC (Fixed Mobile Convergence) mit nur einer Core Network-Technologie umsetzt. Daher kann man bei 5G eigentlich nicht mehr von einem Mobilfunknetz sprechen. Es handelt sich vielmehr, wenn man ein 5G-System in dieser generellen Art ausbaut und nutzt, um ein konvergentes Netz neuer Generation. Die 2. Buchauflage ergänzt diese Gesamtsystemsicht durch zwei neue Abschnitte zu den Themen 5G und IoT (Internet of Things) inkl. Time Sensitive Networking (TSN) und 5G-Campusnetze. Abgeschlossen wird dieses Kapitel durch eine Würdigung von 5G, u.a. im Vergleich mit 4G.

Da es sich bei einem 5G-Netz nach wie vor um ein IP-Netz handelt, muss gemäß Kapitel 10 ein besonderes Augenmerk auf die IT-Sicherheit gelegt werden. Dabei wird zwischen der Security für das Kommunikationsnetz selbst, der Security in der vom Netzbetreiber genutzten Cloud-Infrastruktur und der eigens für 5G standardisierten 3GPP-Sicherheitsarchitektur unterschieden. Hier wurde in der 2. Auflage eine Aktualisierung für die neuen Releases und das Open-RAN vorgenommen.

Abgerundet wird diese Einführung in die Mobilfunknetze der 5. Generation durch einen Blick auf die Umwelteinflüsse infolge der elektromagnetische Strahlung sowie den Energie- und Rohstoffbedarfen in Kapitel 11. Bei beiden Themengebieten wurden in der 2. Buchauflage Aktualisierungen vorgenommen. Neu ist hier das Thema Nachhaltigkeit bezüglich eines 5G-Systems selbst bzw. seines Beitrags in

verschiedenen Gesellschaftsbereichen und Wirtschaftsbranchen. Dabei werden die 17 UN-Ziele für eine nachhaltige Entwicklung zugrunde gelegt.

Kapitel 12 schließlich gibt einen, seit der 2. Buchauflage sehr ausführlichen Ausblick auf die Zukunft mit der 5G-Weiterentwicklung in den Releases 18 und 19 bei 3GPP, den erfolgten Arbeiten zu einem Network 2030 bei der ITU sowie Aktivitäten und Forschungsergebnissen zu 6G. Insbesondere 6G wird in vier Abschnitten ausführlich beleuchtet, ausgehend von einer Übersicht über die hier weltweit und regional aktiven Organisationen, Initiativen und Forschungsverbände. Aus den bisher bekannten Use Cases und Einsatzszenarien werden die Anforderungen an 6G abgeleitet. In der Folge werden Technologien und Netzarchitekturen für die Umsetzung diskutiert. Abrundend findet bereits in dieser frühen Phase ambitioniert ein Vergleich von 6G mit 5G statt.

Hauptziel des Buches ist es, an 5G-Technik und -Anwendungsszenarien sowie der Weiterentwicklung interessierten Personen fundiertes Wissen zu vermitteln und zur weiteren Auseinandersetzung mit diesem Themengebiet anzuregen. Hierfür verweist das Buch auf zahlreiche weiterführende Quellen, in der 2. Buchauflage auf 267 statt bisher 184. Zum genannten Personenkreis zählen allgemein technisch Interessierte, speziell natürlich Mitarbeitende von öffentlichen und privaten Netzbetreibern. Interesse sollte dieses Buch insbesondere auch in den IT-Abteilungen möglicher 5G-Anwenderfirmen wecken, nicht zuletzt natürlich bei Studierenden der Informatik und Elektrotechnik. Zudem bietet dieses Buch einen optimal aufbereiteten Einstieg in das neue Thema 6G.

Weitere Informationen zu diesem Buch finden Sie auf der Web-Seite www.5g6g.de. Gerne dürfen Sie mir Kommentare und Hinweise per E-Mail (trick@5g6g.de) zukommen lassen.

An dieser Stelle besonders danken möchte ich meinem langjährigen Weggefährten Prof. Dr. Armin Lehmann. Zum einen hat er mit wertvollen fachlichen Impulsen zu diesem Buch beigetragen, war mir ein stetiger Diskussionspartner und hat das komplette Manuskript kritisch durchgesehen. Zum anderen hat er zusammen mit M. Eng. Gregor Frick ein 5G-System auf Basis von Open Source Software implementiert und damit für den bereits erwähnten direkten Praxisbezug gesorgt. Dafür auch vielen Dank an Gregor Frick.

Auch bei der 2. Buchauflage möchte ich wieder ganz herzlich Dr. Gerd Zimmermann danken, einem ausgewiesenen 5G-Fachmann und erfahrenen Mitarbeiter in der 3GPP-Standardisierung. Er hat mich mit seinem Fachwissen und seinen Hinweisen erneut bestens unterstützt und beraten.

Nicht zuletzt danke ich dem De Gruyter-Verlag. Dr. Damiano Sacco hat diese 2. Auflage des 5G-Buchs angeregt, Frau Ute Skambraks hat das komplette Buchprojekt, Frau Eva Kolla die Arbeiten bis zur Produktion begleitet. Ihnen allen besten Dank für die Unterstützung und die sehr gute und freundliche Zusammenarbeit.