



MOBINFSEC: 5G Mobile Networks, Technologies & Security

Kernkonzepte der mobilen Kommunikation

Dr. Florian Wamser, Hochschule Luzern

27. Februar 2024

5G Mobile Networks, Technologies & Security: Kernkonzepte der mobilen Kommunikation

Letzte Änderung: 27. Februar 2024

Begleitendes Kursmaterial des Moduls *5G Mobile Networks, Technologies & Security* im Frühlingssemester 2024 an der Hochschule Luzern. Kursmaterial für einen Semesterkurs mit 14 Wochenstunden.



Dieses Skript wird während der Vorlesung angepasst und vervollständigt. Neue Kapitel kommen im Verlauf der Vorlesung hinzu.

Autor: Dr. Florian Wamser, florian.wamser@hslu.ch

Ausgabe 2024

Erstmalige Durchführung im HS22 (2022).

1.1 Wissensfragen: Geschichte der mobilen Kommunikation (Lösung)

1. Wer gilt als Erfinder der drahtlosen Kommunikation?

- a. Die Firma Intel Cooperation Deutschland nach dem Kauf des Infineon-Bereichs Wireless Solutions für 1,4 Milliarden US-Dollar.
- b. Die Firma 3Com, die WiFi-Adapter produziert.
- c. Der Linux-Kernel seit der Unterstützung von IEEE 802.11 mit Ethernet-to-802.11 conversions.
- d. Das Wi-Fi-Konsortium, das WLAN-Geräte zertifiziert, als auch die zugehörigen Markenbegriffe Wi-Fi 4, 5 und 6.
- e. Guglielmo Marconi mit der Erfindung Telegrafie ohne Kabel. Von der Isle of Wight, England, zu einem Schlepper im Meer (28 km)

e. ist korrekt.

2. Wie hat sich die drahtlose Kommunikation hin zu den ersten frühen Mobilfunknetzen entwickelt? Bringen Sie die Ereignisse in die richtige Reihenfolge und fügen Sie die jeweiligen Jahreszahlen hinzu. (von alt nach neu)

- a. 1895: Guglielmo Marconi
- b. 1907: erste kommerzielle transatlantische Verbindungen
- c. 1926 konnten Bahnreisende der 1. Klasse auf der Strecke Berlin-Hamburg erstmals aus dem fahrenden Zug heraus mobil telefonieren.
- d. 1979: Erstes automatisches analoges Mobilfunksystem, das von NTT in Tokio bereitgestellt wird (1G)
- e. 1991: 2G-Mobilfunknetze der zweiten Generation, Funksignale sind jetzt digital



Wer Lust auf mehr Informationen zu Guglielmo Marconi hat, kann sich folgendes YouTube-Video anschauen:

Pionier der drahtlosen Kommunikation – Doku HD – Menschen Geschichte Technik → https://youtu.be/eT_XJvxZJD4

3. **Ordnen Sie die folgenden Begriffe in die richtige Reihenfolge und notieren Sie zusätzlich die entsprechende Generation. (von alt nach neu)**

- a. 2G: GSM
- b. 2.5G, 2.75G: GPRS & EDGE
- c. 3G: UMTS
- d. 3.5G: UMTS (HSPA)
- e. 3.9G: LTE
- f. 4G: LTE Advanced
- g. 5G Mobilfunk

4. **Genau genommen zählt LTE nicht zur 4. Generation des Mobilfunkstandards, kann also auch nicht mit “4G” abgekürzt werden. Wieso bezeichnet man LTE als Generation 3.9?**

- a. LTE soll, wie der Name schon sagt, eine *Evolution* und keine *Revolution* sein. Daher hat man sich entschieden auch keinen Versionssprung bei den Generationen zu machen. Man verbleibt bei der 3ten Generation und nennt LTE Generation 3.9.
- b. Mit LTE wurden ein neues Übertragungsverfahren (OFDMA) und adaptive Antennensysteme (MIMO) eingeführt. Obwohl dies technische signifikante Neuerungen sind, war man enttäuscht über die Ergebnisse der Technologien im praktischen Einsatz. Daher entschied man von Generation 3.9 zu sprechen.
- c. Diese Entscheidung fällt ein internationales Gremium, die ITU-R, das für die Standardisierung des weltweiten Mobilfunknetzes zuständig ist. Anforderungen der ITU-R an Luftschnittstellen der 4. Generation (4G) werden im Dokument **IMT-Advanced** zusammengefasst. Weil LTE eben nur einige der Kriterien für ein 4G-Netz nicht erfüllt, nennen Experten LTE kurzerhand 3,9G. Erst der Nachfolger LTE-Advanced begründet das 4G-Netz, liefert noch höhere Datenübertragungsraten und erfüllt die Anforderungen der ITU-R an Luftschnittstellen der 4. Generation (4G).

c. ist korrekt.

5. **Ordnen Sie die folgenden Ausbaustufen einer Mobilfunkgeneration einem “Haupt”-Standard zu.**

- a. GRPS → GSM
- b. EDGE → GSM
- c. HSPA → UMTS
- d. HSPA+ → UMTS
- e. HSDPA → UMTS
- f. LTE-A → LTE

6. **Wahr oder falsch?** Gemäss den Anforderungen der ITU-R () an die Luftschnittstellen gehören die Technologien UMTS, HSPA, HSPA+ und LTE zu den Mobilfunksystemen der 3. Generation (3G). LTE wird daher auch als „3.9G“ oder als „3.99G“ bezeichnet. Die Bezeichnung LTE umfasst die Releases 8 und 9 des Standards. Die Weiterentwicklung von LTE wird als LTE-Advanced (LTE-A) bezeichnet und erfolgt in zwei Phasen. LTE-A Phase 1 umfasst die Releases 10 und 11, LTE-A Phase 2 die Releases 12 und 13 des Standards. LTE-A erfüllt die Anforderungen der ITU-R an Luftschnittstellen der 4. Generation (4G) und wird als IMT-Advanced bezeichnet. Die Entwicklung von Release 12 wurde Mitte 2015 abgeschlossen.

- a. wahr

korrekt

- b. falsch

7. **Lesen Sie das folgende Dokument Bundesamt für Kommunikation BAKOM: Faktenblatt LTE und LTE-Advanced durch und notieren Sie die wichtigsten initialen technischen Leistungsziele für LTE.** https://www.bakom.admin.ch/dam/bakom/de/dokumente/faktenblatt_lte.pdf.download.pdf/factsheet_lte.pdf

- a. Signifikante Erhöhung der Datenrate im Downlink auf bis zu 100 Mbit/s in der Bandbreite von 20 MHz.
- b. Signifikante Erhöhung der Datenrate im Uplink auf bis zu 50 Mbit/s in der Bandbreite von 20 MHz.
- c. Flexible Spektrumsnutzung durch skalierbare Kanalbandbreiten von 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz und 20 MHz
- d. Verzögerungszeit über die Luftschnittstelle vom Teilnehmergerät zur Basisstation soll kürzer als 5 ms sein. Round-trip delay kleiner als 10 ms
- e. Flexible Spektrumsnutzung durch Duplex-Verfahren FDD und TDD
- f. Höhere Datenraten am Zellenrand als mit UMTS
- g. Mobilität bis zu 500 km/h (optimiert für 0 – 15 km/h)
- h. Unterstützung von verschiedenen QoS- und Mobilitäts-Anforderungen
- i. Integration von MIMO in den Standard
- j. Tiefe Übertragungskosten pro Bit über die Luftschnittstelle
- k. Einfache, skalierbare Architektur, weniger Netzelemente, offene Schnittstellen
- l. Möglichst kleiner Energieverbrauch der Teilnehmergeräte (hohe Autonomie)