

Kommunikációs hálózatok 2

4G ... 5G avagy úton a supersztrádán

Paksy Patrik
Ericsson

2020.03.31 / 04.07



- ❑ Bevezető
 - Hálózat architektúra és adatsebesség evolúció
- ❑ 4G/LTE – adatátvitel
 - Követelmények, technológiai újdonságok
 - LTE architektúra
- ❑ VoLTE – hangátvitel LTE-n
 - VoLTE motiváció, architektúra, az IMS szerepe
 - LTE/VoLTE hordozók, QoS biztosítás és adatszállítás
 - „Mi történik a telefon bekapcsolásakor? Hívásindításkor?”
 - 2G/3G kompatibilitás
- ❑ VoWiFi – hangátvitel LTE-n WiFi hozzáféréssel
- ❑ 5G – követelmények, alkalmazások, architektúra

Hálózat komplexitása

Nem vizsgaanyag!

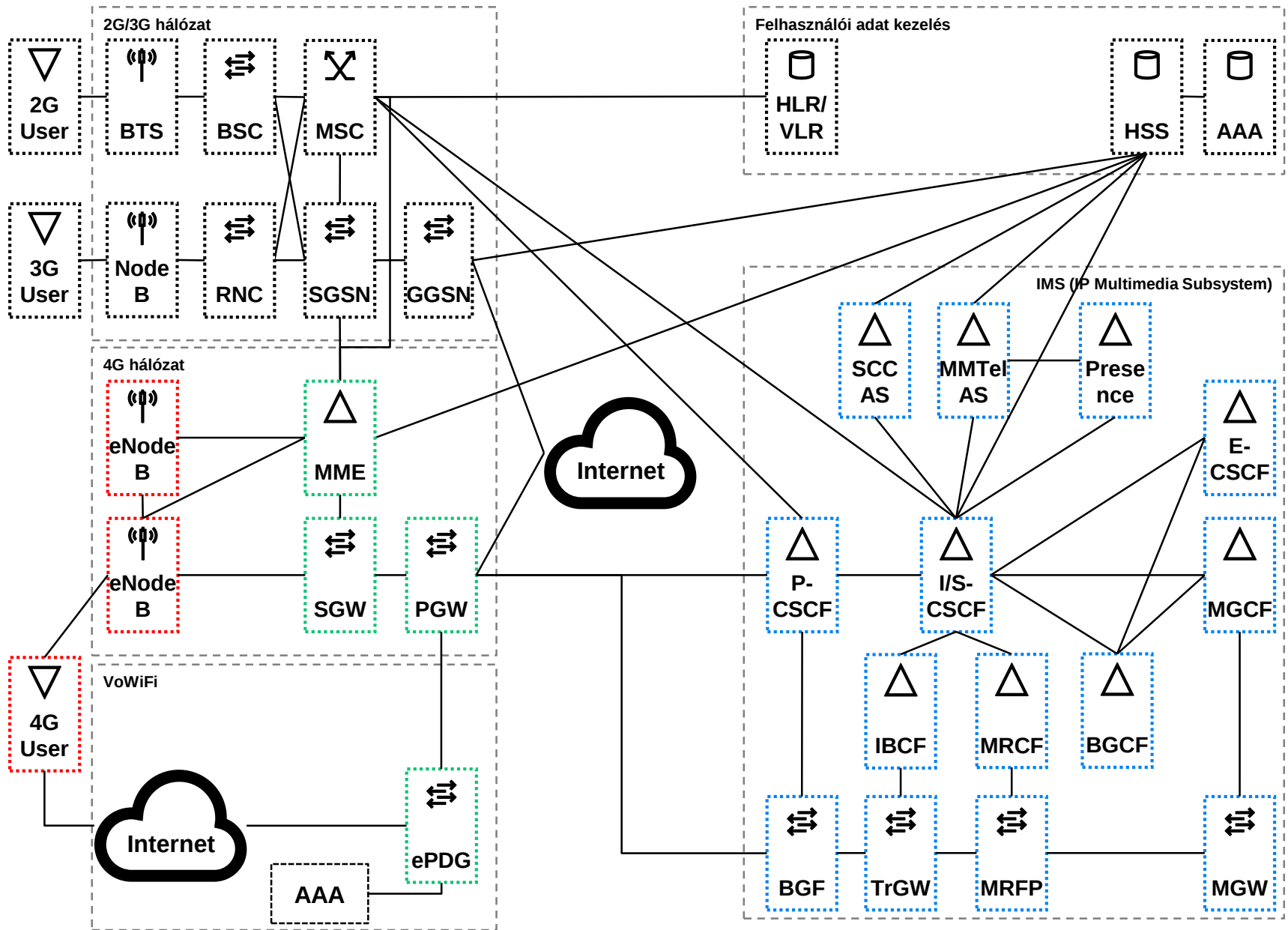
Bevezető

4G / LTE

VoLTE

VoWiFi

5G



Hálózat evolúció

Csak áttekintés, nem kell bemagolni.
A számokat csak nagyságrendileg, a többről pedig csak azt kell tudni, ami más dián is szerepelt részletesebben

Szimbólum	Standard	Teljes név	Elméleti max. letöltés (DL)	Elméleti max. feltöltés (UL)
2G	GSM	Global System for Mobile Communications	14.4 kbps	14.4 kbps
G	GPRS	General Packet Radio Service	53.6 kbps	26.8 kbps
E	EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution	217.6 kbps	108.8 kbps
3G	UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	384 kbps	128 kbps
H	HSPA	High-Speed Packet Access	7.2 Mbps	3.6 Mbps
H+	HSPA+	HSPA Release 6	14.4 Mbps	5.76 Mbps
H+	HSPA+	HSPA Release 7	28 Mbps	11.5 Mbps
H+	HSPA+	HSPA Release 8	42.2 Mbps	11.5 Mbps
H+	HSPA+	HSPA Release 9	84.4 Mbps	11.5 Mbps
H+	HSPA+	HSPA Release 10	168.8 Mbps	23 Mbps
H+	HSPA+ Advanced	HSPA Release 11-12	336 Mbps	69 Mbps
4G	LTE	Long Term Evolution Release 8	100 Mbps (cat3)	50 Mbps (cat3)
4G+	LTE-A	LTE-Advanced Release 10	1 Gbps	500 Mbps
4G	WiMAX WiMAX 2	Worldwide Interoperability for Microwave Access	37 Mbps 350 Mbps	17 Mbps 200 Mbps

Bevezető

4G / LTE

VOLTE

VoWiFi

5G

LTE: Long Term Evolution

□ LTE: Long Term Evolution

- Negyedik generációs mobilhálózat
- IP alapú, csomagkapcsolt átvitel
- Nagy sebességű internet biztosítása
- Csak internet, hangátvitelhez VoLTE kell (később)
- 3 fő szabvány: LTE, LTE-Advanced, LTE Advanced Pro

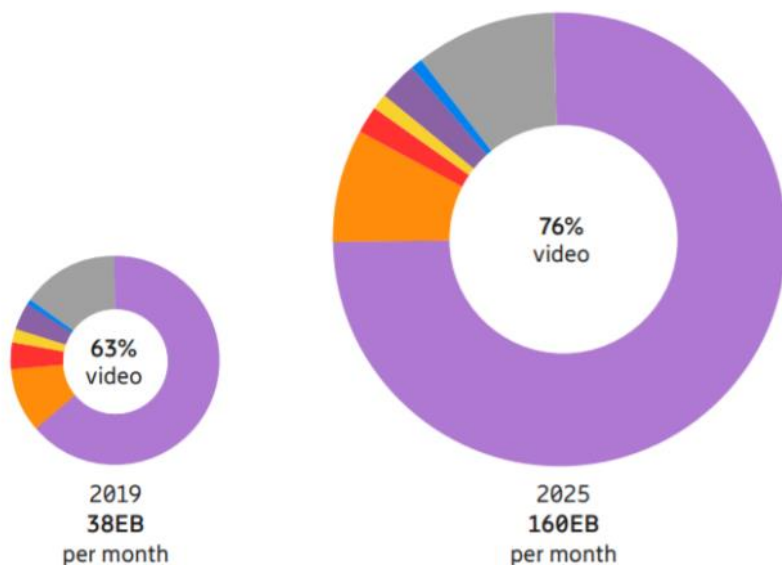
□ Motiváció

- Felhasználói igény
 - Gyorsabb mobil internet
 - Multimédiás tartalmak, videó letöltése
- Operátorok igénye
 - Új szolgáltatások, jobb szolgáltatásminőség, több előfizető kiszolgálása
 - Gazdaságosabb hálózat üzemeltetés
- Gyártók igénye: új eszközök és szolgáltatások eladása

- „Felhasználói igények” további alakulása
 - Hasonló trendek az előző években is

Figure 11: Mobile traffic by application category per month (percent)

Video Social networking Web browsing Audio Software download and update P2P file sharing Other segments



Main drivers for video traffic growth

- Video part of most online content (news, ads, social media, etc.)
- Video sharing services
- Video streaming services
- Changing user behavior – video being consumed anywhere, any time
- Increased segment penetration, not just early adopters
- Evolving devices with larger screens and higher resolutions
- Increased network performance through evolved 4G and 5G deployments
- Emerging immersive media formats and applications (HD/UHD, 360-degree video, AR, VR)

¹ Traffic from embedded video in web browsing and social media is included in the application category “Video”

1 EB (ExaByte) = 1000 PB = 1 000 000 TB

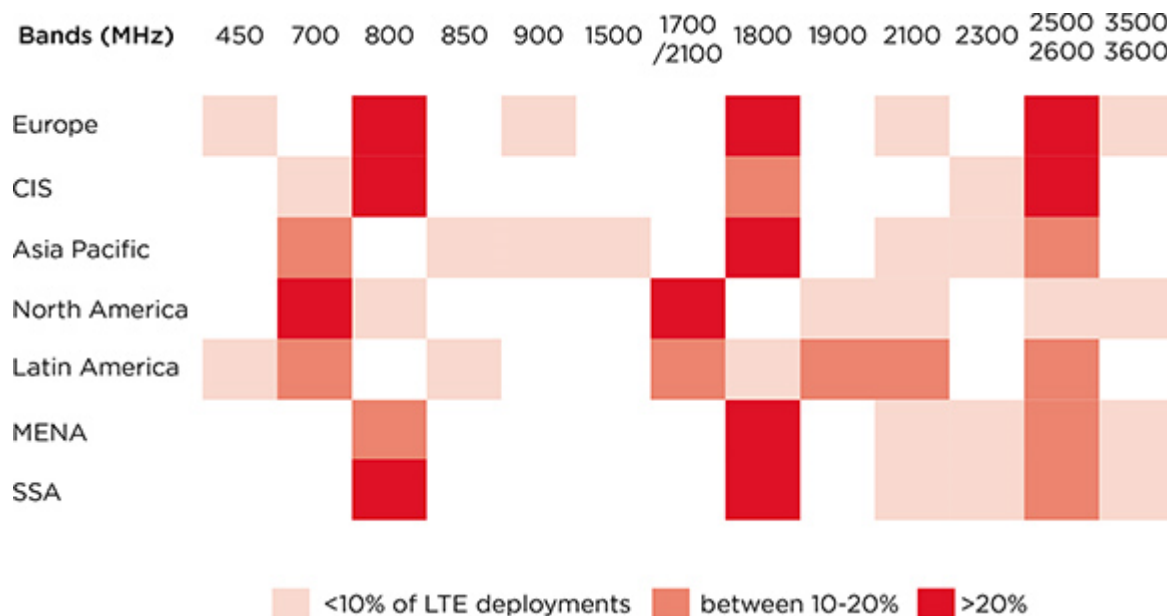
- ❑ 2009.12.14 – Elsőként a TeliaSonera vezeti be az LTE szolgáltatást (Norvégia, Svédország)
- ❑ 2009.10.07 – Telekom: LTE tesztelés
- ❑ 2012.01.01 – Telekom: LTE bevezetés, itthon elsőként
 - Ericsson bázisállomások & Cisco gerinchálózat
 - Telenor: két lépcsőben lett bevezetve
 - ❑ Először csak USB stick / modem használatával (2012 nyár)
 - ❑ Később mobiltelefonról is (2013 nyár)
 - Vodafone: 2014 október
- ❑ 2014.04.29 – Telekom: LTE-Advanced demonstráció
- ❑ 2015.02.25 – [Telekom-Telenor megosztott cellák](#)
- ❑ 2015.12.03 – Telekom: LTE-Advanced elindul
 - 2017.04.03 – [Telekom 4G+](#) - egész Budapesten
 - 225 Mbps elméleti maximum

❑ GSM vs. CDMA szabványú hálózatok

- CDMA mint... közeghozzáférés vs. szabvány gyűjtőnév
- Szabványok
 - ❑ GSM (3GPP): Európai eredetű, ETSI által megalkotva
 - ❑ CDMA (3GPP 2): Amerikai eredetű, Qualcomm (chipgyártó) által
 - 2G: CDMAOne | 3G: CDMA2000 / EV-DO
 - A CDMA szabványú hálózatok már 2G-ben is CDMA-t használtak közeghozzáférésre ellentétben a GSM-el
- A mobilkészülékek nem kompatibilisek egymással
 - ❑ GSM: SIM alapú felhasználó azonosítás (IMSI)
 - ❑ CDMA: beengedés szabályozás telefon azonosító alapján
 - ESN: Electronic Serial Number (~ IMEI in GSM)
- LTE (3GPP): egységes szabvány, SIM alapú
 - ❑ Verizon: 2020 végén leállítja 2G/3G CDMA szolgáltatását

LTE világszerte

Számokat és régiókat nem kell megtanulni.
Ami fontos: különböző frekvenciák vannak és
nem minden készülék támogat minden frekvenciát



https://mobilarena.hu/teszt/4g_lte_800mhz_b20_band20_frekvencia_magyar_oroszag/erintett_telefonok_es_szolgaltatok.html

□ Hogyan tovább?

- 3G hálózat fejlesztése? – MIMO, 64-QAM moduláció, 2 vivőfrekvencia használata
 - Kisebb változtatások, kompatibilis módon
- **Új rádiós interfész?**
 - Spektrumhasználat javítása, több felhasználó kiszolgálása
 - Csomagkapcsolt hálózatra való optimalizálás

□ IMT Advanced Standards – LTE követelmények

- „All-IP” csomagkapcsolt hálózat
- 100 Mbps gyorsan mozgó / 1 Gbps nem mozgó felhasználónak
- 5-20 MHz skálázható sáv szélesség
- Spektrális hatékonyság: 15 bit/s/Hz (DL) | 6.75 bit/s/Hz (UL)
- Együttműködés korábbi (2G/3G) rendszerekkel

□ Ezen követelményeket majd az LTE Advanced teljesíti

- Erre hivatkozunk, mint az igazi „4G” rendszer

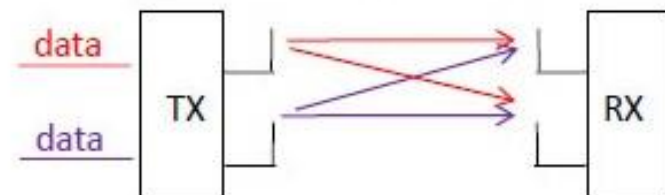
LTE fejlődése

Kell: rádiós késleltetés, cellák sugara, az, hogy OFDMA-t használ, adatsebesség nagyságrendileg, hol van/hol nincs vivő aggregáció

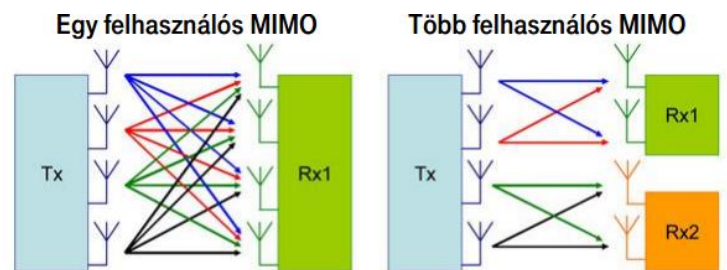
- Alap tulajdonságok
 - Rádiós késleltetés max 5 ms
 - 1-5 km sugarú cellák (1800-2500 MHz)
 - FDD LTE elterjedtebb, de TDD is lehetséges
 - Moduláció [bit/szimbólum]: QPSK [2], 16-QAM [4], 64-QAM [6]
 - OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access
 - Változó szélességű spektrumallokáció: 1.4, 3, 5, 10, 15 vagy 20 MHz vivő
 - Alvivők (15 kHz) átlapolódhatnak

	LTE (Rel 8-9)	LTE Advanced (Rel 10-12)	LTE Advanced Pro (Rel 13 - 2016)
Max. adatsebesség	DL 100-300 Mbps UL 50-75 Mbps	DL 1-3 Gbps UL 0.5-1.5 Gbps	DL 3 Gbps UL 1.5 Gbps
MIMO & beamforming	4x4 MIMO + Beamforming	DL 8x8 MIMO UL 4x4 MIMO	Full-Dimension (3D) beamforming
Vivő aggregáció	Nincs (20Mhz)	Max 5 vivő (5*20Mhz)	Max 32 vivő (32*20Mhz)
Cellák, kapcsolatok	Femtocella	SmallCells, Relay Node, CoMP	LTE-Unlicensed / License Assisted Access (LAA)

- **MIMO:** adatsebesség növelése az adatküldés párhuzamosításával
 - MIMO: Multiple In, Multiple Out
 - Több antenna a bázisállomásban és a készülékekben is
 - Ugyanaz a frekvencia és idő, de más adatfolyam megy át (multiplexing)
 - Massive MIMO: 8-nál több antenna
 - MU-MIMO (Multi User MIMO): egyszerre nem csak egy klienst szolgál ki időben osztott módon
- **Beamforming:** mobil kliens tudatja a helyét a bázisállomással, aki irányítottan sugároz felé vezérelve a jel fázisát és amplitudóját/jelszintjét
 - Jobb sávszélesség kihasználás, nagyobb hatótávolság
 - Példa: lámpa búra nélkül vs. búrával

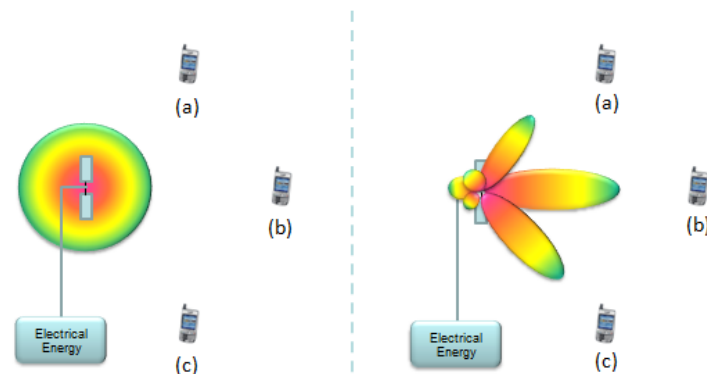


2x2 MIMO



(a) Single User MIMO, 4 streams

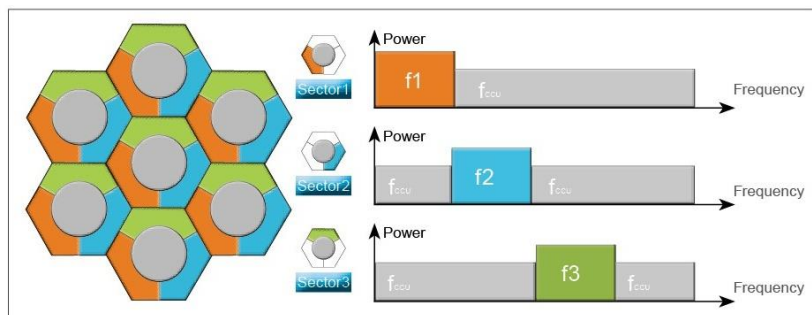
(b) Multi User MIMO, 2 users, 2 streams each



< Case 1 >

< Case 2 >

- Heterogén hálózatok (HetNet) / Small Cells
 - Több különböző cellatípus kombinálása
 - Átfedő cellák / cella a cellában – interferencia lehet
 - Cél: jobb lefedettség

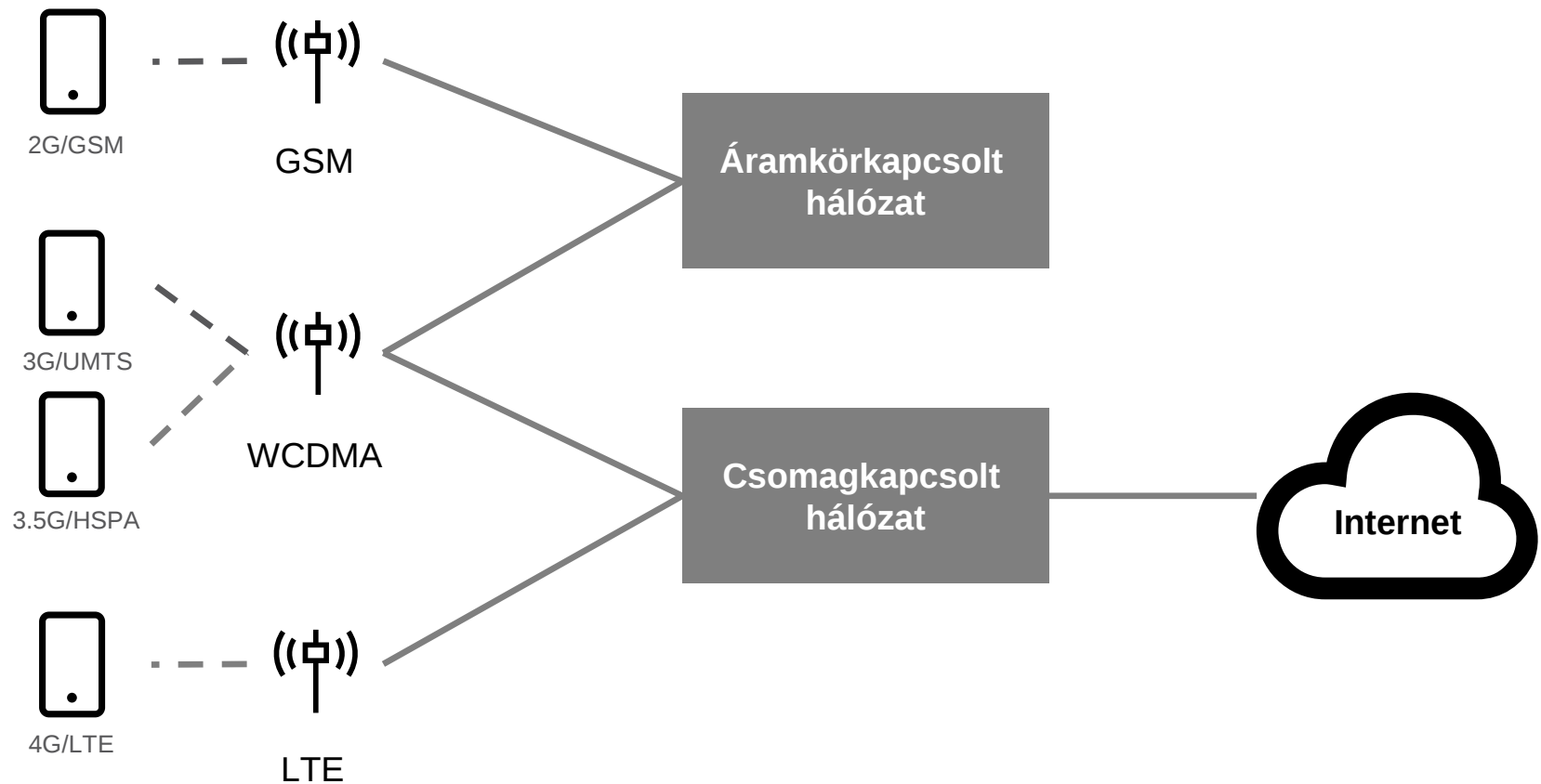


Indoor:	10-100mW	 Femto
Outdoor:	0.2-1W	
Coverage radius:	10s of meters	
Indoor:	100-250mW	 Pico
Outdoor:	1-5W	
Coverage radius:	10s of meters	
Outdoor:	5-10W	 Micro
Coverage radius:	100s of meters	
Outdoor:	>10W	
Coverage radius:	kilometer(s)	 Macro

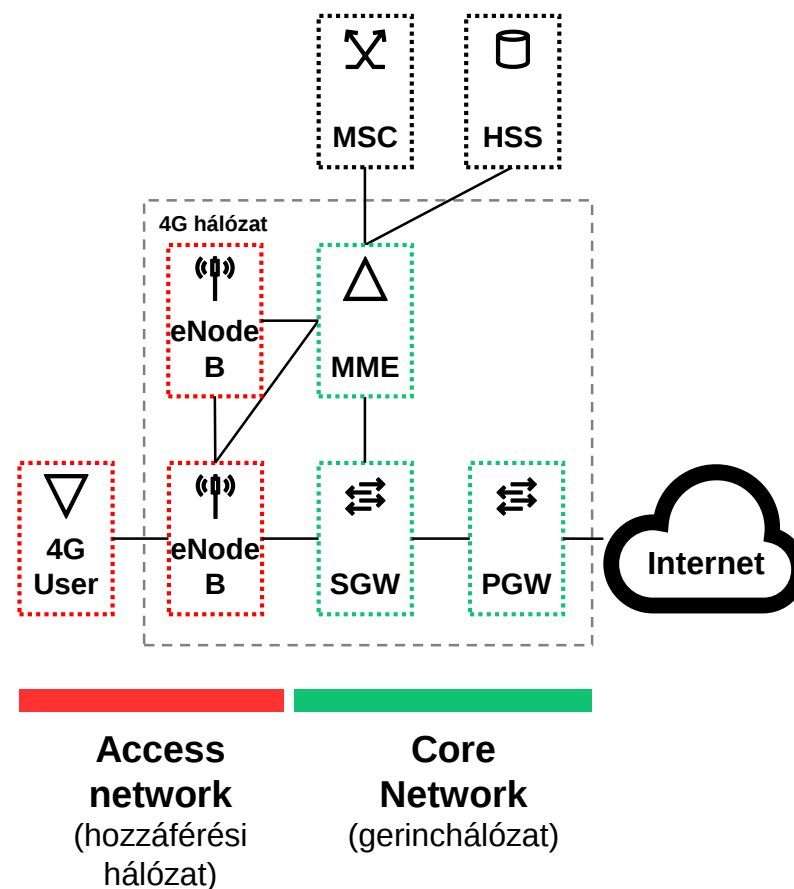
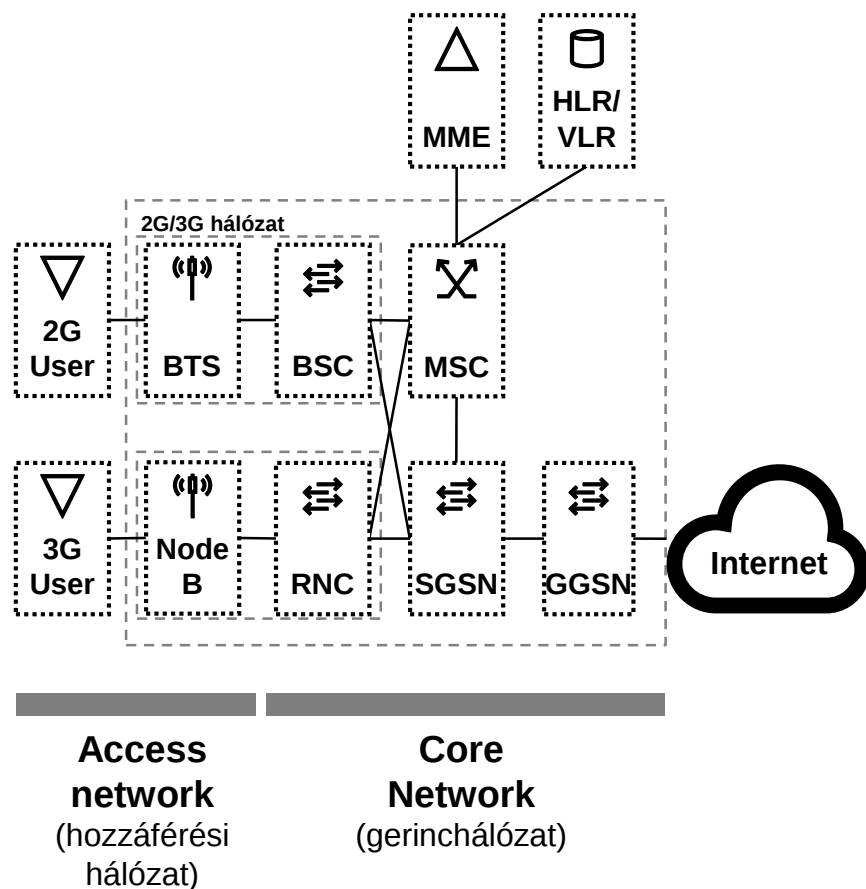
- ICIC: Inter-Cell Interference Coordination
 - Teljesítmény és frekvencia koordinált szabályozása
 - Cellahatáron csak a spektrum egy része használható
- eICIC: átfedő celláknál időosztás is

- Nagyobb adatsebesség
 - OFDMA, alvivők, változó szélességű spektrumallokáció
 - * 64-QAM moduláció
 - Vivő aggregáció
 - Több vivő összefogása → jobb adatsebesség, kisebb késleltetés
 - MIMO & Beamforming – küldés párhuzamosítása & irányított sugárzás
- Több felhasználó kiszolgálása
 - * MU-MIMO
- Lefedettség & helyi adatsebesség
 - Small cells – többféle cellaméret, „cella a cellában”
 - * Relay eNodeB – átjátszó, jelkorrekciós funkció
 - Kis energiafogyasztású „Small cell” a cellahatárnál
 - Donor eNodeB-hez (DeNodeB) kapcsolódik (olyan eNodeB, mely Relay eNodeB-t támogat)
 - * CoMP – Coordinated Multipoint Operation
 - Cellahatáron több torony jelét veszi
- Offload (tehermentesítés) & nagyobb adatsebesség
 - VoWiFi (később)
 - * LTE-U / LAA – LTE 5GHz (WiFi) sávon (vezérlés az LTE-n marad)
- Készülék támogatás is kell több technológiához (pl. MIMO, vivő aggr.)
 - <http://www.3gpp.org/keywords/acronyms/1612-ue-category>

LTE – architektúra

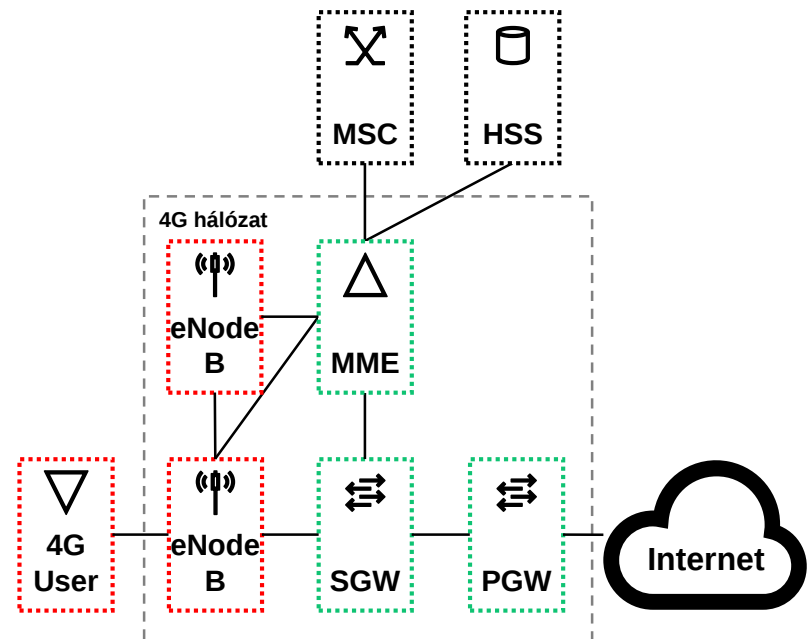


2G/3G vs. 4G architektúra



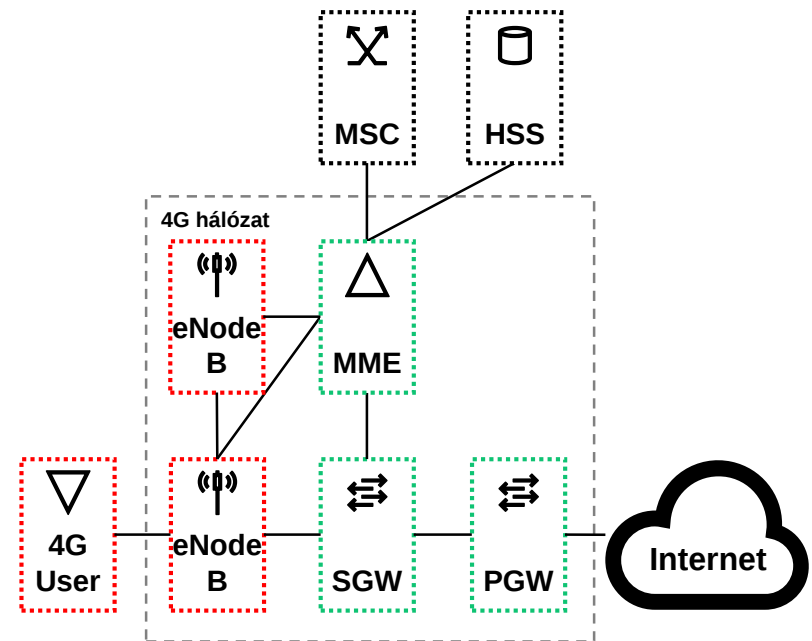
LTE – architektúra

- ❑ **eNodeB** – LTE bázisállomás
 - Nincs külön Controller (pl. RNC 3G-nél)
 - eNodeB része → kisebb késleltetés
- ❑ **SGW** (Serving Gateway)
 - IP adattovábbítás a felhasználó és a külső hálózat között
 - Mobilitásban is szerepe van
- ❑ **PGW** = PDN GW (Packet Data Network Gateway)
 - Kilépési pont külső hálózatok felé
 - IP cím allokáció
 - Házirend/szabályok alkalmazása - csomagszűrés
 - Erőforrás használat elszámolásának támogatása
 - Törvényes lehallgatás (lawful interception)



LTE – architektúra

- ❑ **MME** (Mobility Management Entity)
 - Felhasználó követés és paging (UE felébresztése „idle” módból)
 - Csak vezérlő üzeneteket kezel, központi vezérlő funkció az LTE-ben
 - Mobilitás kezelés
 - Hordozó (bearer) aktiválás
 - SGW választás
 - Authentikáció kezelése (HSS)
- ❑ **HSS** (Home Subscriber Server)
 - Felhasználói adatok



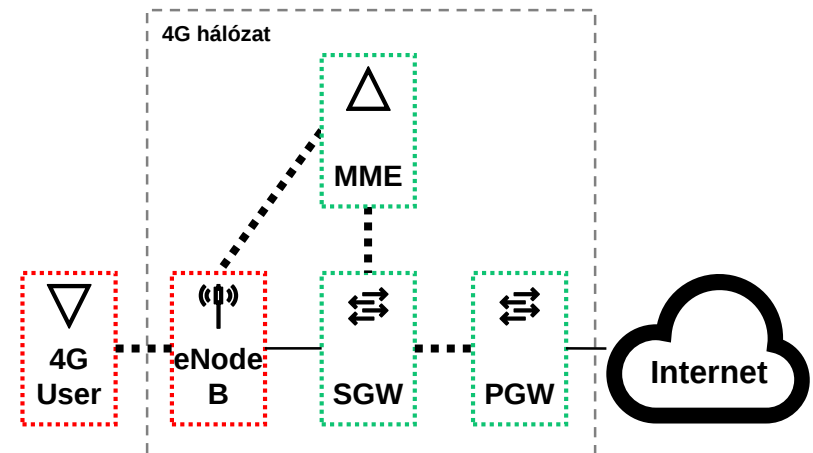
LTE – vezérlés vs. felhasználói adat

□ Vezérlősík

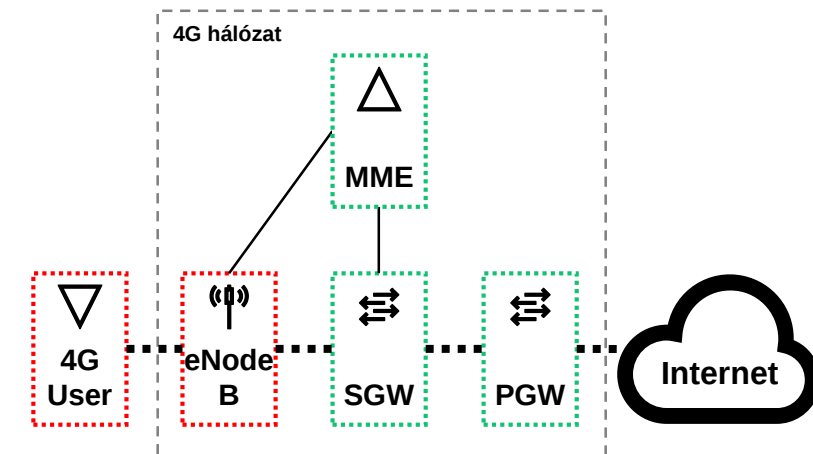
- Üzenetváltás útvonala:
4G User – eNodeB –
MME – SGW – PGW

□ Felhasználói (adat) sík

- Üzenetváltás útvonala:
4G User – eNodeB –
SGW – PGW – Külső
hálózat (pl. Internet)



LTE hálózat – kommunikáció a vezérlő síkon



LTE hálózat – kommunikáció a felhasználói síkon

LTE – mobilitás

- Hard handover: átadás előtt lebomlik a kapcsolat az átadó cellával
 - Hard handover: „break before connect”
 - Soft handover: „connect before break”
- Mobil készülék mérései alapján az eNodeB (bázisállomás) dönt
- Handover típusok
 - Intra-eNodeB Handover
 - Cellaváltás eNodeB-n belül
 - Frekvencia váltás
 - Inter-eNodeB X2 Handover
 - Közvetlen interfész (X2) szükséges az eNodeB-k között
 - MME nem változik, SGW változhat
 - Inter-eNodeB S1 Handover
 - Ha nincs közvetlen interfész az eNodeB-k között
 - MME és SGW változhatnak



LTE teszt - vissza az időben (2017)

- Használd a telefonod!
 - Ha az adatkapcsolat engedélyezve van, LTE-re vagy csatlakozva?
 - Ha igen, kezdeményezz egy telefonhívást!
 - Mi történik az adatkapcsolattal (figyeld az azt jelölő ikont)?
 - Hívás közben próbálj keresni a böngészőben. Mit tapasztalsz?
 - Tedd le a hívást! Most mi történik?



VoLTE – Voice over LTE

□ Operátorok igénye

- Hang átvitele LTE fölött → Voice over LTE (VoLTE)
 - Hanghívás jelenti még mindig a bevételek nagy hányadát
- Célok:
 - Jobbminőségű hangátvitel
 - HD Voice (AMR-WB), kis késleltetés, hang és internet egyszerre
 - Energiahatékonyság, jobb kapacitás kihasználtság
 - Gazdaságosabb hálózatüzemeltetés
 - Új operátoroknál felmerülhet a kizárólag LTE alapú megoldás

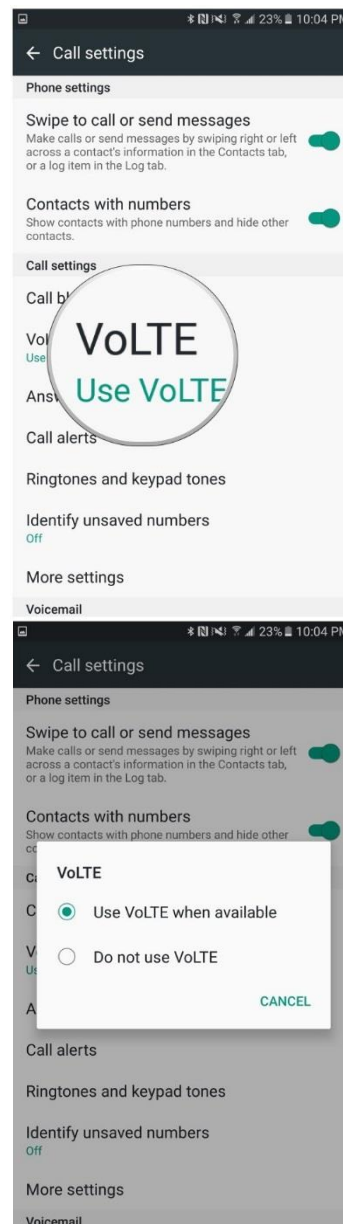
□ VoIP vs VoLTE

- VoLTE = VoIP?
 - IP alapú hangátvitel, garantált minőségű!
- VoLTE = LTE + IMS?
 - IMS = IP Multimedia Subsystem
 - Alkalmazás / kapcsolat kezelő / média szerverek (hálózati funkciók) összessége
 - IMS – az egyetlen standard multimédiás szolgáltatás LTE-re

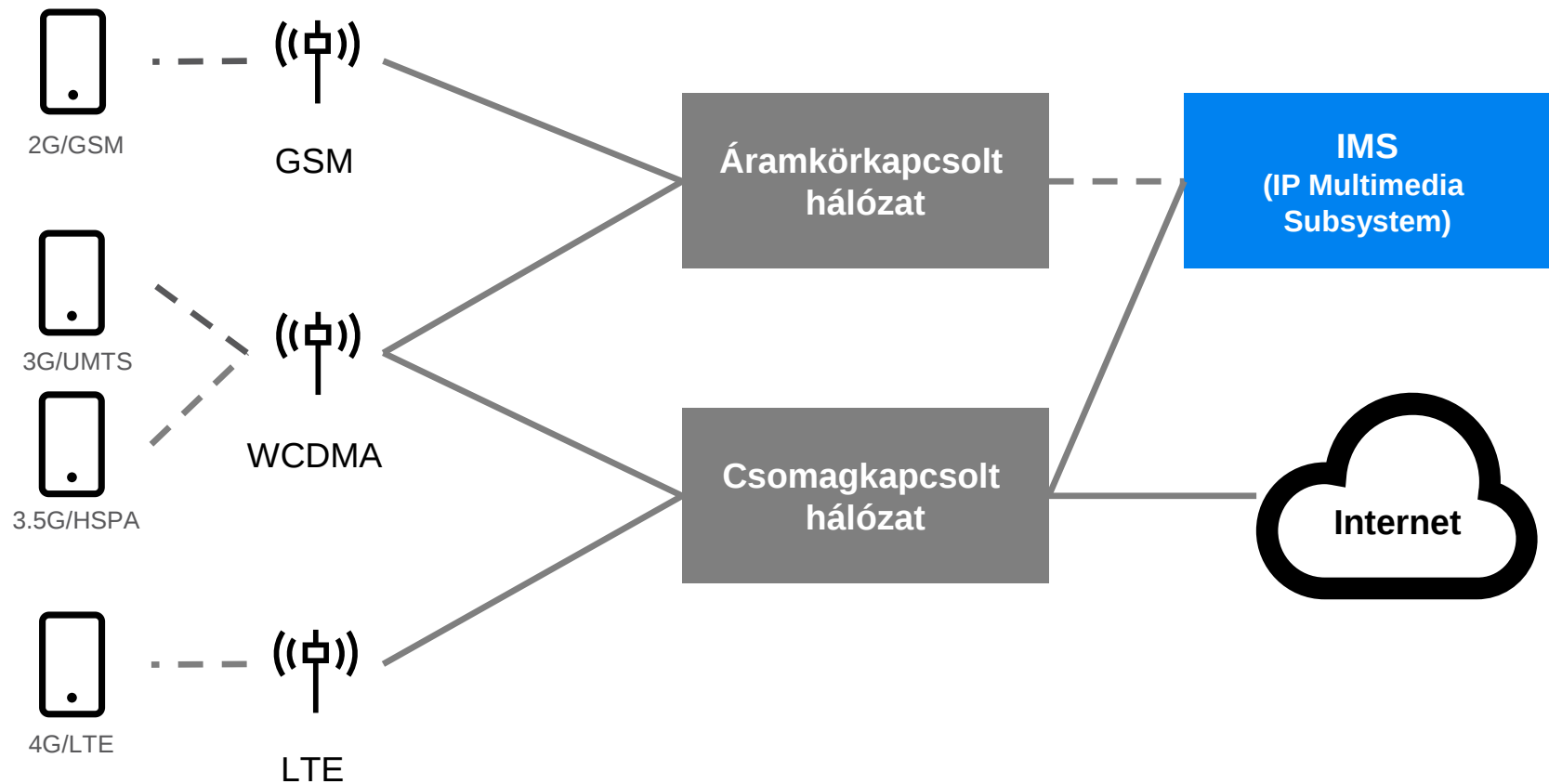
- ❑ 2009: IMS alapú VoLTE megoldás javaslat (OneVoice)
- ❑ 2010 február – szeptember: GSMA standardizáció
- ❑ 2011.02.08: A világ első VoLTE hívása (Verizon)
- ❑ 2012 augusztus: első kereskedelmi hálózat (SK Telecom)
- ❑ Magyarországon
 - Tesztelés 2016 első félévétől: Telenor, majd Telekom
 - Bevezetés
 - ❑ 2017.04 – Telekom
 - http://www.telekom.hu/rolunk/sajtoszoba/sajtokozlomenyek/2017/aprilis_27
 - <http://www.telekom.hu/lakossagi/szolgaltatasok/internet/mobilinternet/4g/volte>
 - ❑ 2019.01 – Telenor
 - <https://www.telenor.hu/sajto/kozlemeny/volte-szolgalatas>
 - ❑ 2019.04 – Vodafone

VoLTE – használat előfeltételei

- Hálózati támogatás
- Speciális készülék, chipset
 - 2 kapcsolat fenntartása (internet + IMS)
 - Média kódoló támogatás
- VoLTE funkció elérhetősége
 - SW upgrade
(példa: Samsung Galaxy S5 – 2014 június)
 - OS: Android 5+, iOS 8+
- Telefon beállítások



VoLTE – architektúra



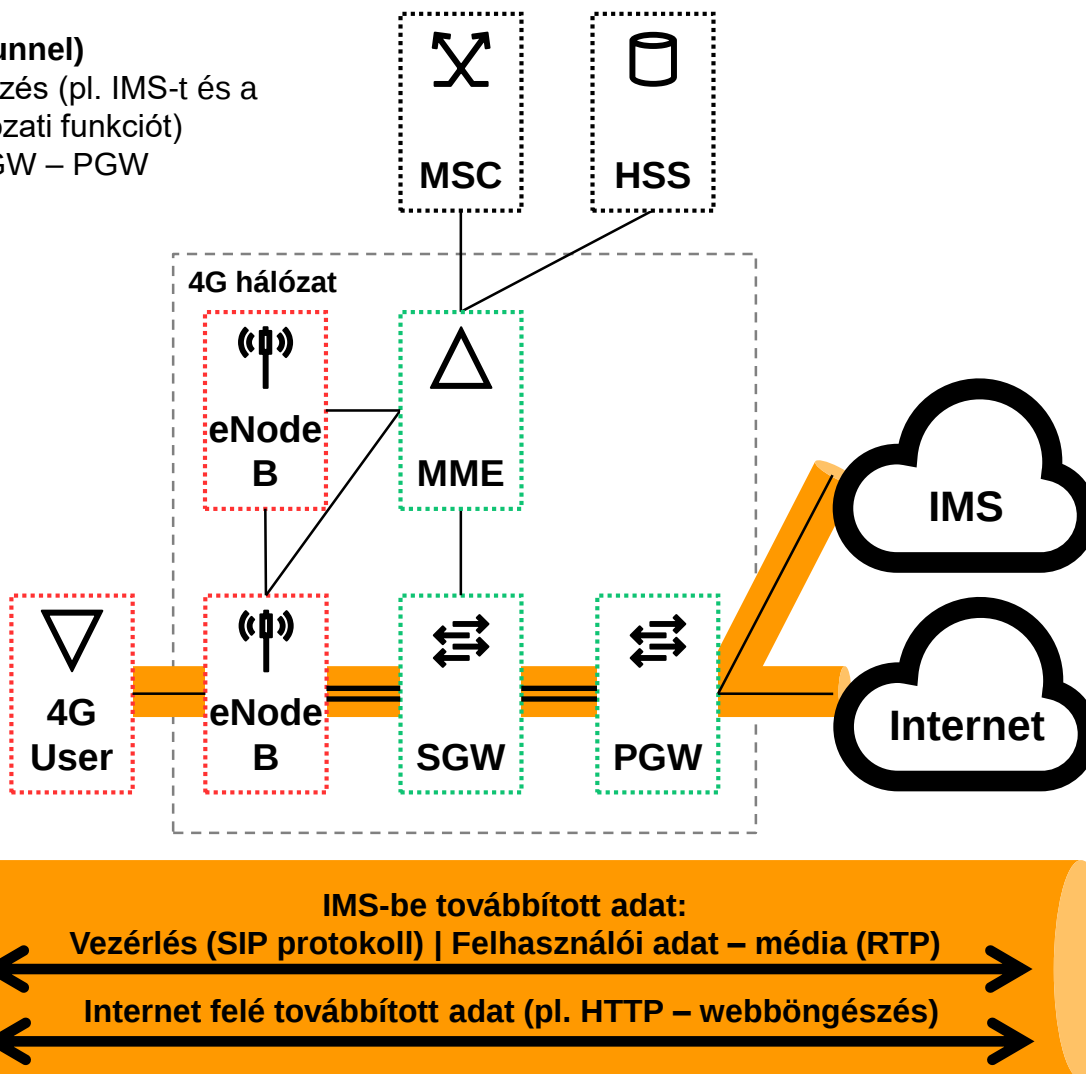
VoLTE – architektúra

□ Újdonság az LTE architektúrához képest: IMS



Alagutazás (tunnel)

- Kettős IP címzés (pl. IMS-t és a következő hálózati funkciót)
- eNodeB – SGW – PGW



- Hogyan jut el egy csomag a felhasználótól a külső (internet) hálózatba
 - Rádiós interfész + alagutak (tunnel-ek) → együtt hordozó
- Hordozó (bearer)
 - Logikai egység a felhasználói készülék (UE) és PGW között
 - Adott végponthoz / szolgáltatáshoz (pl. internet) kapcsolódik
 - APN: Access Point Name – végpont neve
- VoLTE
 - IMS kezeli a multimédia szolgáltatásokat
 - SIP vezérlő protokoll + RTP médiacsomagok
 - Ezeket az üzeneteket is el kell juttatni az LTE gerinchálózaton keresztül az IMS-be → hogyan lehetséges?
 - Hasonlóan, mint az internet végpont esetében
 - DE! egy hívásnak más QoS (Quality of Service) követelményei vannak
 - 9 QoS osztály adott csomagvesztési rátával és késleltetéssel
 - QCI = QoS Class Identifier (QoS osztály azonosító)

□ Két hordozó típus

■ Default (alap) – QoS nem garantált

- Hálózatra csatlakozáskor épül fel (úgynevezett Attach procedúra során)
- Megmarad a hozzárendelés a hálózat lebontásáig (Detach)
- Több is létrehozható különböző szolgáltatásokhoz, példák:
 - LTE: csak Internet APN-hez tartozó Default hordozó
 - VoLTE: IMS és Internet APN-hez tartozó két külön Default hordozó

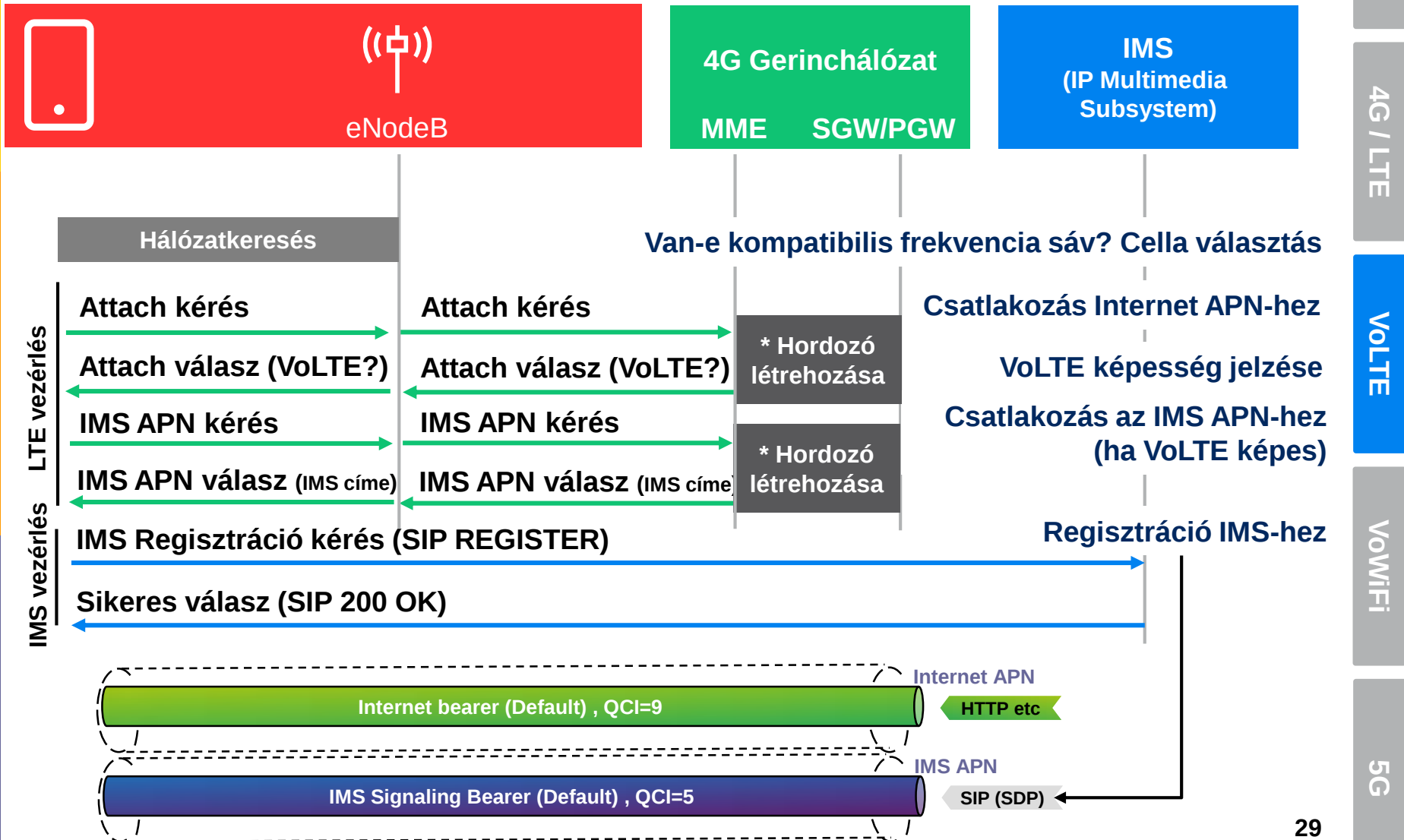
■ Dedicated (dedikált) – garantált QoS

- Ideiglenesen épül fel például audio vagy video híváshoz
 - Hívás végén lebontásra kerül
- Mindig valamely default hordozóhoz kötődik
 - Pl. VoLTE hanghíváshoz tartozó dedikált hordozó az IMS APN-hez

□ UE és PGW kényszeríti ki a QoS-t

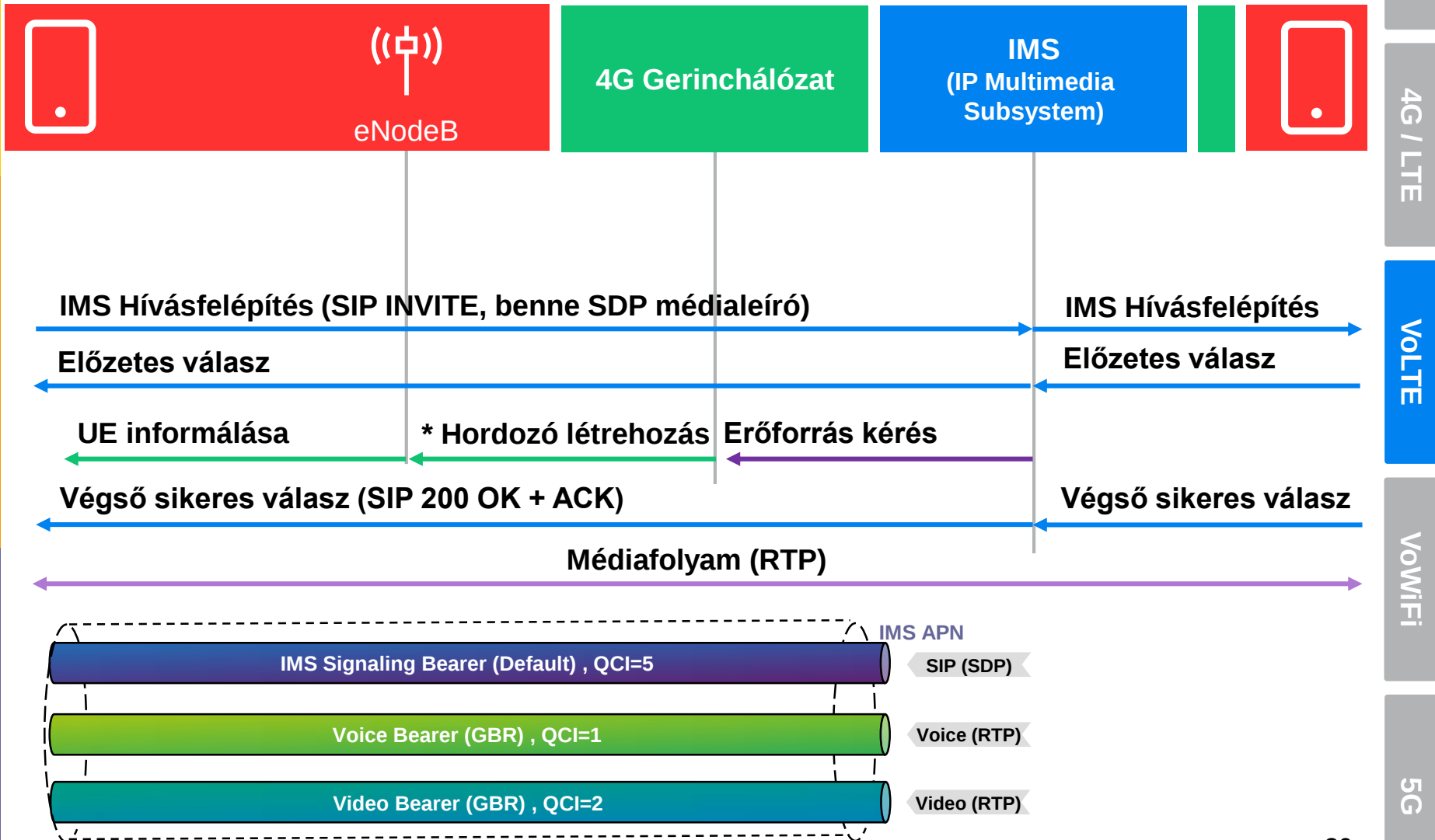
- Prioritizálás, sávszélesség/forgalomszabályozás
- Forrás/cél IP és port valamint protokoll alapján

VoLTE – kapcsolódás a hálózathoz



* Emlékeztető | Hordozó: UE-PGW közt, rádiós interfész + tunnelek

VoLTE – hívásfelépítés



* Emlékeztető | Hordozó: UE-PGW közt, rádiós interfész + tunnelek

VoLTE + 2G/3G?

- ❑ ICS (IMS Centralized Services)
 - Multimédia szolgáltatás az IMS-től 2G/3G-n is
- ❑ CSFB (Circuit Switched Fall Back)
 - Hívásindításkor fallback 2G/3G-re
 - Hívásfogadáskor a „paging” (UE felébresztése) LTE-n történik
 - Adatkapcsolat – 2 opció
 - ❑ Megszakad amíg a hívás be nem fejeződik
 - ❑ 2G/3G-re átkerül → lassabb adatsebesség
 - Attach szükséges 2G/3G és 4G rendszerhez is
 - Nagy hívásfelépülési idő
- ❑ SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity)
 - Hívás közben handover 4G-ről 2G/3G-re a hívás megszakadása nélkül
 - rSRVCC (Reversed SRVCC): 2G/3G-ről 4G-re
 - UE az Attach során jelzi, hogy támogatja-e az SRVCC-t

□ Motiváció

- Otthoni beltéri lefedettség – VoLTE hívás problémás lehet → lefedettség kiterjesztés
- 4G cellák és frekvenciahasználat csökkentése (offload)

□ Opciók

- LTE Femtocellák (3G femtocellák cseréje)
- VoWiFi
 - Kiegészítő szolgáltatásként
 - Szolgáltatás folytonosság WiFi kihasználásával
 - Meglévő infrastruktúra
 - Telefonnak támogatnia kell (pl. iOS 8+)

□ Előnyök

- Nem kell külön alkalmazás
- Meglévő hívószám használata
- Hívásindítás
 - 2G/3G/VoLTE/WiFi transzparens módon
- Hívás közben
 - Hívás folytonosság – LTE-VoWiFi vagy WiFi-WiFi handover
- Azonos számlázás, mint VoLTE esetben
 - Hozzáférés független szolgáltatás
- Nincs roaming díj

□ Trusted / Untrusted

- Trusted: ugyanaz az operátor biztosítja a mobil és WiFi szolgáltatásokat
 - Avagy nem szükséges külön azonosítás, hasonlóan a 3GPP hálózathoz
- Untrusted: tetszőleges WiFi hozzáférési pont használata
 - Plusz autentikáció és biztonságos kapcsolat szükséges

VoWiFi – architektúra („untrusted”)

□ ePDG

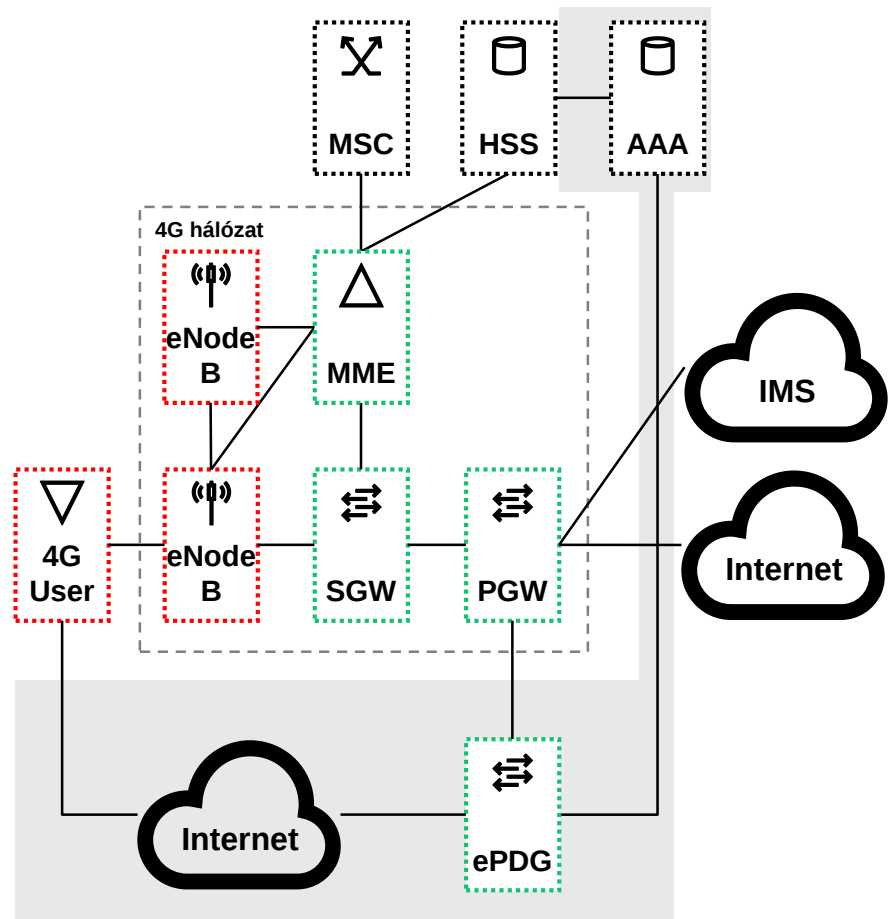
- Evolved Packet Data GW
- Biztonságos kapcsolat (IPSec) kiépítése a 4G készülékkel
- SGW-szerű funkció
- PGW választás
- Mobilitás
- Trusted esetben más funkció (TWAG) ePDG helyett

□ AAA

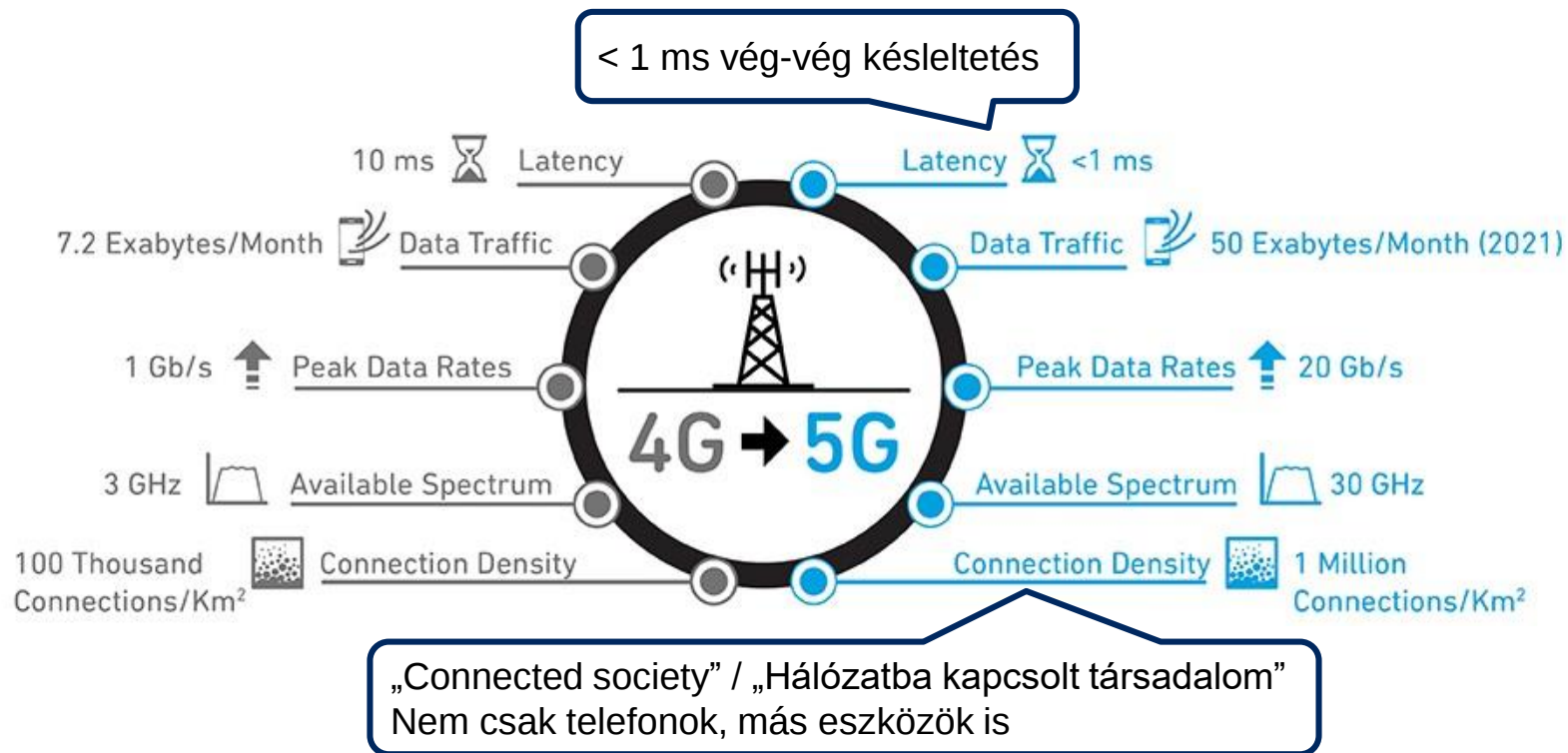
- Authentication, Authorization, Accounting
- Biztonsági kulcs

□ HSS

- Felhasználói adatok



4G → 5G (úton az 5G felé...)



Költséghatékony

- Kisebb átviteli költség / bit
- Kisebb energiafogyasztás / bit

Nagysebességű adatátvitel – 1-10 Gbps

- Új rádiós interfész (NX) – 6-100 GHz sáv
- 10x spektrális hatékonyság

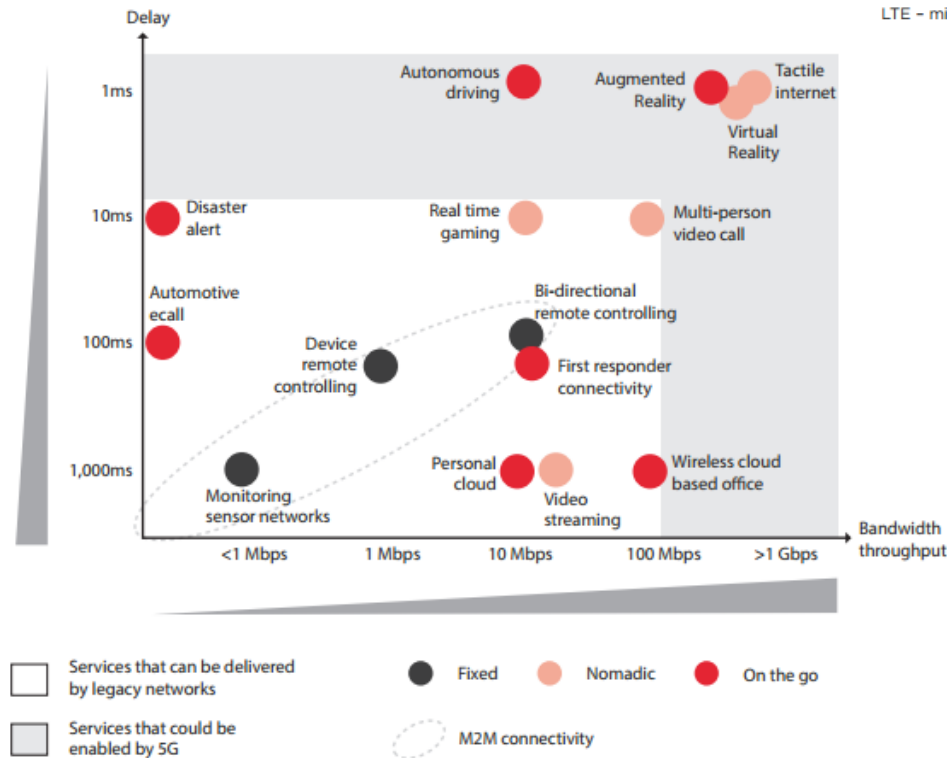


Figure 1: Bandwidth and latency requirements of potential 5G use cases

Source: GSMA Intelligence

LTE - min 10ms

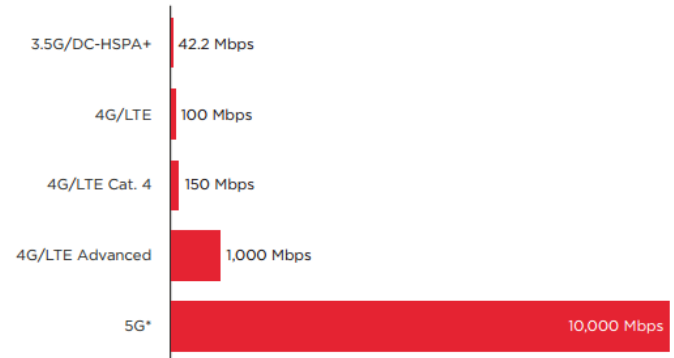
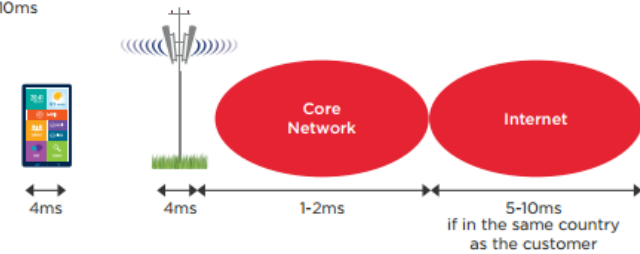


Figure 2: Maximum theoretical downlink speed by technology generation, Mbps (*10 Gbps is the minimum theoretical upper limit speed specified for 5G)

Source: GSMA Intelligence

□ Access Network / Hozzáférési hálózat

■ LTE-nél már látott megoldások, azok továbbfejlesztései

- MIMO, Vivő aggregálás, Beamforming, LTE-U továbbfejlesztése,
- mmWave (24-100 GHz tartományban, csúcssebesség nagy érzékenység és kis távolság mellett) + 3.4-3.8 MHz (kapacitás) + 700 MHz (lefedettség) tartományok
- Rugalmas spektrumallokáció
- Heterogén hálózat / SmallCells

□ Core Network / Gerinchálózat

- Szakítás a telekommunikációs szemlélettel → IT
- SBA – Service Based Architecture (szolgáltatás alapú architektúra)
 - Független szolgáltatások elérése HTTP API-kon keresztül
- NFV – Network Function Virtualization (hálózati funkciók virtualizálása)
 - Szoftver – hardware függetlenítés, rugalmasság, skálázódás
 - Infrastruktúra megosztása központi adatközpontokban → költségcsökkentés
- SDN – Software Defined Networking
 - NFV kiegészítése a topológia dinamikus konfigurálásának lehetőségével
- Network slicing (hálózatszeletelés)
 - Alkalmazási igények mentén több különböző (pl. Telekom / IoT / Industry) gerinchálózat különböző minőségi követelményekkel

CUPS (úton az 5G felé...)

■ CUPS (Control and User Plane Separation)

- Cél – különféle karakterisztikával és követelményekkel bíró szolgáltatások kezelése
- Skálázhatóság javítása
- Vezérlő és felhasználói adat síkok elkülönítése

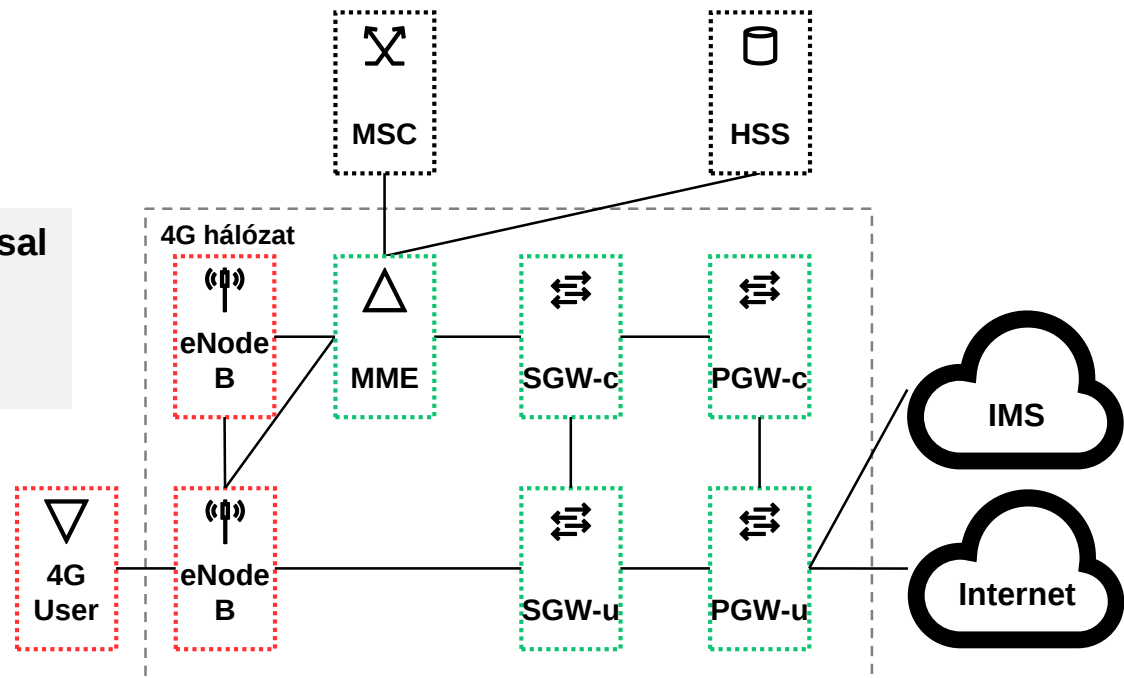
■ Példák

- Vezérlés: IoT – sok eszköz, eszközönként kevés forgalom
- Felhasználói adat: új adatcsomag, pl. ingyen YouTube vagy FWA (Fixed Wireless Access)

LTE hálózat CUPS támogatással

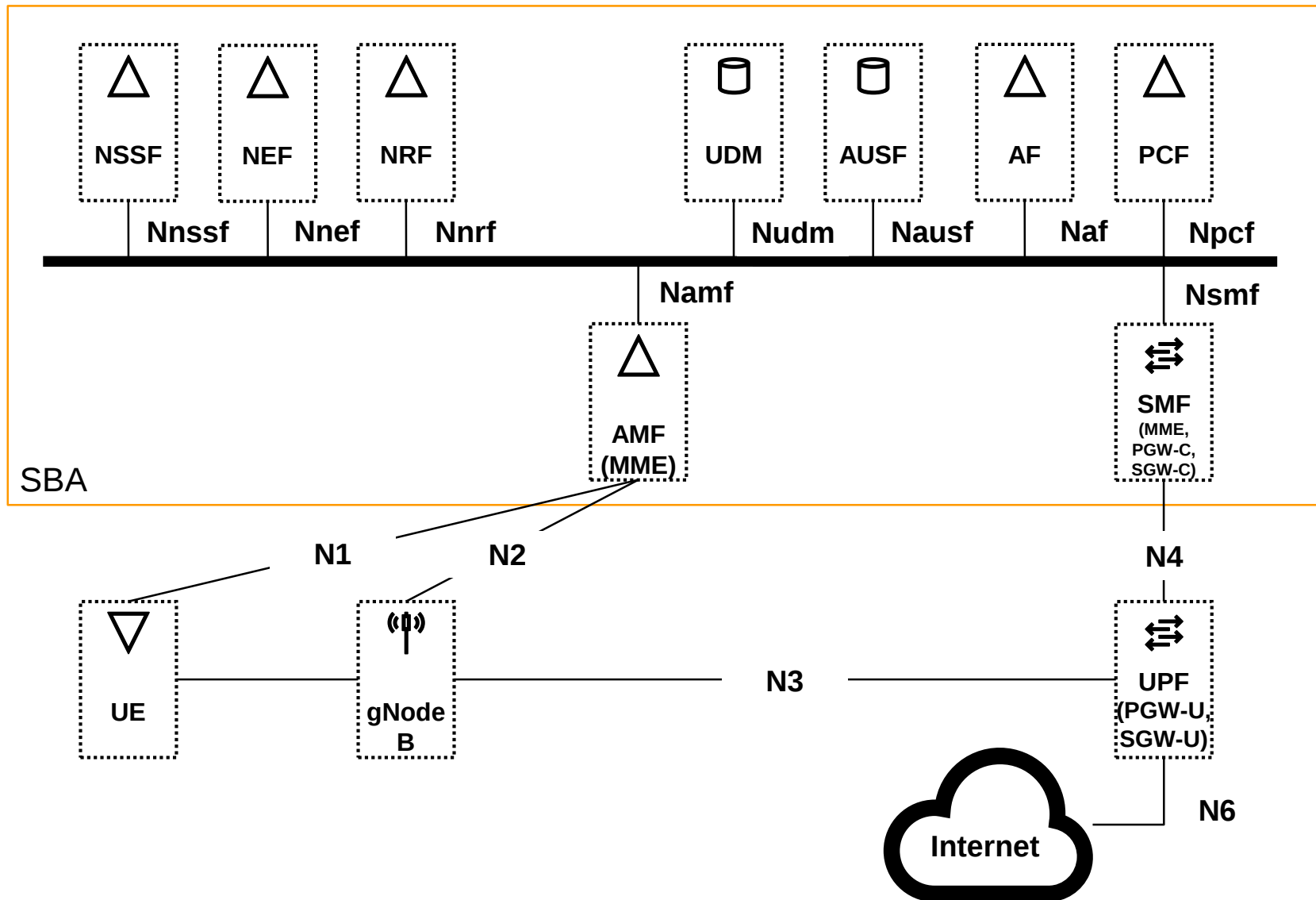
Jelölés

- U: user (felhasználói) sík
- C: control (vezérlő) sík



5G Architektúra - SBA

Nem vizsgaanyag!



Bevezető

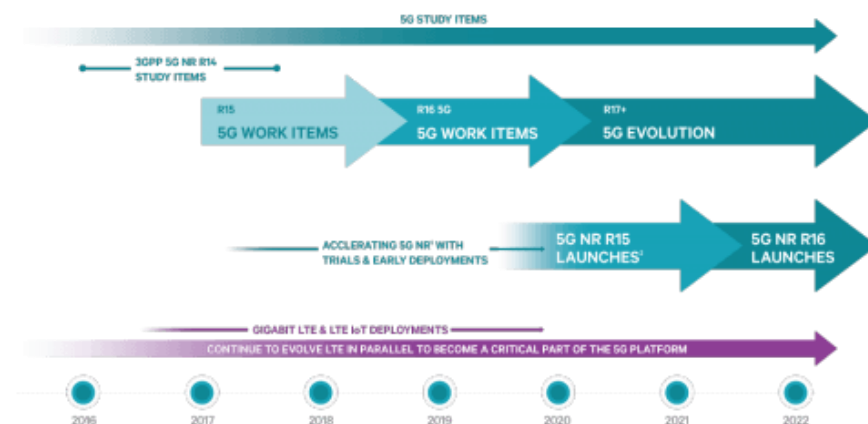
4G / LTE

VOLTE

VoWiFi

5G

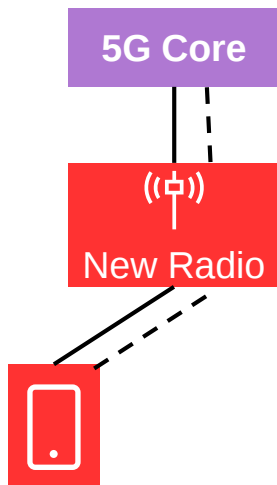
- ❑ 2016/2017 – 5G teszt
 - 800MHz sáv szélesség 15 GHz-en (Ericsson & SK Telekom)
 - ❑ 1 Gbps végpontok közötti sebesség
 - ❑ 4 ms késleltetés
 - Handover teszt nagy sebesség mellett (KDDI & Samsung)
 - Telekom + Ericsson: [első 5G kapcsolat \(22 Gbps\)](#)
- ❑ Szabványosítás folyamatban
 - 3GPP: Release 15 (2018) | Release 16 (2020.06)
- ❑ 2019-ben már kezdeti bevezetés vezető operátoroknál
 - Itthon: [Vodafone](#) (5G opció #3)



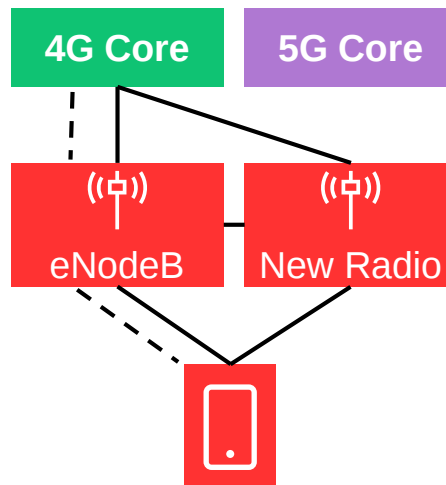
5G bevezetés - opciók

Ami kell: Opció #2 és #3

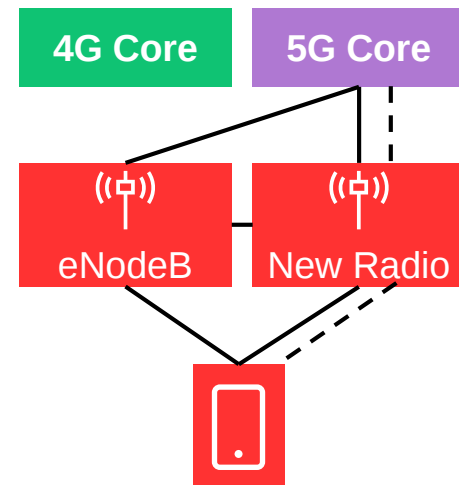
Opció #2 – „Standalone NR”



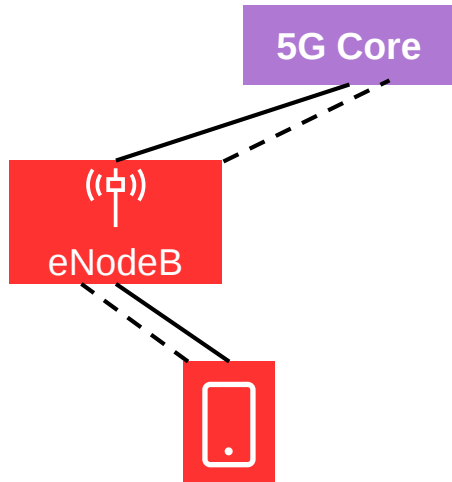
Opció #3 – „LTE-Assisted, 4G Core”



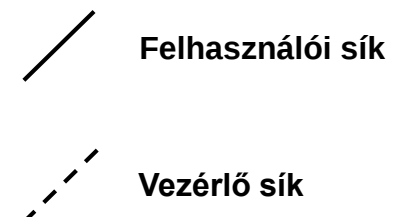
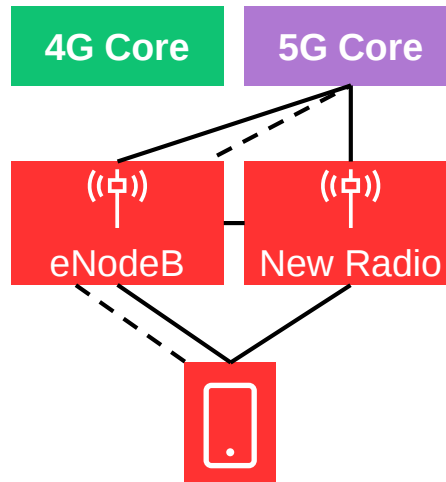
Opció #4 – „NR Assisted”



Opció #5 – „Standalone LTE”



Opció #7 – „LTE Assisted, 5G Core”



Bevezető

4G / LTE

VOLTE

VoWiFi

5G

Referenciák

□ LTE

- <https://www.youtube.com/channel/UCf5srFJ-JofnE8r-bn1o1VA>
- <http://www.netmanias.com/en/?m=kws&g=80>
- LTE – <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte>
- EPC – <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/100-the-evolved-packet-core>
- LTE-A – <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/97-lte-advanced>
- LTE-A Pro – http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1745-lte-advanced_pro
- CA/LTE-U – <https://www.netmanias.com/en/post/reports/8532/laa-lte-lte-u-lwa-mptcp-wi-fi/analysis-of-lte-wifi-aggregation-solutions>
- SmallCells / HetNet – <http://www.3gpp.org/hetnet>

□ VoLTE

- <http://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads//IR.92-v10.0.pdf>
- <http://www.gsma.com/futurenetworks/technology/volte/>
- Miikka Poikselkä, Harri Holma, Jukka Hongisto, Juha Kallio and Antti Toskala: Voice over LTE (Wiley)

□ VoWiFi

- <http://www.gsma.com/network2020/technology/vowifi/>

□ 5G

- <http://www.gsma.com/network2020/technology/understanding-5g/>
- <https://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/wp-5g.pdf>

Alapfogalmak

- DL = downlink, letöltési irány
- UL = uplink, feltöltési irány

Technológiák

- LTE / LTE-A = Long Term Evolution Advanced
- VoLTE = Voice over LTE
- VoWiFi = Voice over WiFi

Technikai megoldások

- FDD / TDD =
Frequency/Time Division Duplexing
- OFDMA =
Orthogonal Frequency Division Multiple Access
- * SISO = Single In, Single Out
- (MU-)MIMO =
(Multi-User) Multiple In, Multiple Out
- * CoMP = Coordinated Multi Point Operation
- * LTE-U = LTE-Unlicensed
- ICIC: Inter-Cell Interference Coordination

2G/3G kompatibilitás

- ICS (IMS Centralized Services)
- CSFB (Circuit Switched Fall Back)
- SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity)

Hálózati elemek

- eNodeB = evolved NodeB, bázisállomás
- SGW = Serving Gateway
- PGW = Packet Gateway
- MME = Mobility Management Entity
- HSS = Home Subscriber Server
- IMS = IP Multimedia Subsystem
- ePDG = Evolved Packet Data Gateway
- AAA = Authentication, Authorization, Accounting

Hordozók, alagutak, minőségbiztosítás

- APN = Access Point Name
- QoS = Quality of Service
- QCI = QoS Class Identifier

5G

- CUPS = Control and User Plane Separation
- * SBA = Service Based Architecture
- * NFV = Network Function Virtualization
- * SDN = Software Defined Networking

**[Köszönöm a
figyelmet!]**

