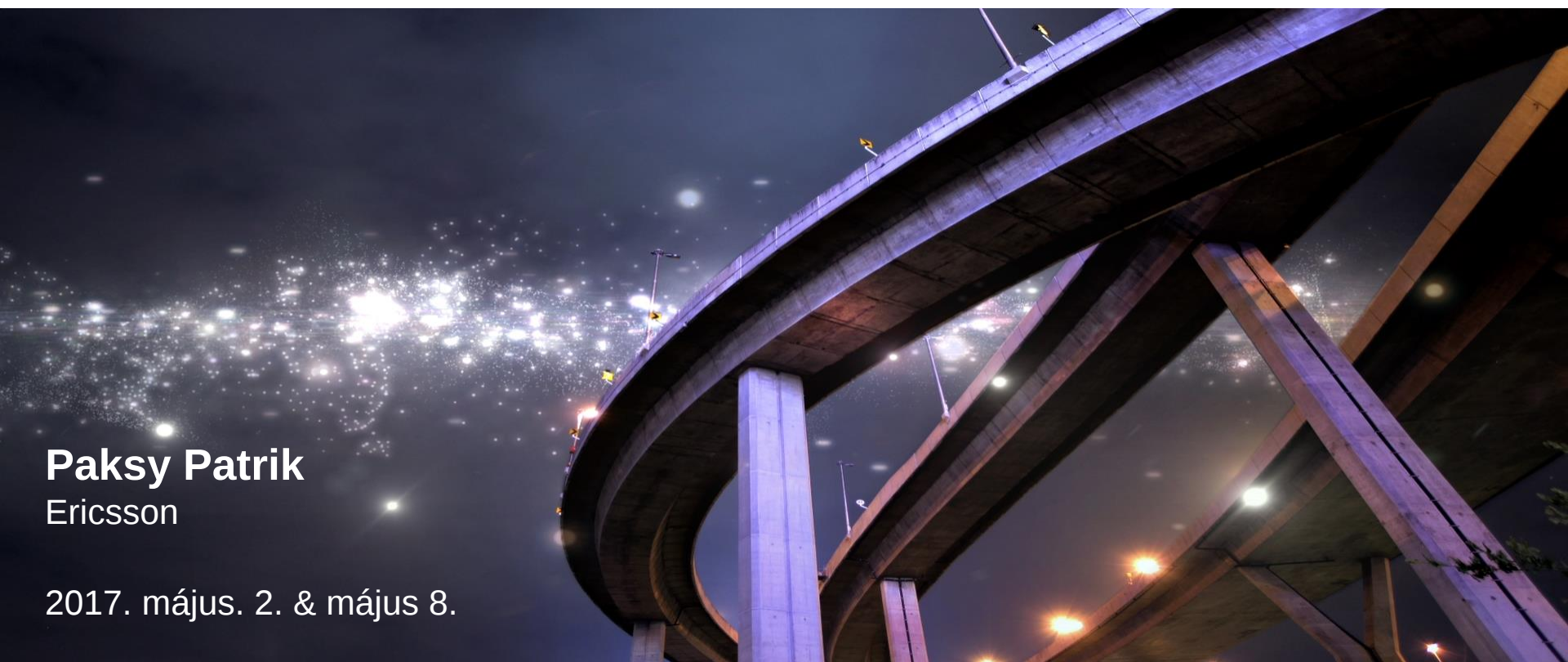


Kommunikációs hálózatok 2

4G ... 5G avagy úton a supersztrádán

Paksy Patrik
Ericsson

2017. május. 2. & május 8.



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

Hálózat komplexitása

Nem vizsgaanyag!

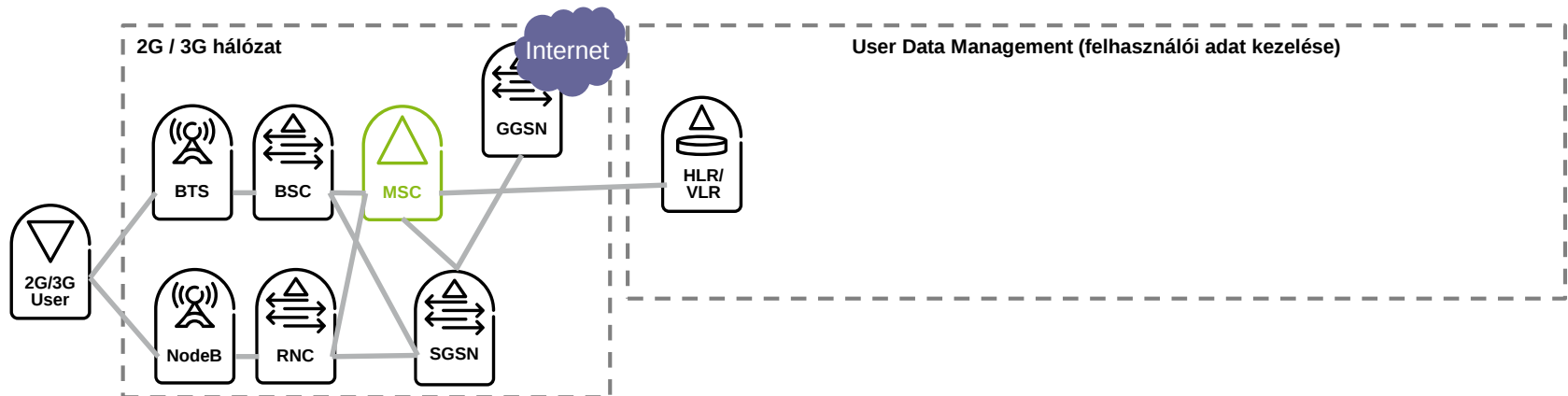
Bevezető

4G / LTE

VOLTE

VoWiFi

5G



Hálózat komplexitása

Nem vizsgaanyag!

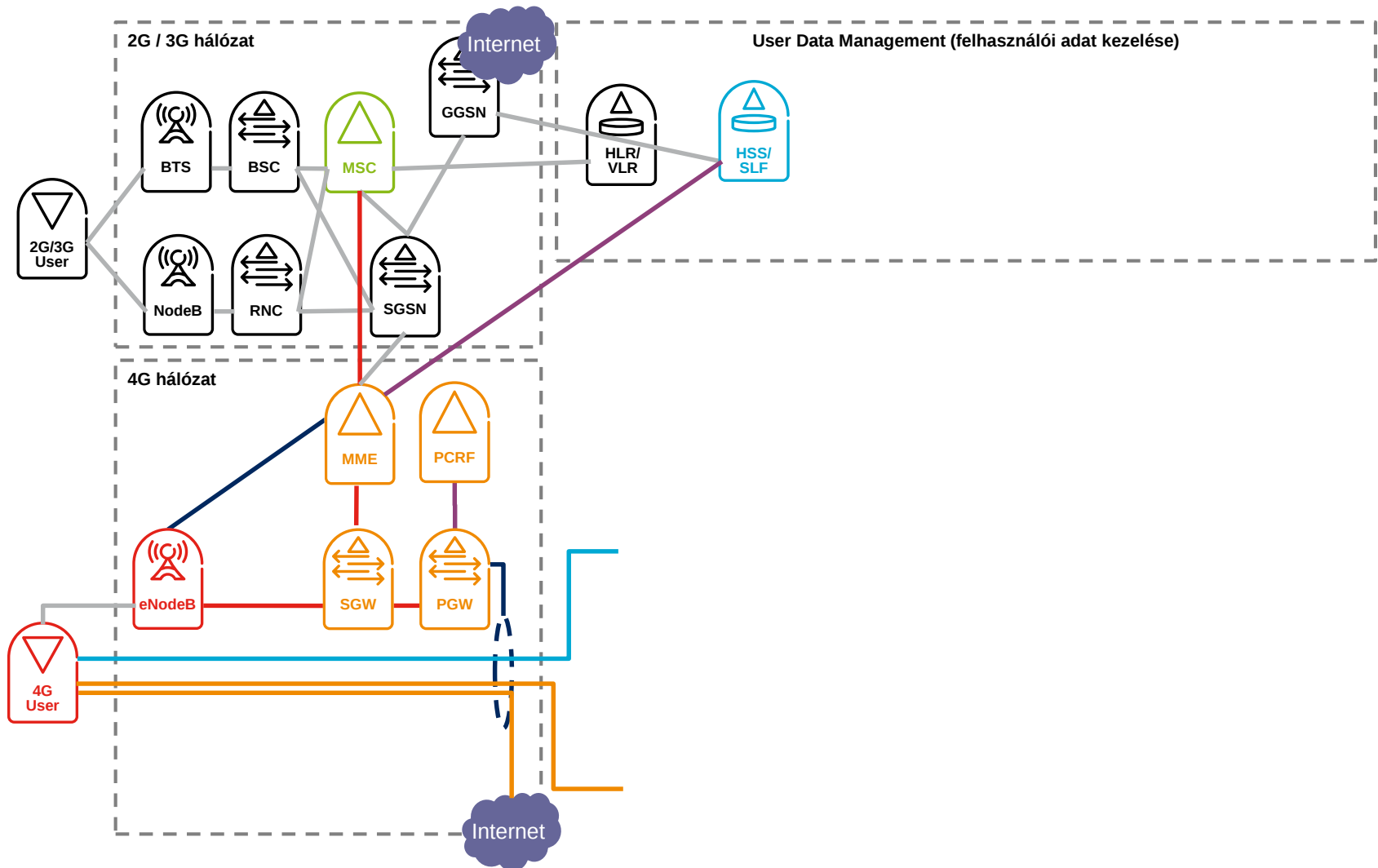
Bevezető

4G / LTE

VOLTE

VoWiFi

5G



Hálózat komplexitása

Nem vizsgaanyag!

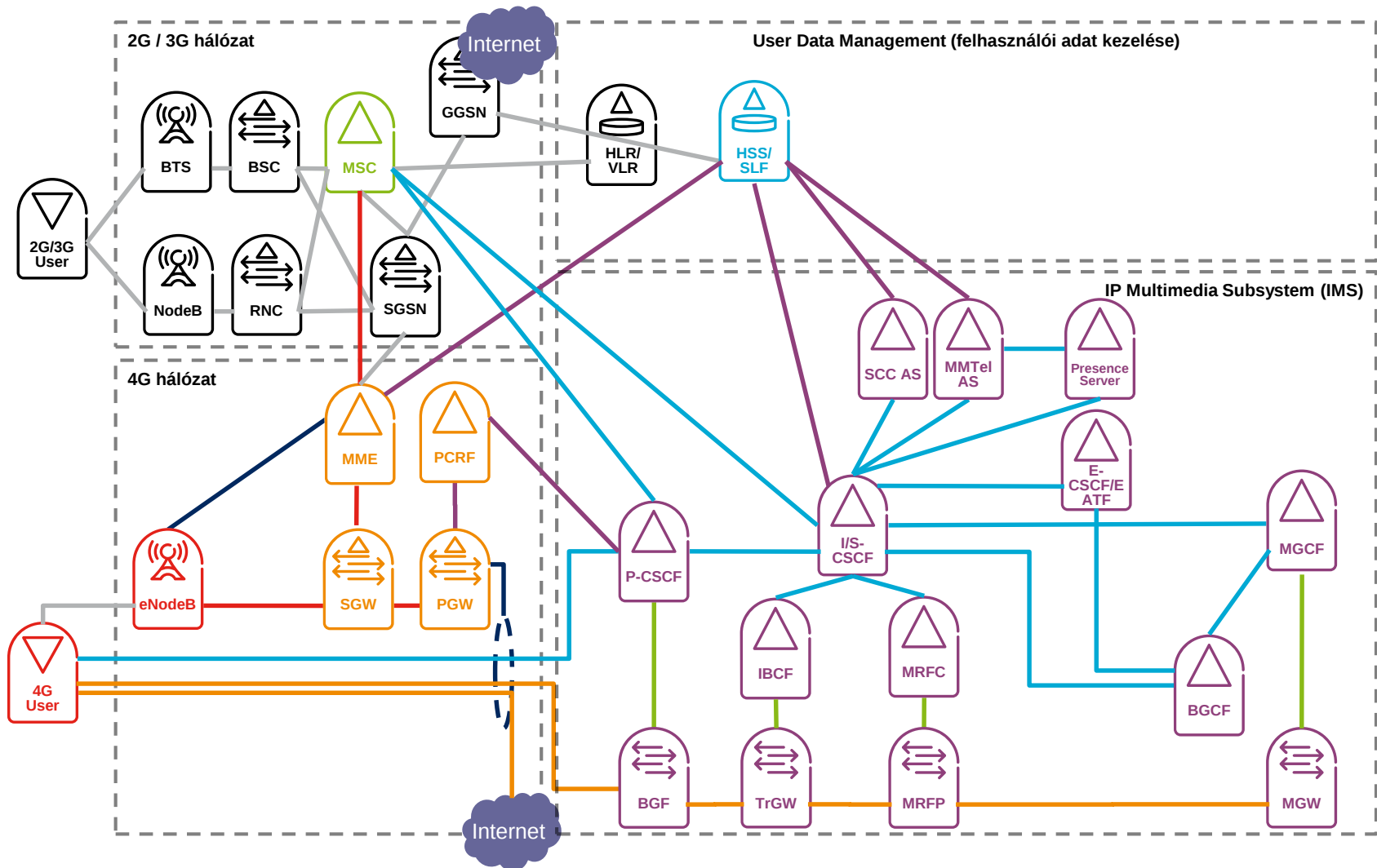
Bevezető

4G / LTE

VOLTE

VoWiFi

5G



Hálózat komplexitása

Nem vizsgaanyag!

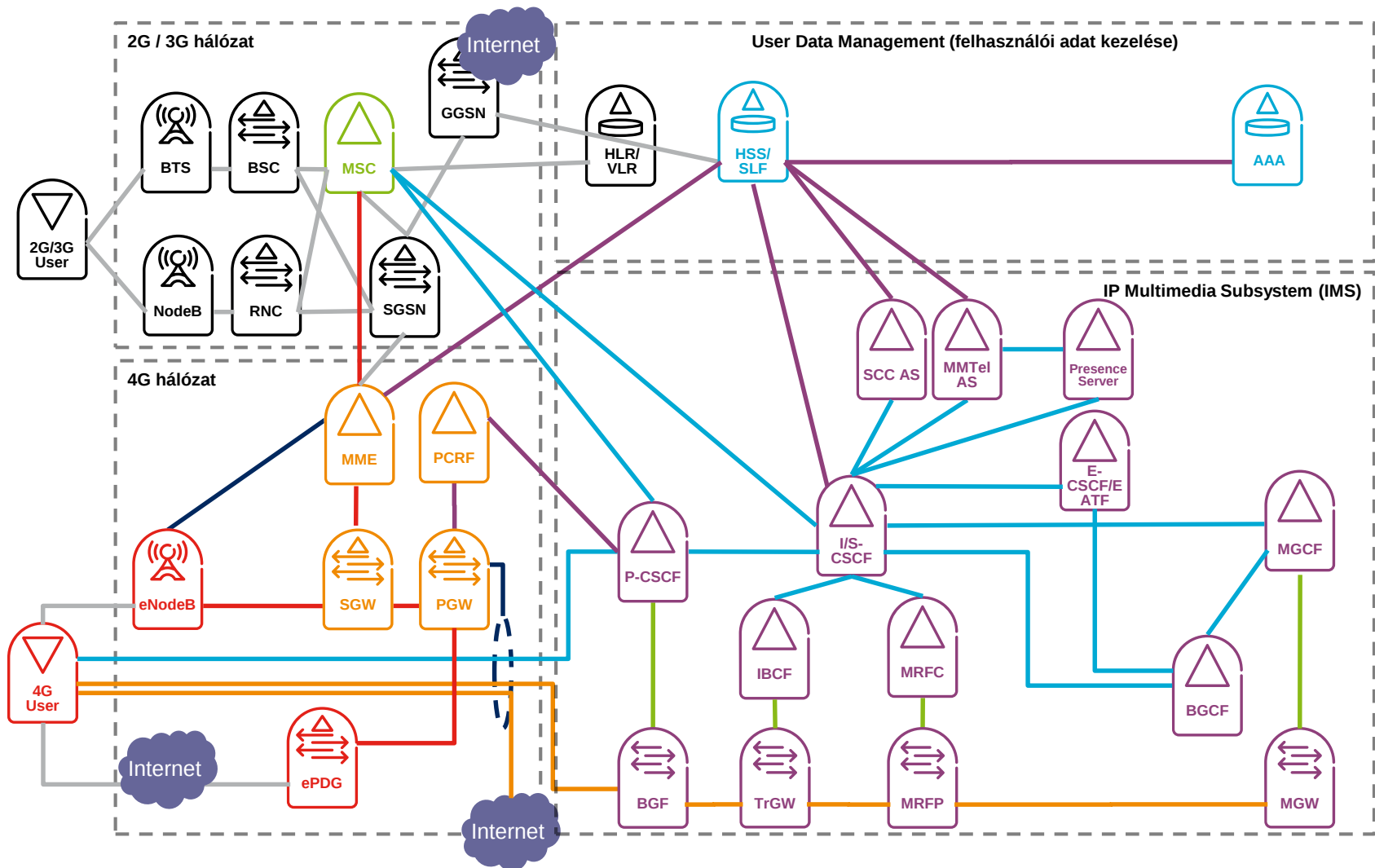
Bevezető

4G / LTE

VOLTE

VoWiFi

5G



Hálózat evolúció

A számokat csak
nagyságrendileg kell tudni

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

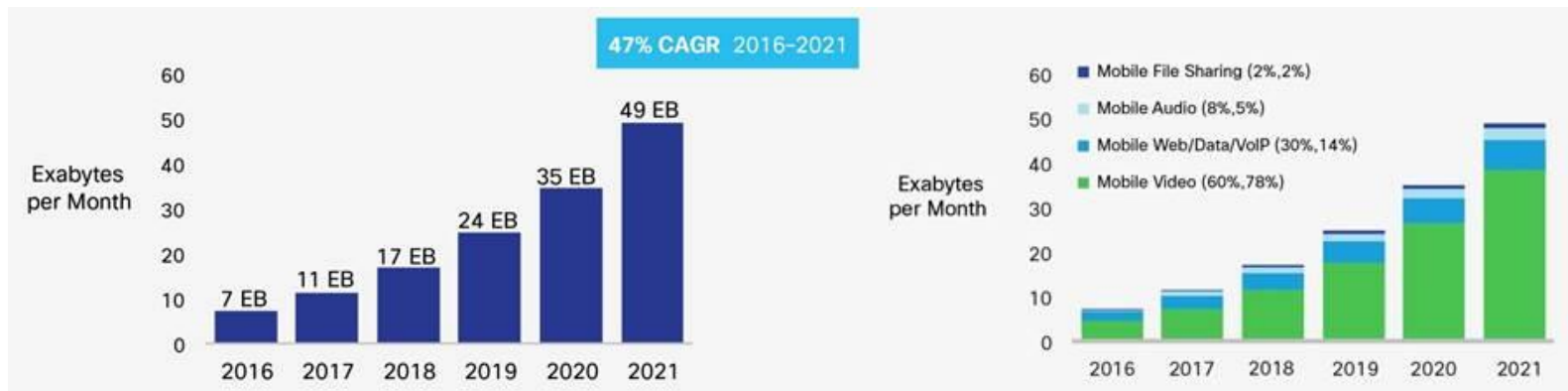
- Negyedik generációs mobilhálózat
- IP alapú, csomagkapcsolt átvitel
- Nagy sebességű internet biztosítása
- Csak internet, hangátvitelhez VoLTE kell (később)
- 3 fő szabvány: LTE, LTE-Advanced, LTE Advanced Pro

□ Motiváció

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

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

1 EB = 1000 PB = 1 000 000 TB

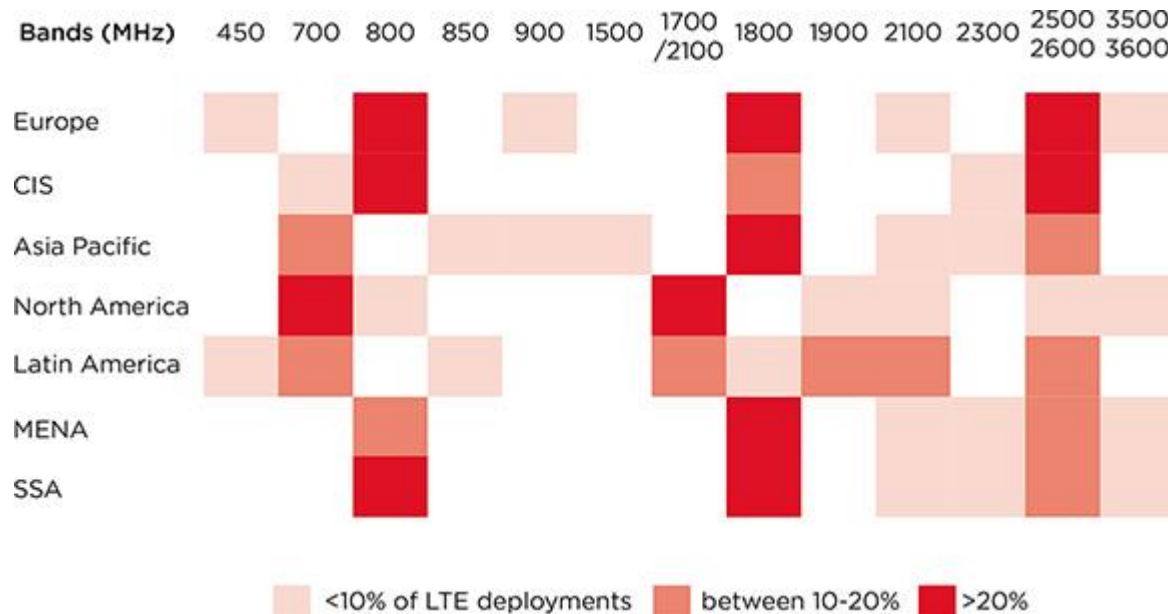


<http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html>

- ❑ 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 core hálózat
 - 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
 - ❑ CDMA: hálózat alapú beengedés szabályozás, telefon alapján
 - ESN: Electronic Serial Number (~ IMEI)
- LTE: egységes szabvány, SIM alapú
 - ❑ Verizon: 2019-ben leállítja 2G CDMA szolgáltatását



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

□ Hogyan tovább?

- WCDMA fejlesztése? – MIMO, 64-QAM moduláció, 2 vivőfrekvencia használata
 - Kisebb változtatások, kompatibilis módon
- **Új rádiós interfész?**
 - Spektrumhasználat javítása
 - 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

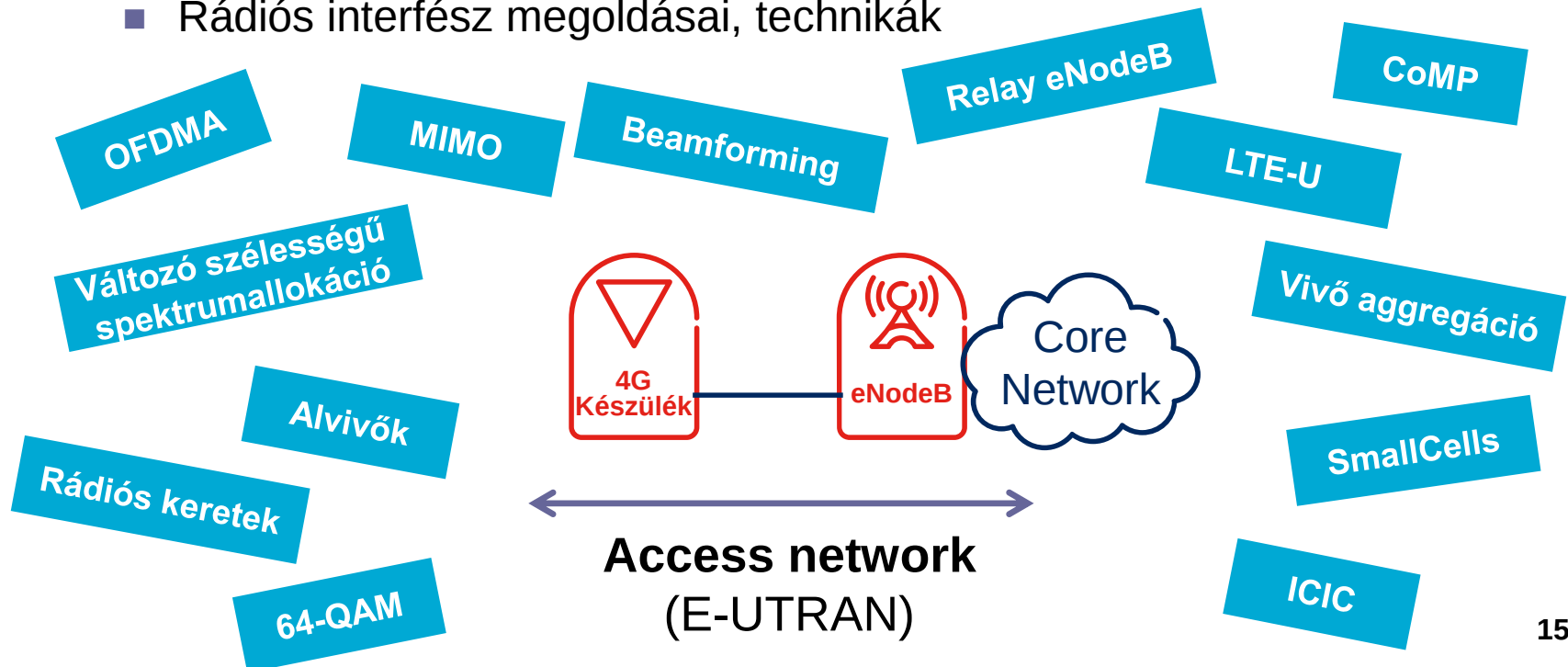
- Erre hivatkozunk, mint az igazi „4G” rendszer

LTE követelmények, tulajdonságok

- Késleltetés
 - Felhasználói sík: kisméretű IP csomag átvitele (UE → eNodeB, max 5ms kis hálózati terheltség mellett)
 - Vezérlő sík: passzív → aktív mód átmenet ideje
- 5 MHz
 - Legalább 200 előfizető kiszolgálása
 - 16 TV csatorna 300 kbit/s
- Lefedettség, mozgás
 - Tipikusan 1-5 km sugarú cellák
 - 120 km/h sebességig gyors internet biztosítása (optimum: 15 km/h)
 - LTE – 2G/3G handover < 500 ms
- Duplexitás
 - FDD LTE elterjedtebb, de TDD is lehetséges
- Moduláció [bit/szimbólum]
 - QPSK [2], 16-QAM [4], 64-QAM [6]

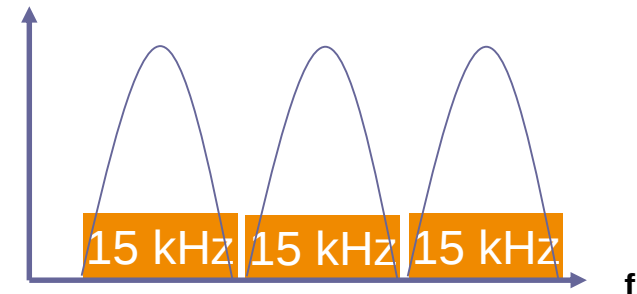
LTE rádiós interfész

- eNodeB: LTE bázisállomás neve
- Rádiós interfész
 - UE (User Equipment) és a bázisállomás (eNodeB) között
- Hozzáférési hálózat (Access network, E-UTRAN)
 - eNodeB mögötti hálózat: Core Network (maghálózat)
- Következő slide-ok
 - Rádiós interfész megoldásai, technikák



LTE – többszörös hozzáférés

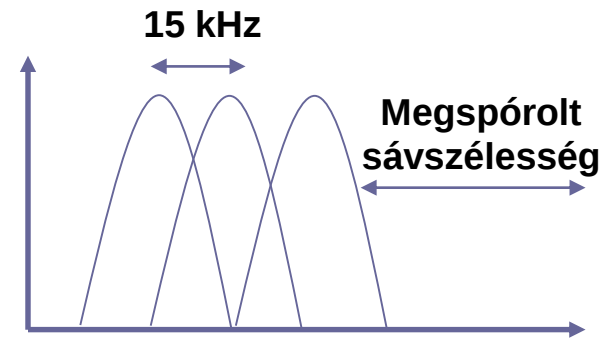
- Szimbólumidő (T_s) = $1/B$
(pl. 5 MHz $\rightarrow$ 0.2 [us])
 - Átviteli késleltetés legyen 10 us
 $\rightarrow$ összesen 10.2 us
- Hogyan minimalizáljuk?
 - Közvetlenül az átviteli késleltetést nehéz befolyásolni
 - **Frekvencia:** csökkentsük a vivő méretét
 - 1 nagysebességű adatfolyam helyett több kisebb, lassabb subcarrier/alvivő (pl. 15 kHz)
 - **Idő:** szimbólumidő = 66.7 us
 - Ehhez képest az átviteli késleltetés elenyésző
 - De a szimbólumidő nagy



Frekvencia [f]
Sávszélesség [B]

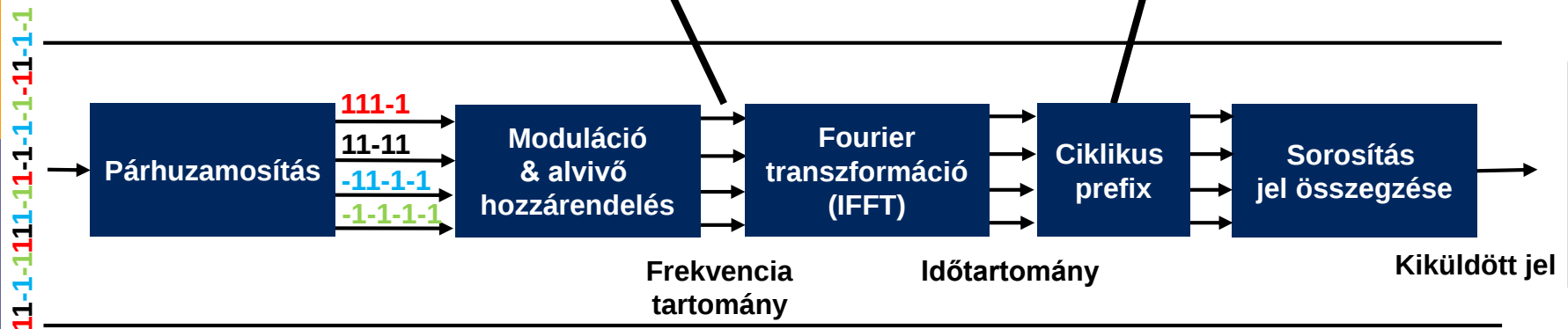
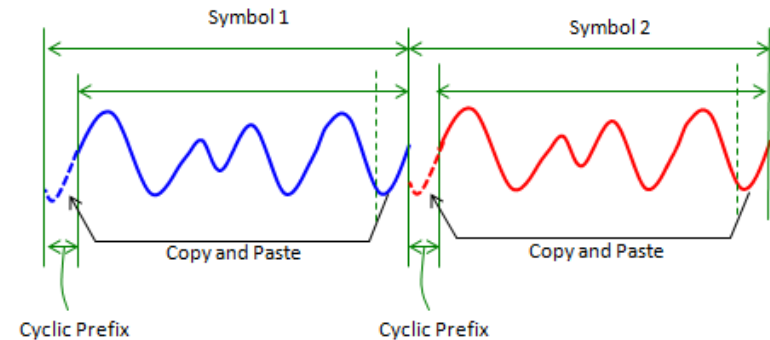
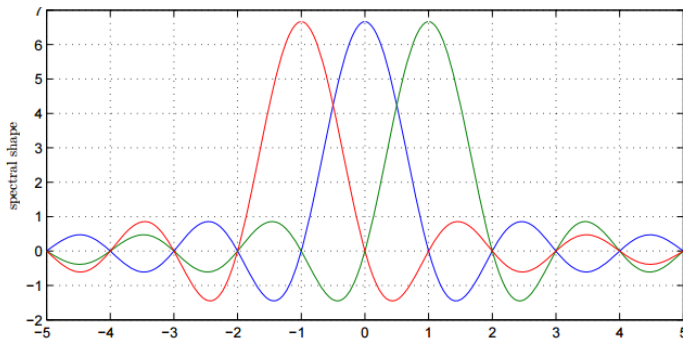
LTE – többszörös hozzáférés

- OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access (downlink)
 - FDMA speciális esete, ahol az alvivők frekvenciában átlapolódhatnak
 - Ugyanaz a sávszélességük
 - $\sin(x)/x$ spektrum
 - LTE: 15 kHz alvivők távolsága
 - $TS = 1/15 \text{ kHz} = 66.7 \text{ us}$
 - 15000 szimbólum/s
 - Változó szélességű spektrumallokáció
 - UMTS: fix 5 MHz, egyhordozós
 - LTE: 1.4, 3, 5, 10, 15 vagy 20 MHz
 - 15 kHz – 1 OFDMA szimbólum



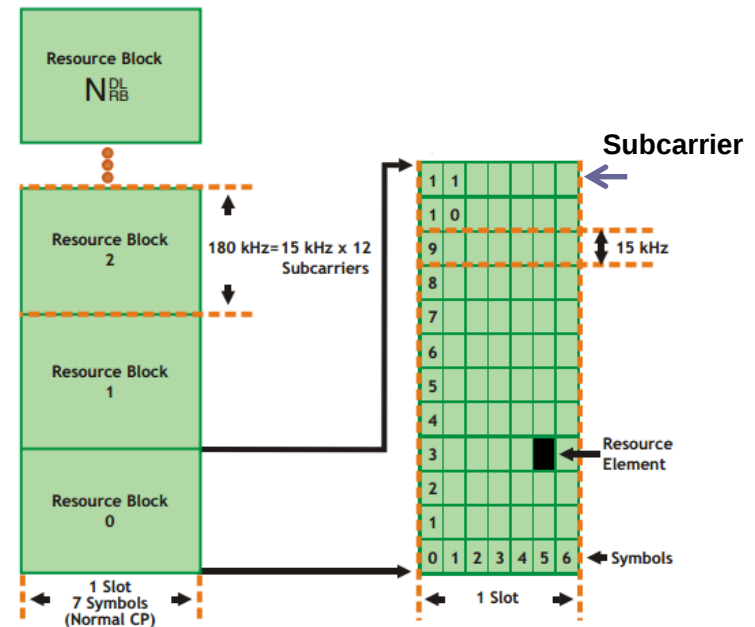
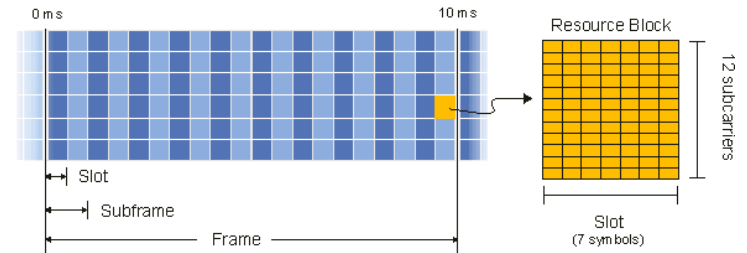
Ortogonalis: adott alvivő csúcsánál a többi alvivő jelerőssége 0

- SC-FDMA: Single-Carrier FDMA (uplink)
 - Szimbólum elkenve több alvivőre (avagy 1 alvivő több szimbólum)
 - $N \cdot 15 \text{ kHz} - 1/N \text{ SC-FDMA szimbólum}$



LTE – rádiós keret struktúra

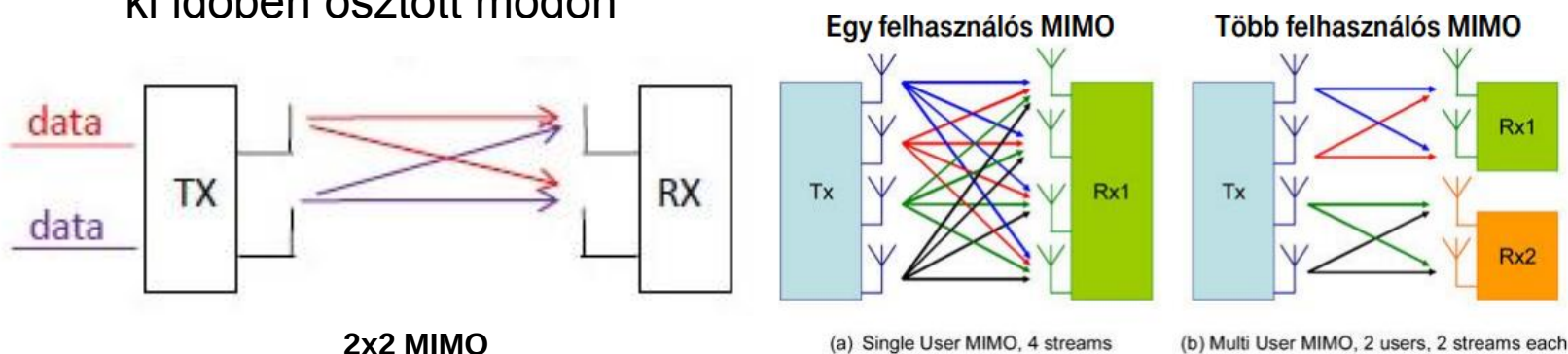
- ❑ 1 rádiós frame = 20 slot
 - 1 subframe = 2 slot
 - ❑ UL/DL használat
 - $T(\text{slot}) = 0.5 \text{ ms}$
 - ❑ 7 szimbólum + Cyclic Prefix
- ❑ Resource Blokkok száma a rádiós frame-ben: 6-100
 - Sávszélesség függő
- ❑ 1 Resource Block
 - 12 alvivő frekvencia tartományban
 - 1 időslot
 - Legkisebb felhasználóhoz allokálható egység
- ❑ 1 Resource Element
 - 1 alvivő X 1 szimbólum



LTE – cellakapacitás

- ❑ Kérdés: mekkora a maximális adatsebesség egy cellában egy felhasználóra nézve, ha
 - 64-QAM modulációt használunk
 - 20 MHz szélességű csatorna védősávja 10%
- ❑ Számolás
 - Idő: $7 * 12 / 0.5 = 168$ szimbólum/ms
 - ❑ 64 QAM $\rightarrow$ 6 bit/szimbólum
 - ❑ $168 * 6 * 1000 = \mathbf{1008000 \text{ bit/s}}$
 - Frekvencia: $12 \text{ alvivő} * 15 \text{ kHz} = 180 \text{ kHz}$
 - ❑ 20 MHz sáv hasznos része: 18 MHz
 - ❑ $18 \text{ MHz} / 180 \text{ kHz} = \mathbf{100 \text{ erőforrás blokk}}$
 - $\mathbf{1008000 \text{ bit/s} * 100 = 100.8 \text{ Mbps}}$
- ❑ Mitől függ még a cellakapacitás? Pl. MIMO

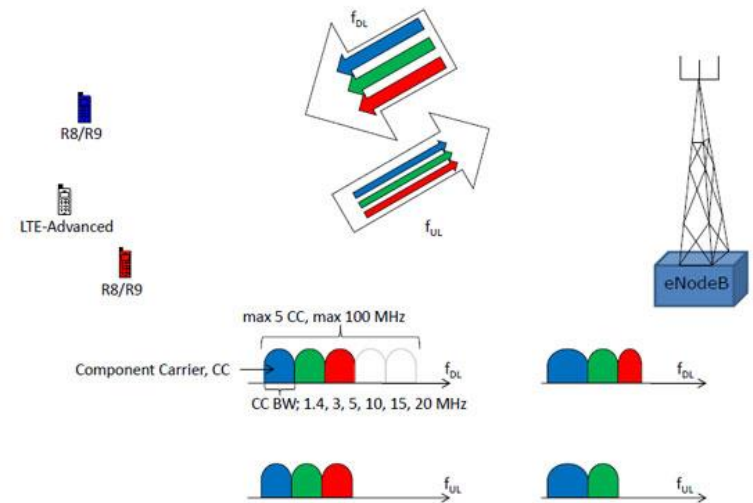
- ❑ MIMO: adatsebesség növelése az adatküldés párhuzamosításával
 - MIMO: Multiple In, Multiple Out
 - Több antenna a bázisállomásban és a készülékekben is
 - Ugyanaz a frekvencia és idő, de más adatfolyam megy át
 - Massive MIMO: 8-nál több antenna
 - MU-MIMO (Multi User MIMO): egyszerre nem csak egy klienst szolgál ki időben osztott módon



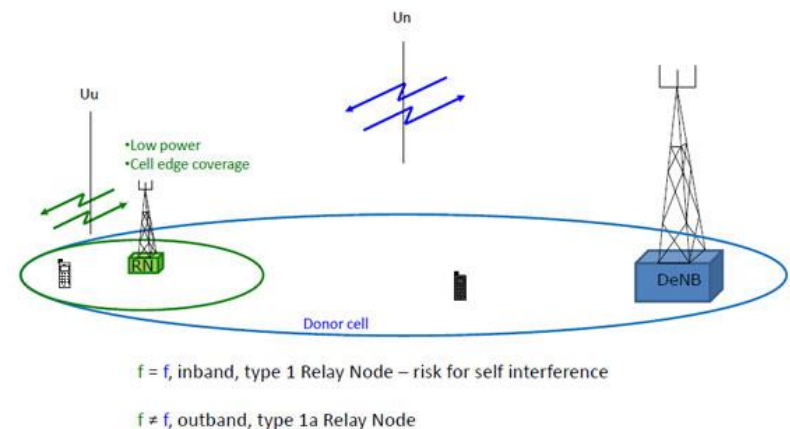
- ❑ Beamforming: kliens tudja a helyét a routerrel, aki irányítottan sugároz felé vezérelve a jel fázisát és amplitudóját/jelszintjét
 - ❑ Jobb sávszélesség kihasználás, nagyobb hatótávolság
 - ❑ Példa: lámpa búra nélkül vs. búrával

- ❑ Kapacitás növelés?
 - Sávszélesség növelése, kompatibilitás megtartása
- ❑ LTA-Advanced: Release 10-12
- ❑ LTE (Rel. 8) vs LTE-Advanced (Rel. 10)
 - Nagyobb max. adatsebesség
 - ❑ DL 3 Gbps, UL 1.5 Gbps
 - Jobb spektrális hatékonyság
 - ❑ 30 bps/Hz
 - Több egyidejű aktív felhasználó
 - Jobb teljesítmény a cellahatárokon
 - ❑ MIMO: 8x8 DL, 4x4 UL
 - Vivő aggregáció (Carrier Aggregation)
 - Relay Node támogatás
- ❑ Release 11: Coordinated MultiPoint Operation (CoMP)

- Vivő aggregáció
 - Maximum 5 carrier összefogása → max. 100 MHz
 - Jobb adatsebesség, kisebb késleltetés



- Relay Node
 - Rádiós adat dekódolás, hibajavítás, újrakódolás, küldés
 - DeNodeB-hez (Donor eNodeB) kapcsolódva
 - eNodeB Relay Node támogatással
 - SmallCell, kis energiafogyasztással
 - DeNodeB választja ki a core network vezérlő node-ját (MME)



□ Coordinated MultiPoint Operation (CoMP) (Release 11)

- Hatékonyságnövelés cellahatáron
- „Cellák közti MIMO”
- Típusai

□ Együttes sugárzás

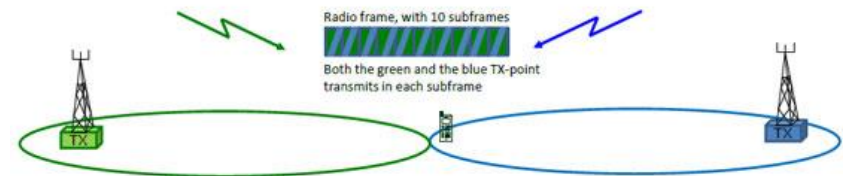
- Ugyanazt az adatot (frame) ugyanannak a felhasználónak több eNodeB adhatja

□ Dinamikus pont választás

- Előzőhöz hasonlóan, de ütemezett módon, időben válogatva a két küldő közt
- Koordináció szükséges az eNodeB-k között
- Nincs adatduplikálás

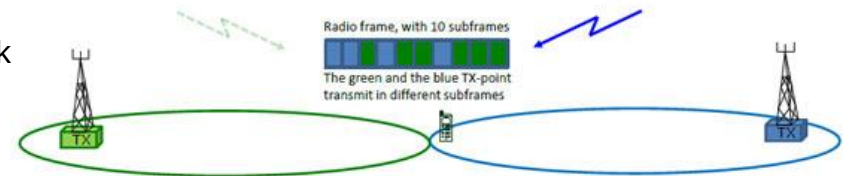
a) Joint Transmission

Data is transmitted – in the same frequency and at the same time - from multiple TX-points , here two



b) Dynamic Point Selection

Data is transmitted from one TX-point at the time.

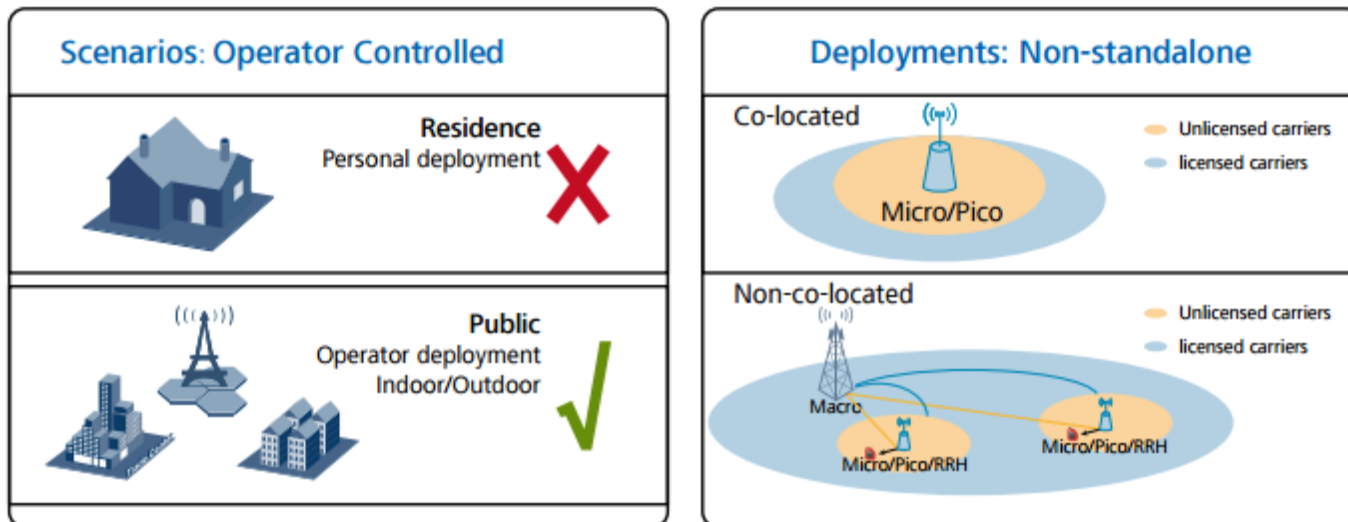


LTE-Advanced Pro – Rel. 13 (2016)

- ❑ Vivő aggregálás: max. 5 helyett 32 vivő
- ❑ Új FDD/TDD elvek és dinamikus UL/DL aggregáció
- ❑ MIMO továbbfejlesztés
 - FD-MIMO (Full-Dimension MIMO) & beamforming
 - 3D-ben függőleges és vízszintes irányban is tetszőleges helyre
- ❑ LTE-Unlicensed / License Assisted Access (LAA)

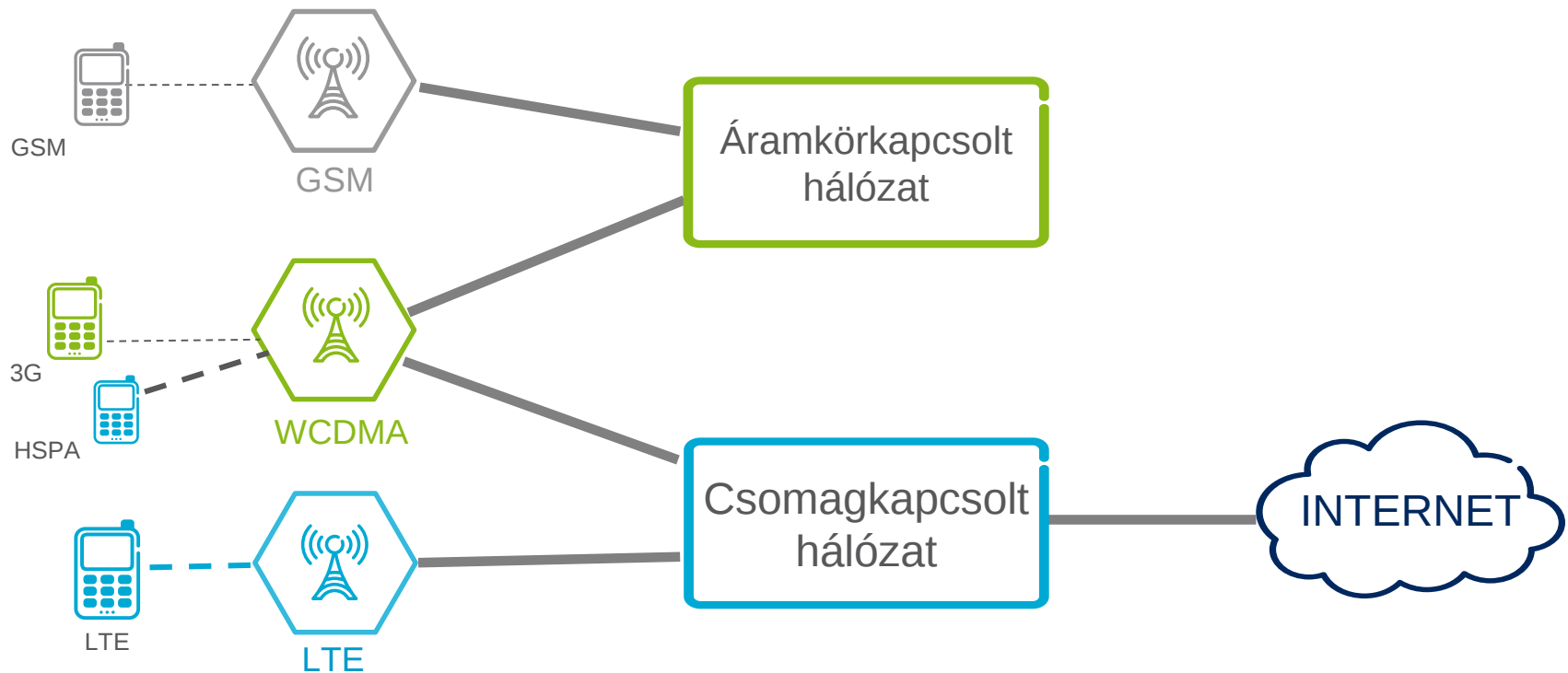
LTE-Advanced Pro – Rel. 13 (2016)

- ❑ LTE-Unlicensed / License Assisted Access (LAA)
 - Small Cell alapú megoldás az 5 GHz (WiFi) kihasználására
 - Licensed (mobil) / unlicensed (WiFi) spektrum egyesítése
 - Két vivő: elsődleges (LTE, licensed) + másodlagos (WiFi, unlicensed)
 - Induláskor a kevésbé használt vivő választása, megosztott csatornahasználat
 - Nagyobb adatsebesség és kapacitás



- ❑ Nagyobb adatsebesség
 - OFDMA, alvivők, változó szélességű spektrumallokáció
 - 64-QAM moduláció
 - MIMO & Beamforming
 - Vivő aggregáció
- ❑ Több felhasználó kiszolgálása
 - MU-MIMO
- ❑ Lefedettségi & helyi adatsebesség
 - Small cells – Relay eNodeB (DeNodeB)
 - CoMP – cellahatáron
- ❑ Offload & adatsebesség
 - LTE-U / LAA
 - VoWiFi (később)
- ❑ DE készülék támogatás is kell több technológiához
 - Pl. MIMO, Vivő aggregáció
 - <http://www.3gpp.org/keywords-acronyms/1612-ue-category>

LTE – architektúra



LTE – architektúra

□ eNodeB – LTE bázisállomás

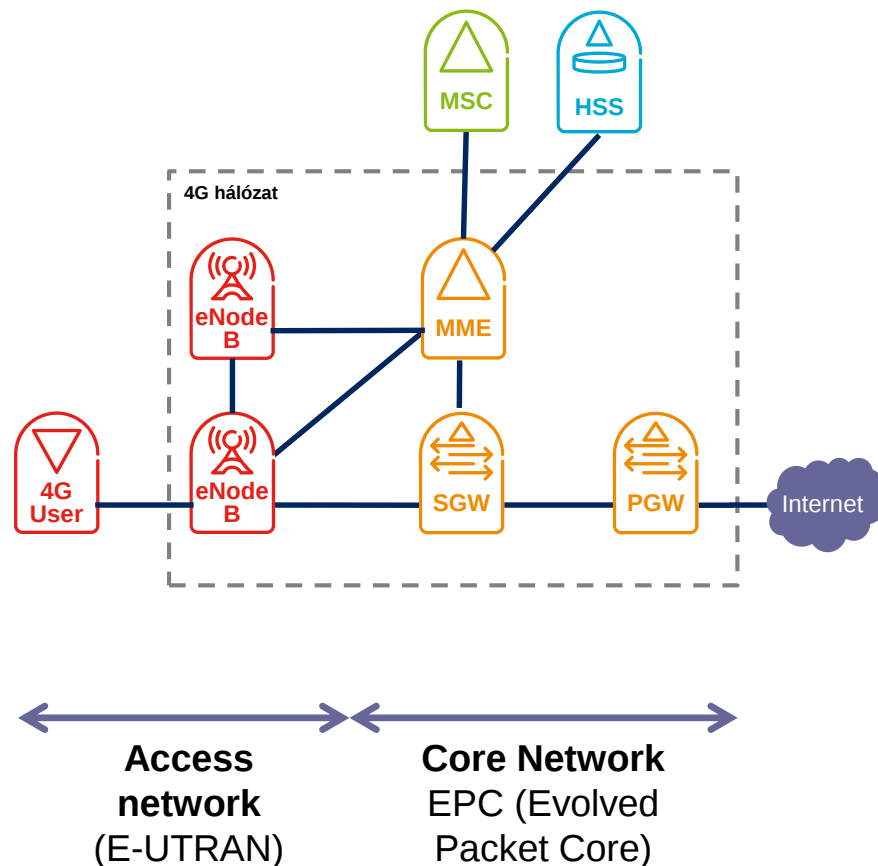
- Nincs külön Controller (pl. RNC 3G-nél)
- eNodeB része → kisebb késleltetés

□ SGW (Serving Gateway)

- IP adattovábbítás a felhasználó és a külső hálózat között
- Mobilitásban is szerepe van

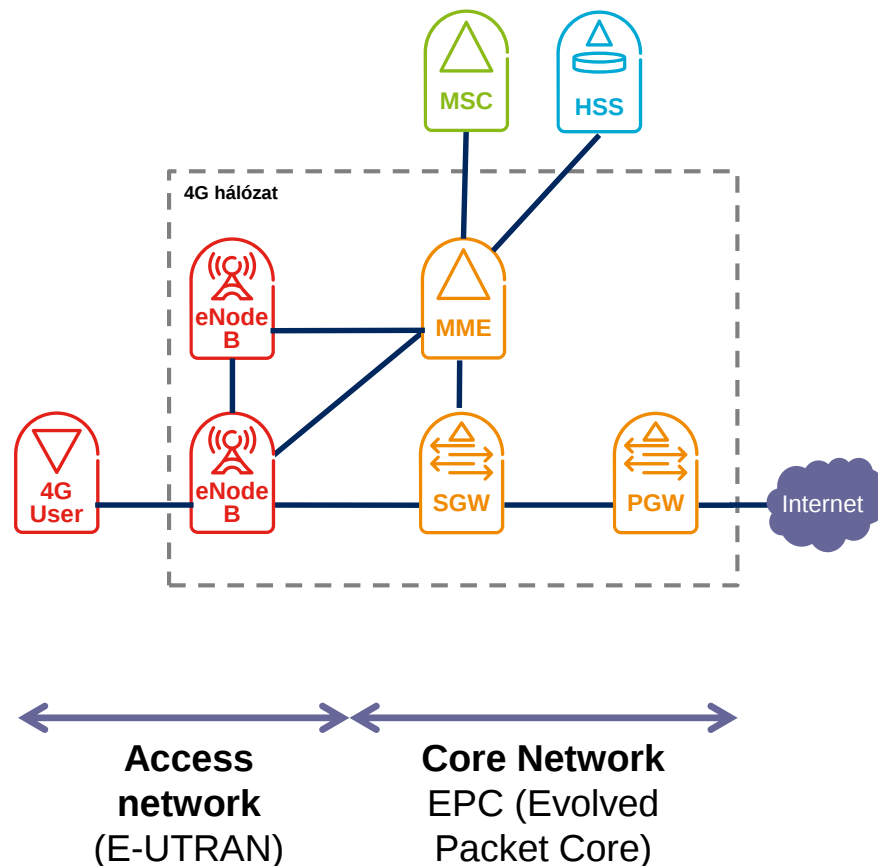
□ PGW = PDN GW (Packet Data Network Gateway)

- Kilépési pont külső hálózatok felé
- IP cím allokáció
- Házirend/szabályok alkalmazása
- Charging támogatása

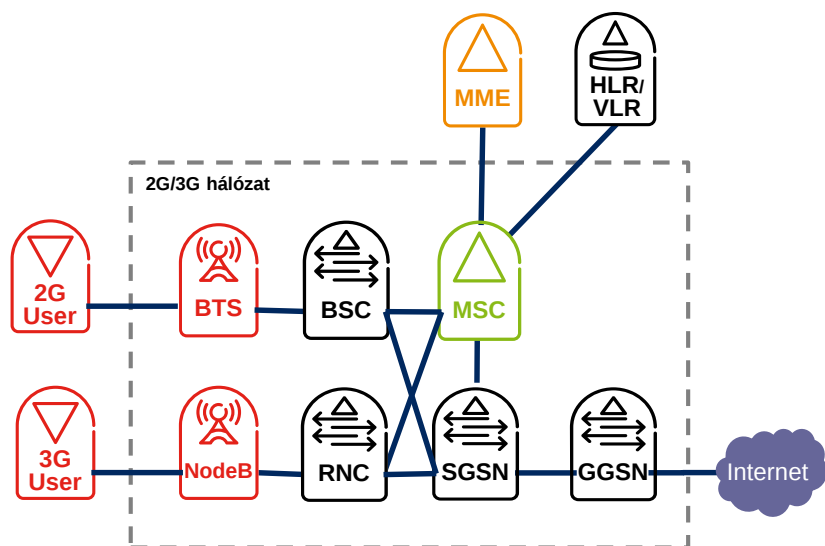


LTE – architektúra

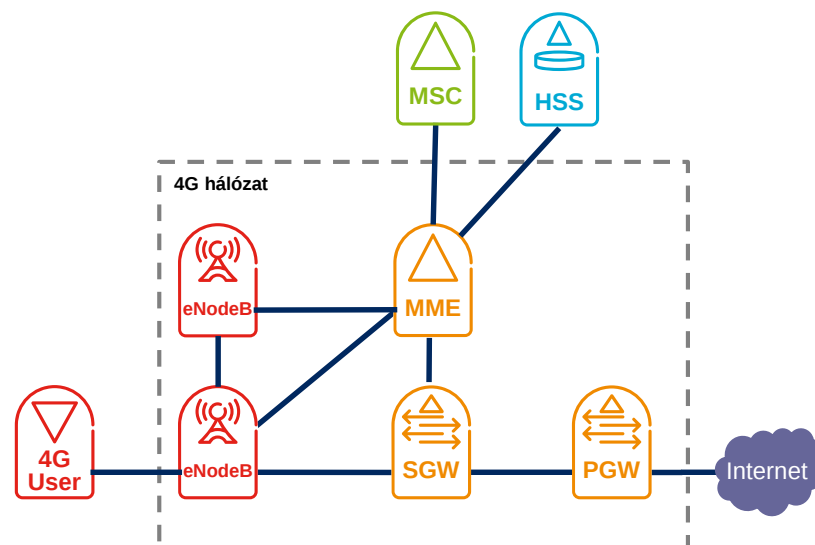
- ❑ **MME** (Mobility Management Entity)
 - Felhasználó követés és paging (idle)
 - Csak vezérlő üzeneteket kezel, központi vezérlő funkció az LTE-ben
 - Mobilitás kezelés
 - Hordozó (bearer) aktiválás
 - SGW választás
 - Authentikáció kezelése (HSS)
- ❑ **HSS** (Home Subscriber Server)
 - Felhasználói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



2G/3G vs. 4G architektúra



Access network Core Network

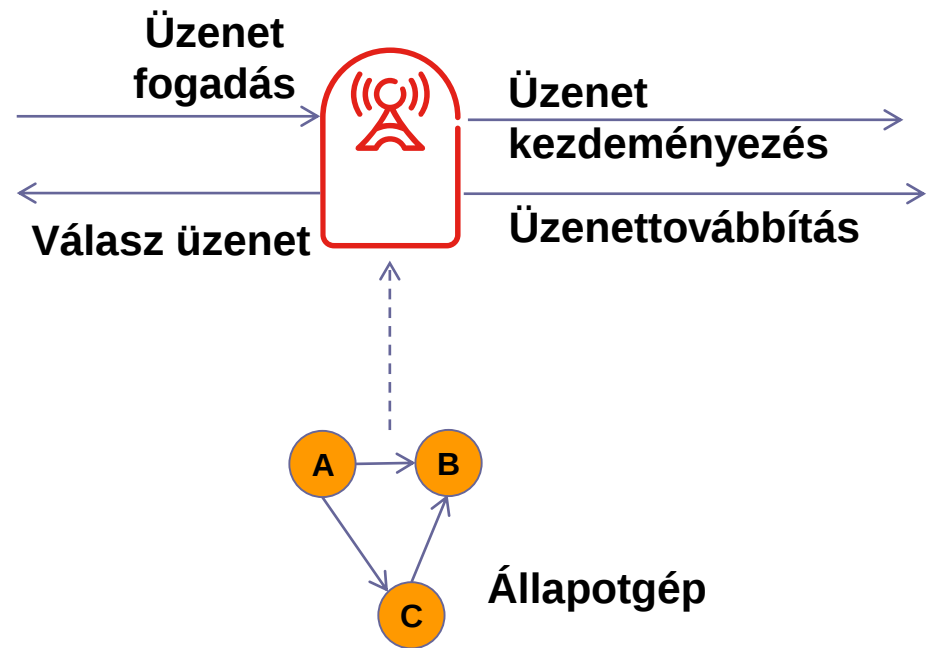


Access network (E-UTRAN) Core Network EPC (Evolved Packet Core)

LTE – architektúra (ipari nézőpont)

□ Hálózati komponensek = szoftver példányok

- „Network function” / „node”



LTE – architektúra (ipari nézőpont)

- Hálózati komponensek = szoftver példányok

- „Network function” / „node”



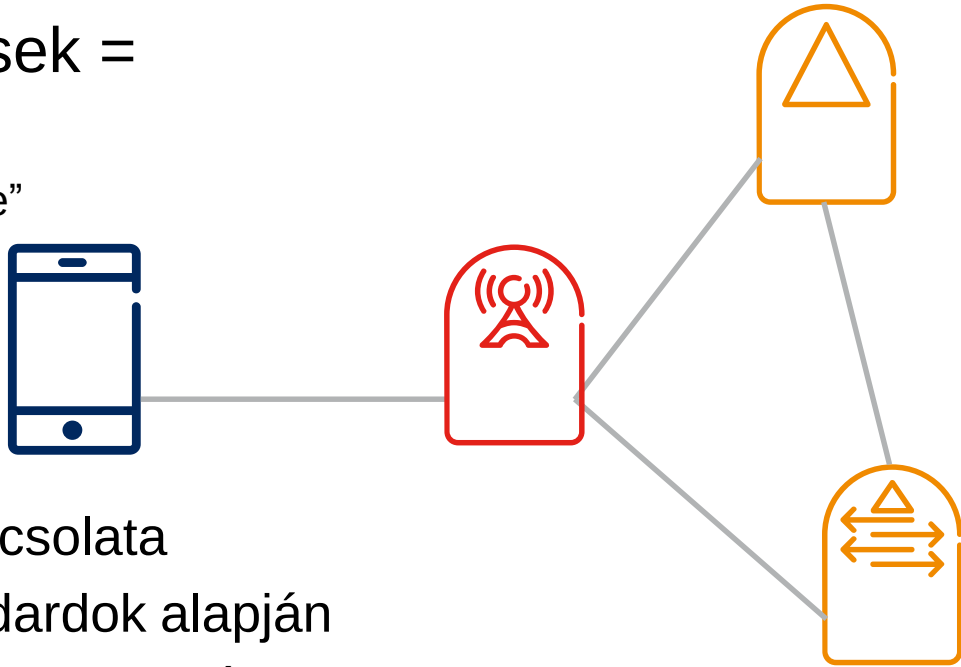
- Hálózat

- Hálózati elemek kapcsolata
- Kommunikáció standardok alapján
 - Protokollok, jelzés szekvenciák

LTE – architektúra (ipari nézőpont)

- Hálózati komponensek = szoftver példányok

- „Network function” / „node”



- Hálózat

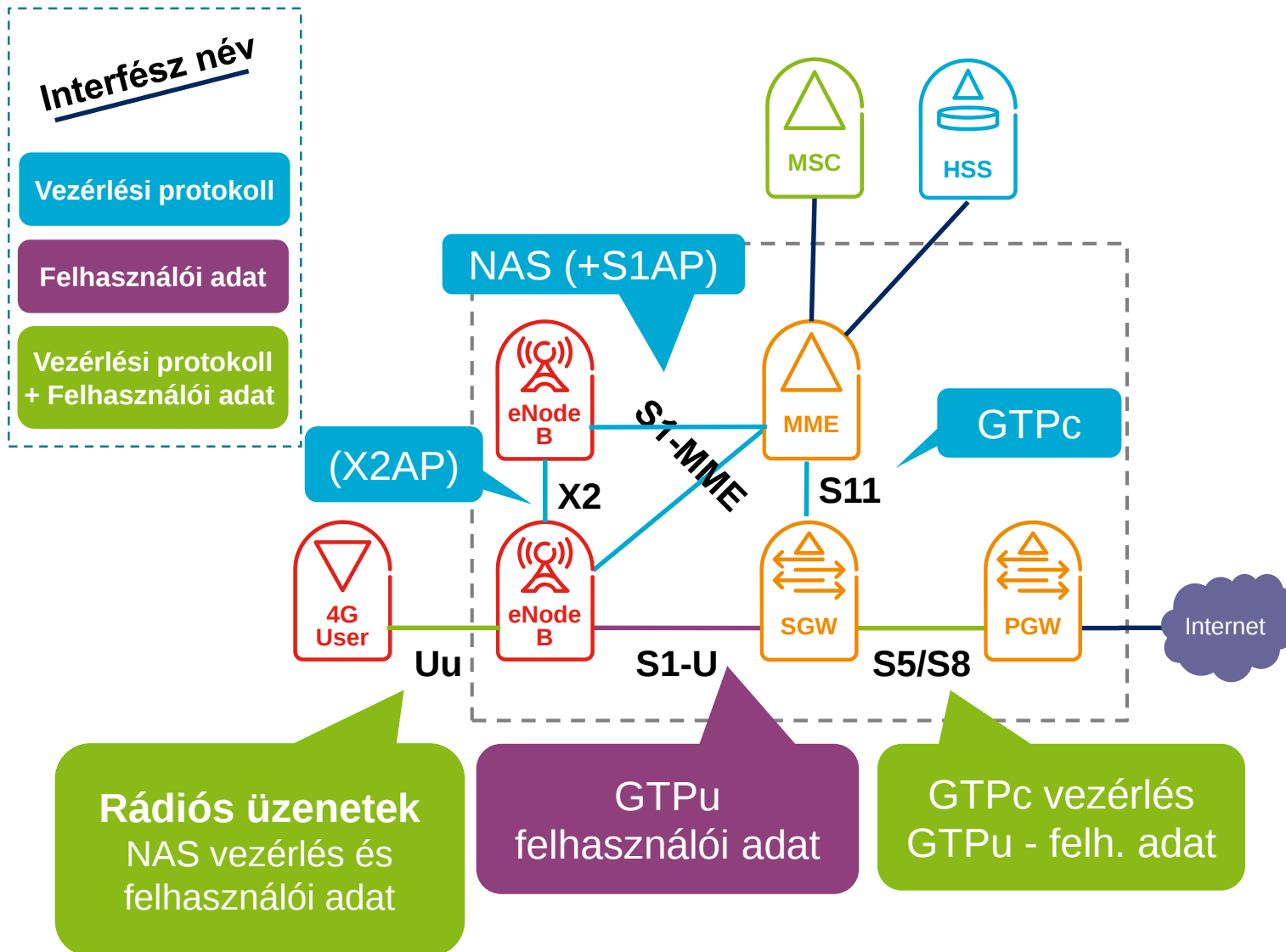
- Hálózati elemek kapcsolata
- Kommunikáció standardok alapján
 - Protokollok, jelzés szekvenciák

- Hálózati funkció vs. termék?

- Egy termék akár több funkciót is tartalmazhat
- Szabványok követése – ezek funkciókat írnak le
 - Nem minden esetben egyértelmű illetve kellően specifikus a szabvány
 - Gyártónként eltérhet a megvalósítás
- Integráció és együttműködés kérdése különböző gyártóknál

LTE – protokollok

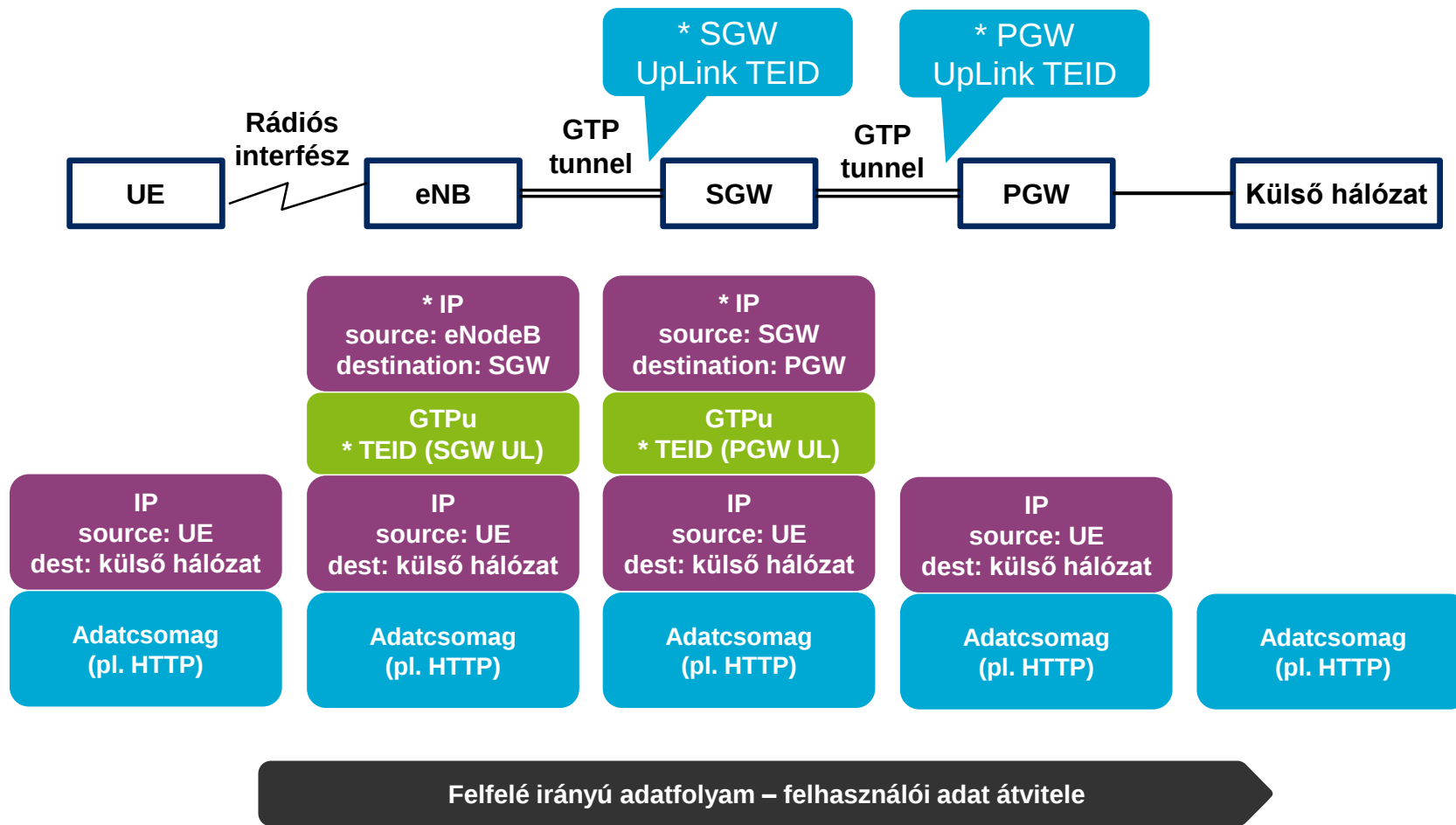
Interfész neveket és a zárójeles protokollokat nem kell tudni vizsgán!



- UE – eNodeB – MME között: NAS
 - Vezérlés: pl. bekapcsolódás a hálózathoz (Attach), cellaváltás (Handover), új hordozó létesítése
- GTP = GPRS Tunneling Protocol
 - Adott QoS-el rendelkező tunnel-ek létrehozása
 - Tunnel-ek felhasználói adatot szállítanak (felhasználói sík)
 - Létrehozásuk egy vezérlő protokoll segítségével lehetséges (vezérlő sík)
 - TEID (Tunnel Endpoint Identifier)
 - Interfészen lévő tunnel egy végpontját azonosítja
 - Adott hálózati funkció osztja ki számára egyedi módon
 - F-TEID (Fully Qualified TEID) – IP cím + TEID
 - GTPu (user plane)
 - TEID-t tartalmazza
 - Plusz (külső) IP fejlécet használ a tunnelezéshez
 - Transzparens átvitel a csomagok számára az EPC-ben
 - GTPc (control plane)
 - Tunnel-ek kezeléséhez (létrehozás, lebontás) vezérlő protokoll

LTE – GTPu tunnelezés

□ Hogyan viszünk át egy adatcsomagot LTE-n?



* A külső IP fejléc IP címe azonosítja a következő node-ot, akin keresztül az adatot küldjük
SGW/PGW UL TEID pedig az adott node-on belül az adott felhasználóhoz rendelt tunnel-t azonosítja

LTE – handoverek

- ❑ Hard handover, mivel...
 - Nehézkes a vivő szinkronizáció az OFDMA miatt
 - Controller node hiánya
- ❑ UE mérései alapján az eNodeB 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
 - S1 Handover
 - ❑ Ha nincs közvetlen X2 interfész
 - ❑ MME és SGW változhatnak



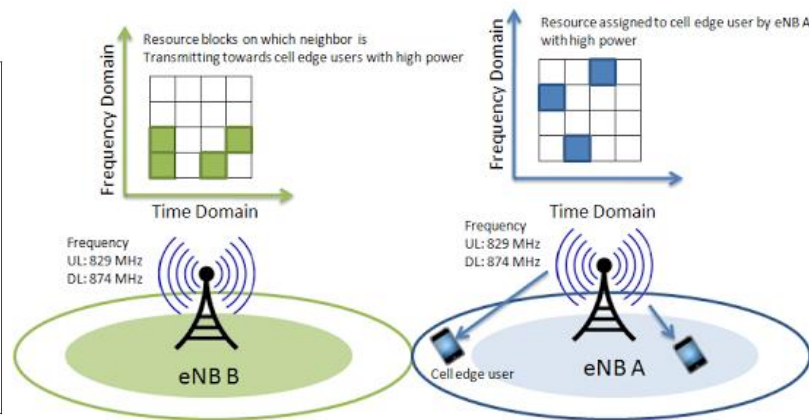
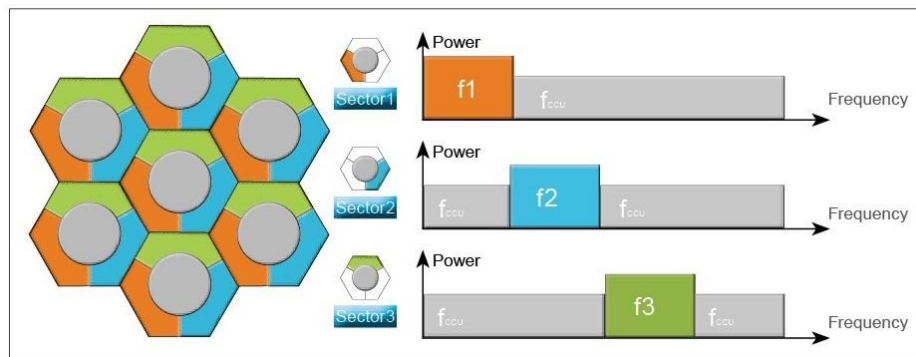
□ Heterogén hálózatok / Small Cells

- 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	 Macro
Coverage radius: kilometer(s)		

□ ICIC: Inter-Cell Interference Coordination

- Erőforrás blokkok (RB) teljesítményének és frekvenciájának változtatása – eNodeB-k között egyeztetve
 - Szomszédos cellák más RB-eket használnak
 - Közeli felhasználó a teljes spektrumot használhatja, a cellahatáron lévő csak egy részét



□ eICIC: továbbfejlesztés a kis, átfedő cellák (SmallCells) interferencia megoldására

- Nem csak frekvenciában, de időben is osztják a frame-eket
 - Megadott subframe-ben (neve: ABS – Almost Blank Subframe) adhat a pico/femto-cellához kapcsolódó felhasználó

- 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?



□ Operátorok igénye

- Hang átvitele LTE fölött → Voice over LTE (VoLTE)
 - Hanghívás jelenti még mindig a bevételek nagy hányadát
- Célok:
 - Jobbminőségű hangátvitel
 - HD Voice, kis késleltetés
 - Energiahatékonyság
 - 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
 - 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
 - 2016 február: tesztelés a Telenornál
 - 2016 májustól: tesztelés a Telekom hálózatában
 - 2017.04.27: elérhető a Telekom hálózatában
 - ❑ http://www.telekom.hu/rolunk/sajtoszoba/sajtokozlemenyek/2017/aprilis_27
 - ❑ <http://www.telekom.hu/lakossagi/szolgaltatasok/internet/mobilinternet/4g/volte>



DELIVERING AN ALL-IP WORLD

LTE LAUNCHED
BY **591** OPERATORS

IN **192** COUNTRIES

REACHING
67% OF POPULATION

VOICE AND
VIDEO OVER
LTE

OPERATOR
LAUNCHES
102

COUNTRIES
55

DEVICES
842

RCS	
OPERATOR LAUNCHES	50
COUNTRIES	37
DEVICES	156
HOSTED SOLUTION PROVIDERS	19

VOICE OVER WIFI	
OPERATOR LAUNCHES	53
COUNTRIES	31

HD VOICE	
OPERATOR LAUNCHES	164
COUNTRIES	88

Source GSMA (HD Voice: GSA). Updated 28 February 2017.

RCS (Rich Communication Suite)

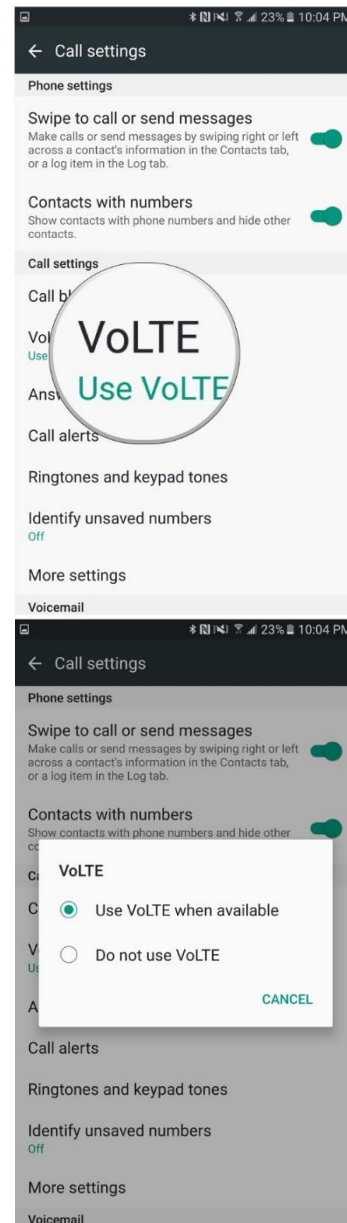
Alternatíva új szolgáltatásokra

- Állapotjelzés
- Csevegés
- Fájlmegosztás
- IP Hívás

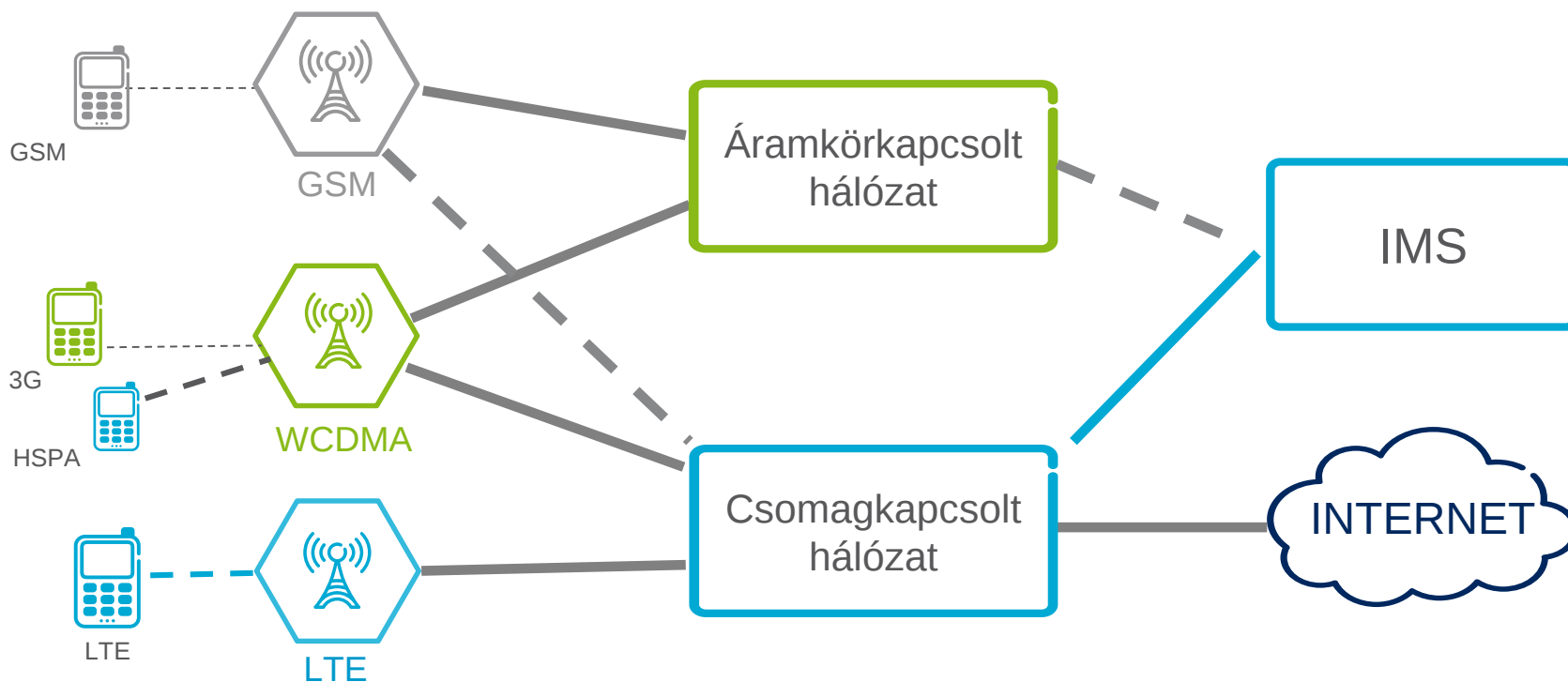
Itthon: Vodafone

VoLTE – használat előfeltételei

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



VoLTE – architektúra



VoLTE – IMS (IP Multimedia Subsystem)

- Hozzáférés független, IP alapú szolgáltatás kezelő architektúra
 - Alkalmazás / kapcsolat kezelő / média szerverek (hálózati funkciók) összessége
 - Végfelhasználó számára **multimédia szolgáltatásokat** nyújt
 - Internet-alapú protokollokat használva
 - Konvergencia
 - Adat, hang szolgáltatások, fix és mobil hálózatok is
- Fő protokollok
 - SIP (Session Initiation Protocol)
 - Viszony kezelés (pl. hívás felépítés)
 - SDP (Session Description Protocol)
 - Multimédia paraméterek egyeztetése (SIP csomagok része)
 - RTP (Real-Time Transport Protocol)
 - Médiacsomagok (audio, video)

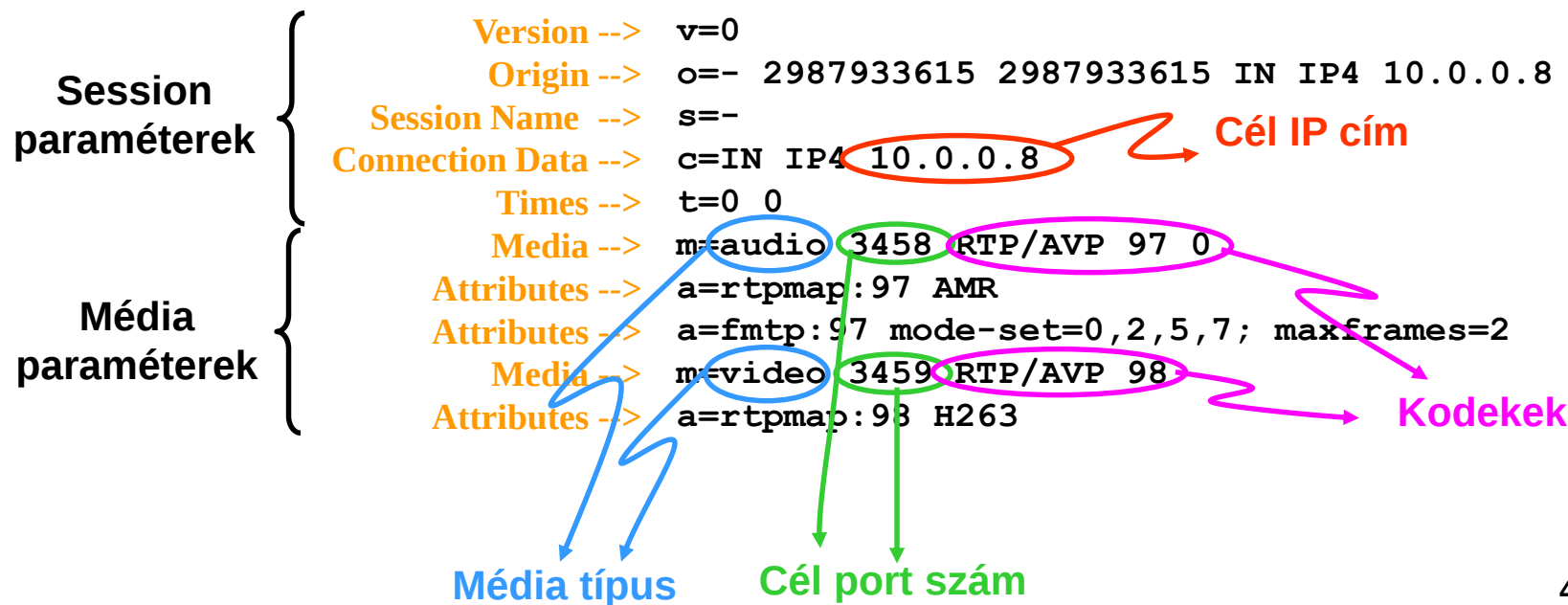
□ SIP példa

```
INVITE sip:bob@biloxi.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP pc33.atlanta.com;branch=z9hG4bK776asdhs
From: Alice <sip:alice@atlanta.com>;tag=1928301774
To: Bob sip:bob@biloxi.com
Call-ID: a84b4c76e66710@pc33.atlanta.com
CSeq: 314159 INVITE
Contact: sip:alice@pc33.atlanta.com
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 142
Max-Forwards: 70
```

```
SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP server10.biloxi.com
      ;branch=z9hG4bKnashds8;received=192.0.2.3
Via: SIP/2.0/UDP bigbox3.site3.atlanta.com
      ;branch=z9hG4bK77ef4c2312983.1;received=192.0.2.2
Via: SIP/2.0/UDP pc33.atlanta.com
      ;branch=z9hG4bK776asdhs ;received=192.0.2.1
From: Alice <sip:alice@atlanta.com>;tag=1928301774
To: Bob <sip:bob@biloxi.com>;tag=a6c85cf
Call-ID: a84b4c76e66710@pc33.atlanta.com
CSeq: 314159 INVITE
Contact: sip:bob@192.0.2.4
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 131
```

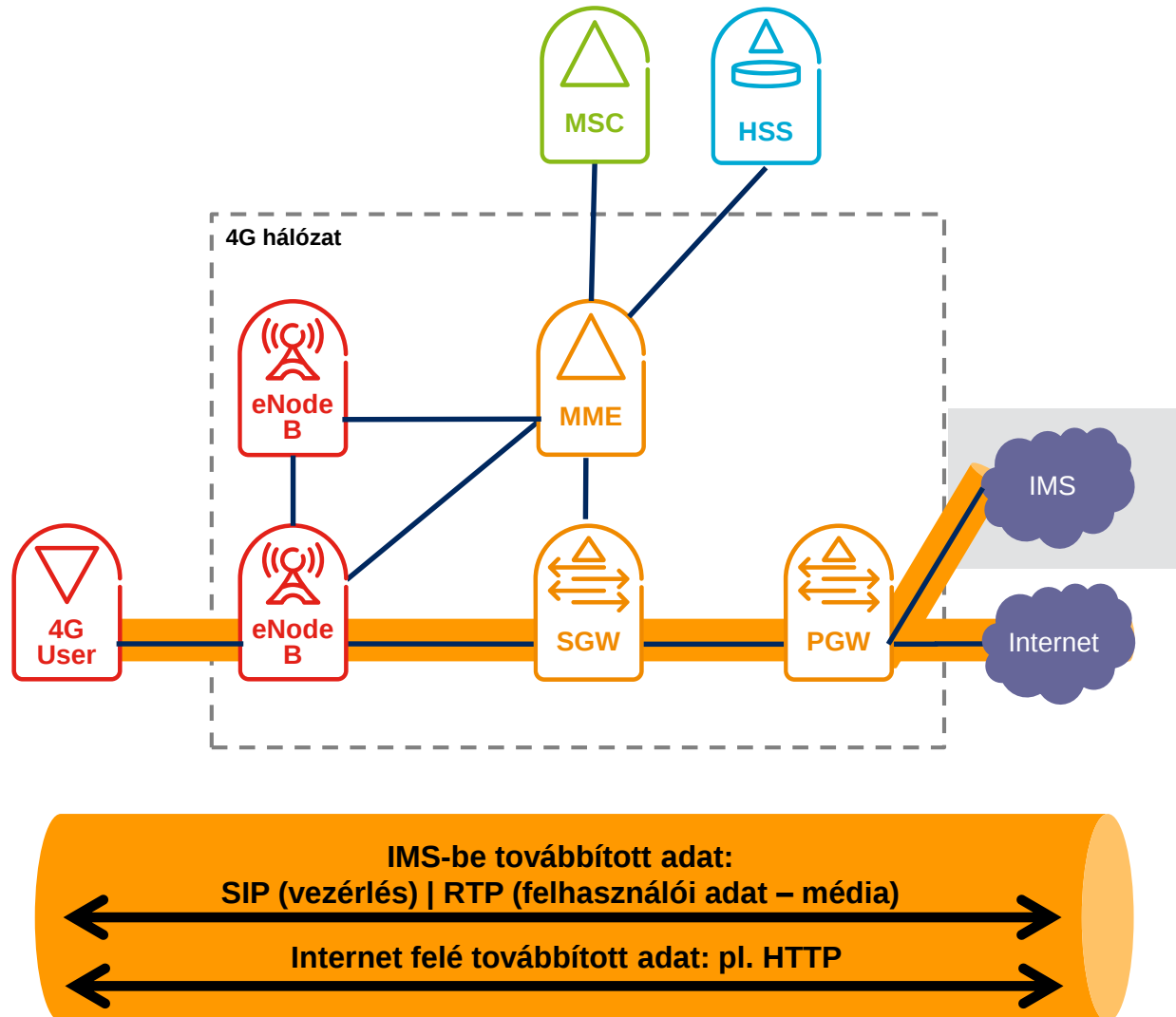
□ SDP példa

- SDP a SIP üzenetek törzsébe (body) ágyazva kerül továbbításra



VoLTE – architektúra

- Újdonság az LTE architektúrához képest: IMS



■ GSMA IR.92

■ Követelmények VoLTE támogatáshoz



UE

- Média kodekek
- Adat transzport profilok
- Kiegészítő szolgáltatások
- Jitter buffer kezelés
- IMS Segélyhívások
- 2G/3G kompatibilitás



Bázisállomás

- Rádiós profil
- Hordozó hang számára
- Fejléc tömörítés
- Akkumulátor kímélés
- IMS Segélyhívások



EPC

- IMS kapcsolat kezelése, hordozók
- QoS profilok
- IMS cím felderítése
- IMS Segélyhívások



IMS

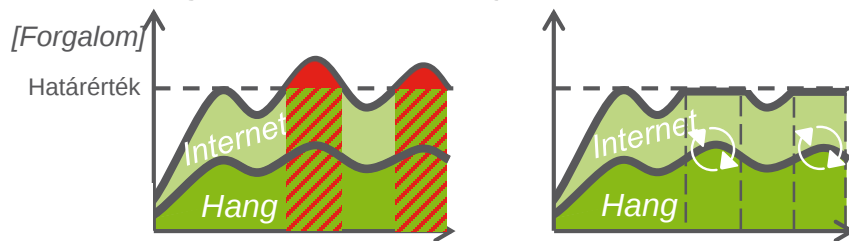
- Authentikáció
- Címzés: Tel-URI és SIP URI
- RTP, kodekek
- IPSec védelem
- Telefónia szolgáltatás**
- Kiegészítő szolgáltatások
- IMS Segélyhívások

VoLTE követelmények

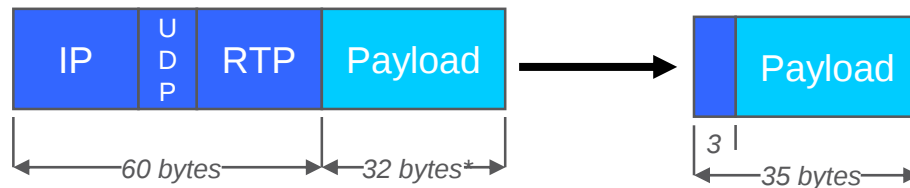
□ Néhány példa részletesebben

■ Access Network

□ Beengedés szabályozás



□ Fejléc tömörítés



■ IMS

- HD hang (AMR-WB kodek)
- 2G/3G kompatibilitás (pl. SRVCC – lásd hamarosan)

■ Core Network

- QoS biztosítás (hordozók, lásd hamarosan)

- LTE emlékeztető: hogyan jut el egy csomag a felhasználótól a külső (internet) hálózatba
 - Rádiós interfész + GTP tunnelek → együtt hordozó
- Hordozó (bearer)
 - Logikai egység a felhasználói egység (UE) és PGW között
 - Adott végponthoz (pl. internet) kapcsolódik
 - APN: Access Point Name – végpont neve
- VoLTE
 - IMS kezeli a multimédia szolgáltatásokat
 - SIP vezérlő protokoll + RTP média
 - Ezeket az üzeneteket is el kell juttatni az LTE Core Network-ön keresztül az IMS-be → hogyan lehetséges?
 - Hasonlóan, mint az internet esetében
 - DE! egy hívásnak más QoS követelményei vannak!

□ 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

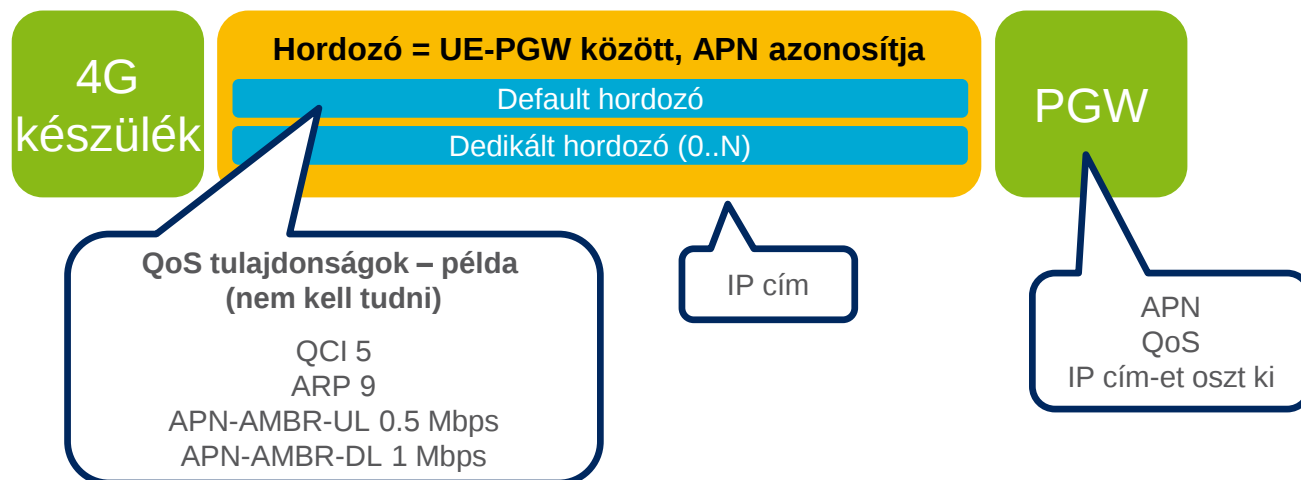
- Ideiglenesen épül fel például audio vagy video híváshoz
 - Hívás végén lebontásra kerül
- Mindig valamely default hordozóhoz kötődik
 - Pl. VoLTE hanghíváshoz tartozó dedikált hordozó az IMS APN-hez

- Hordozók megadott QoS paraméterekkel rendelkeznek
 - QCI: QoS Class Identifier (QoS osztály azonosító)
 - GBR: Guaranteed Bit Rate (Garantált bitráta)
 - „Tipikus allokáció”
 - Internet: 9 | IMS: 5 | Hang: 1 | Videó: 2

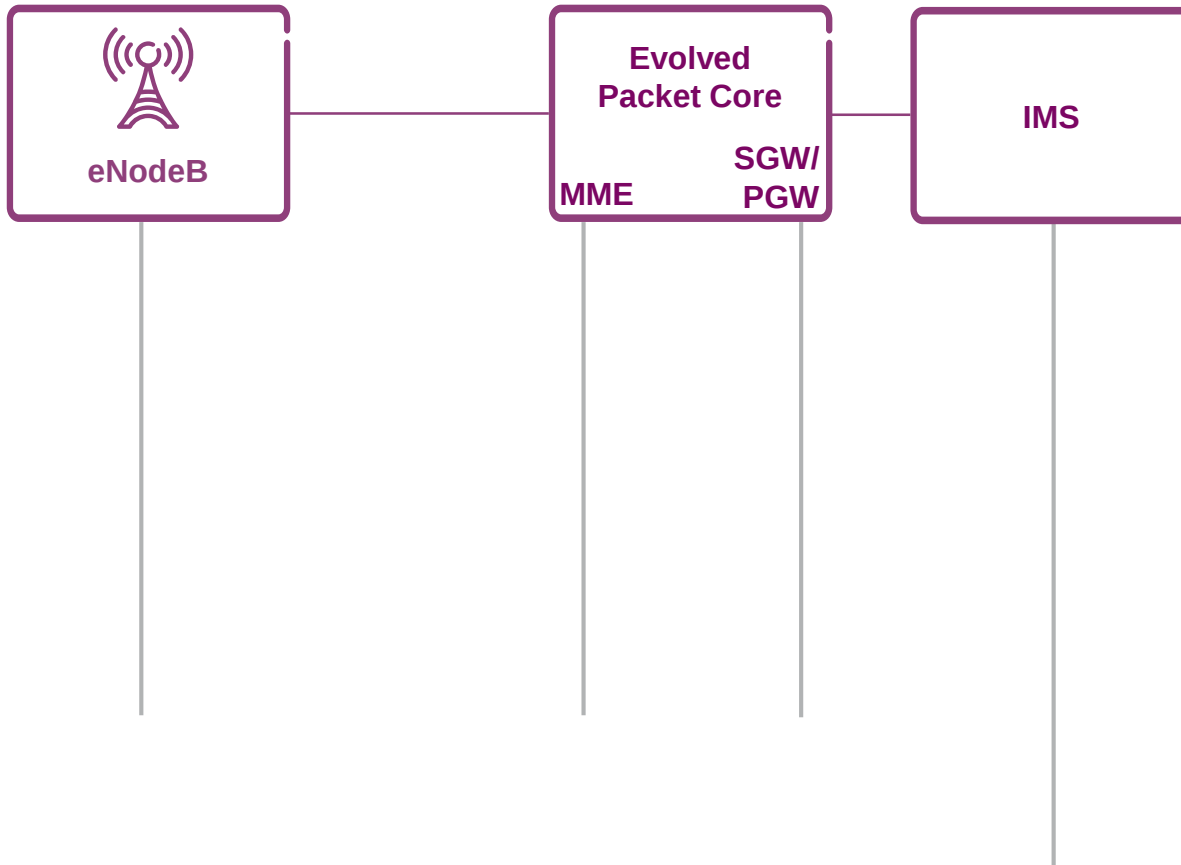
QCI	Erőforrás típus	Prioritás	Csomag késleltetés	Csomagvesztési ráta	Példa szolgáltatások
1	GBR	2	100 ms	10^{-2}	Hanghívás (VoLTE hívás)
2		4	150 ms	10^{-3}	Videó beszélgetés (ViLTE)
3		3	50 ms	10^{-3}	Valós idejű játék
4		5	300 ms	10^{-6}	Egyéb videó (pl. buffered streaming)
5	Non-GBR	1	100 ms	10^{-6}	IMS jelzésforgalom (SIP+SDP)
6		6	300 ms	10^{-6}	Interaktív forgalom Videó (buffered stream), TCP-alapú (chat, file sharing...)
7		7	100 ms	10^{-3}	Hang, Videó (live stream), interaktív játék
8		8	300 ms	10^{-6}	Háttérforgalom Videó (buffered stream), TCP-alapú (chat, file sharing...)
9		9			

VoLTE – LTE hordozók

- UE és PGW, mint a két végpont
 - Forgalom osztályozás / szűrés, hordozóhoz rendelés
 - Forrás és cél IP cím
 - Forrás és cél port szám
 - Protokoll azonosító
 - Prioritizálás, sávszélesség/forgalom szabályozás (pl. adott típusra, ha meghaladja a megengedett max. bitrátát, eldobásra kerül)



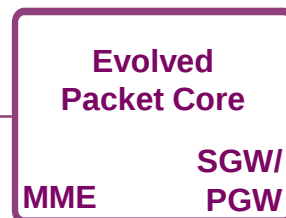
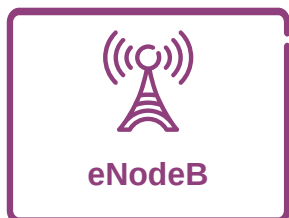
VoLTE – kapcsolódás a hálózathoz



VoLTE – kapcsolódás a hálózathoz

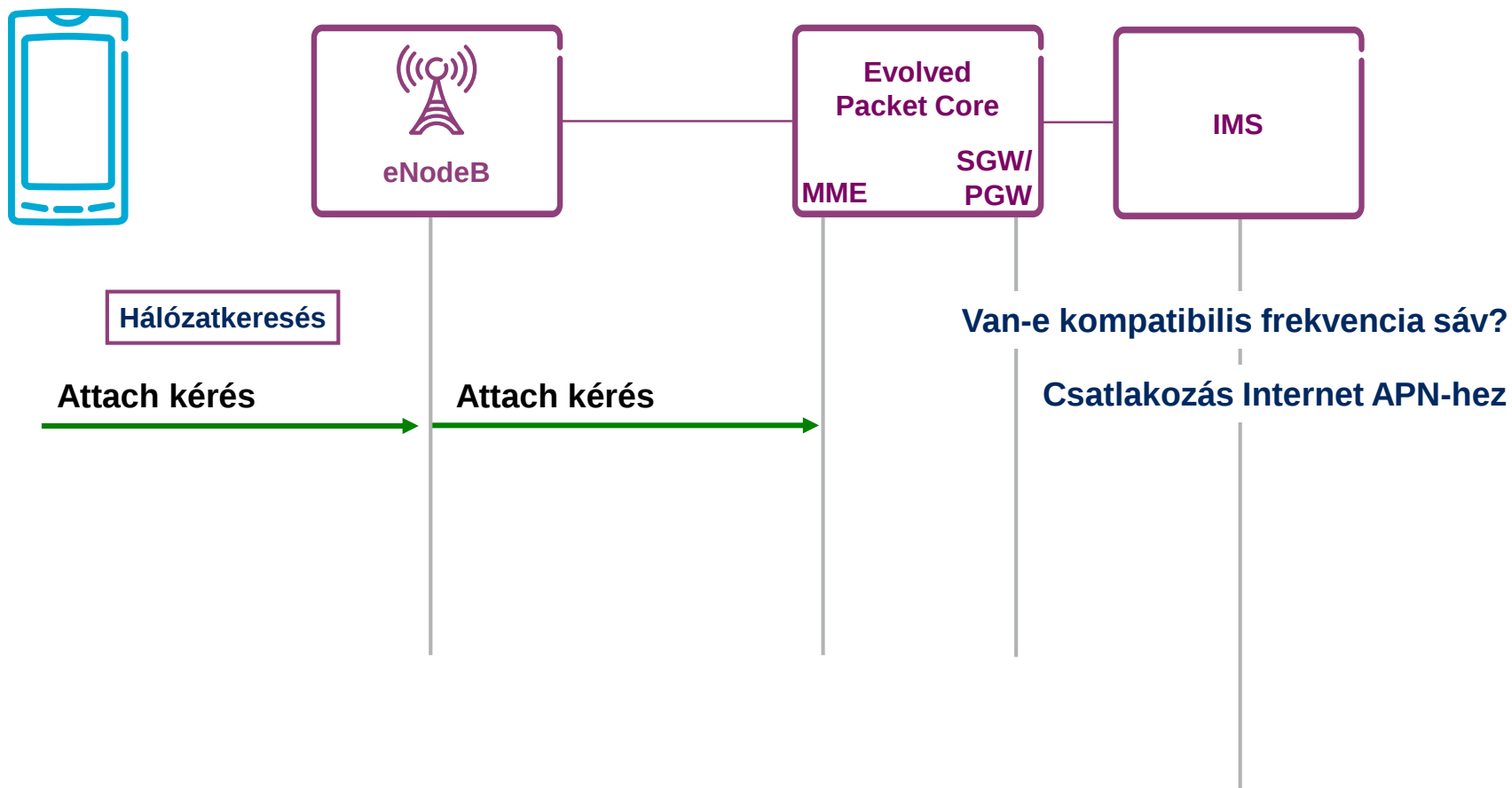


Hálózatkeresés

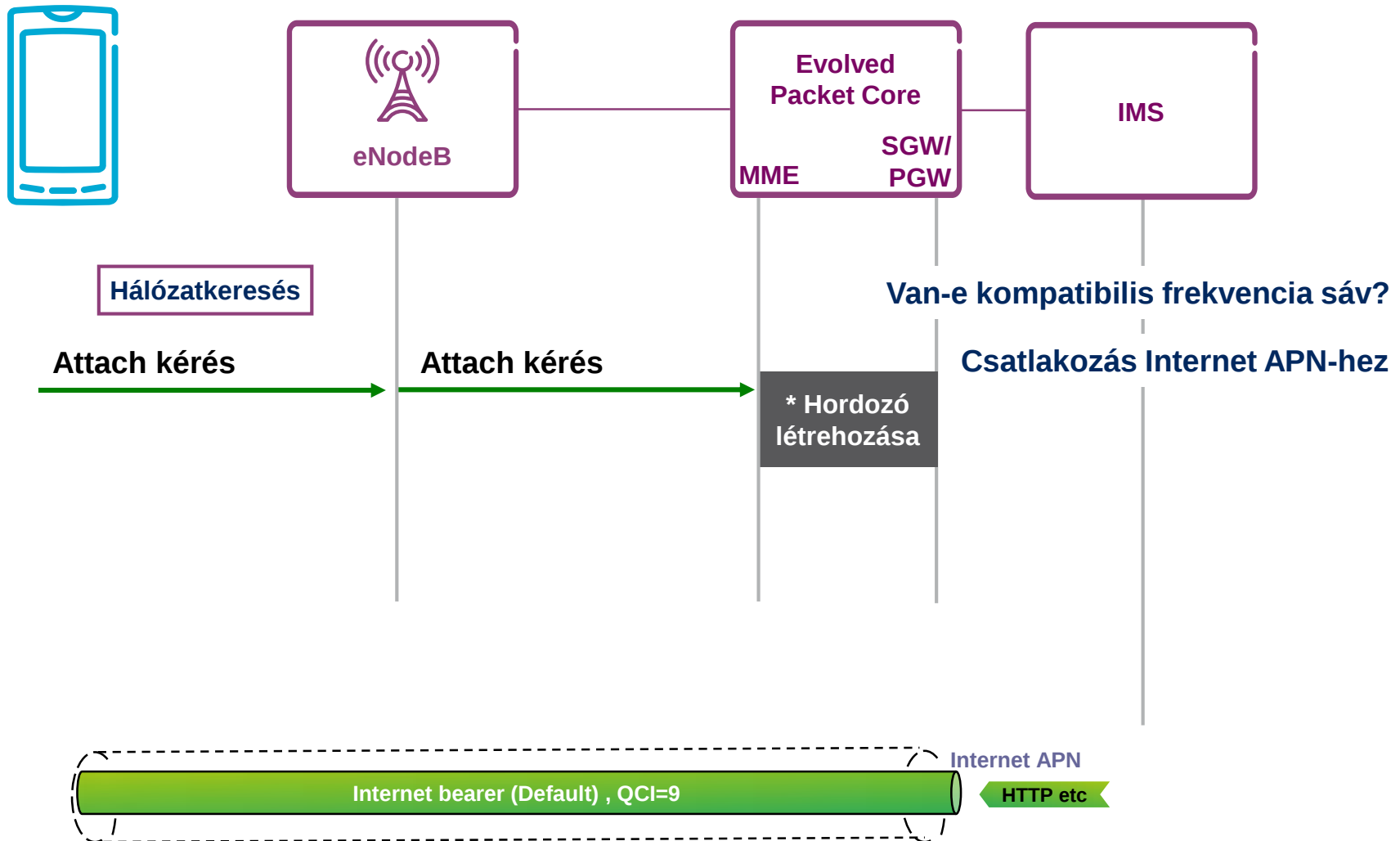


Van-e kompatibilis frekvencia sáv?

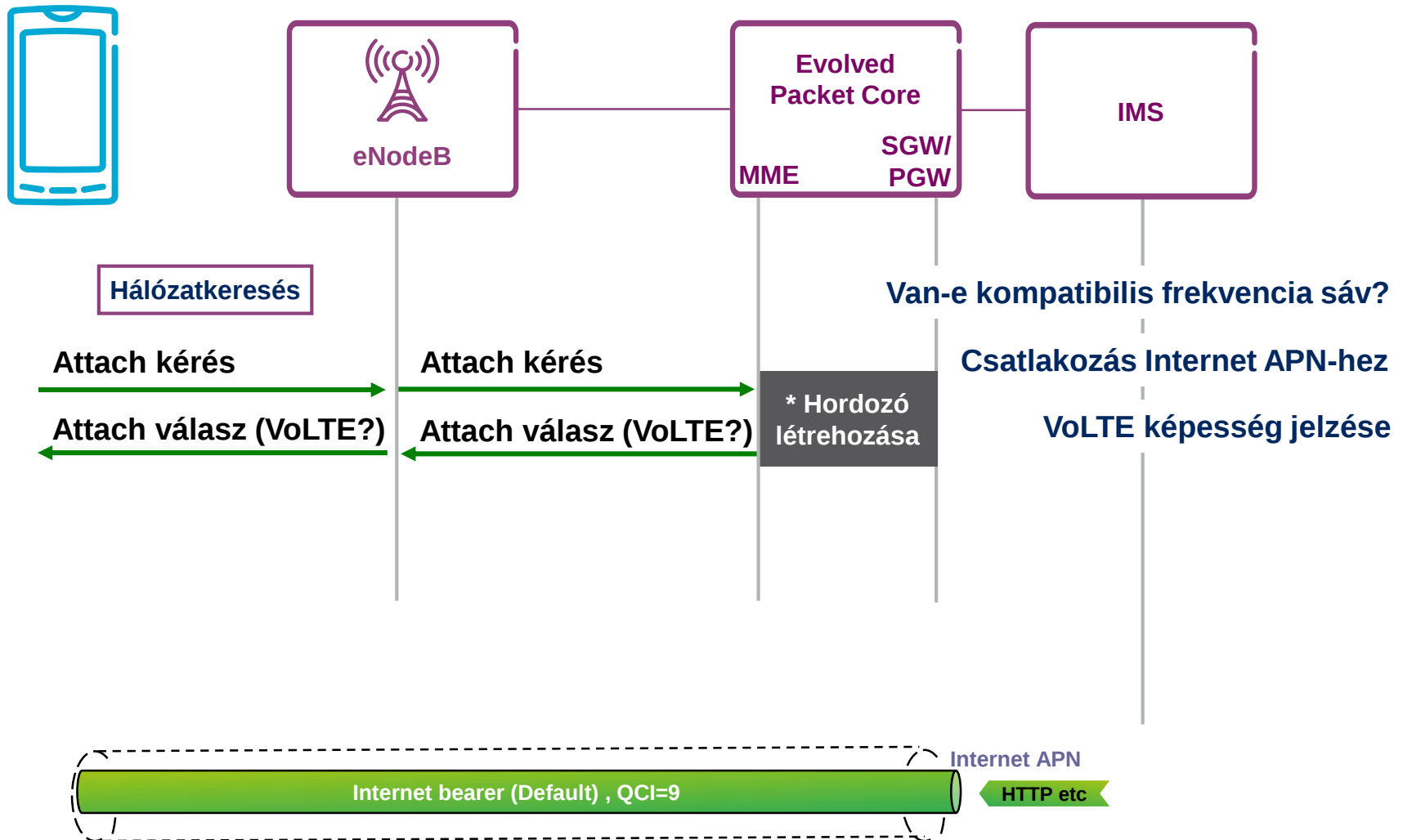
VoLTE – kapcsolódás a hálózathoz



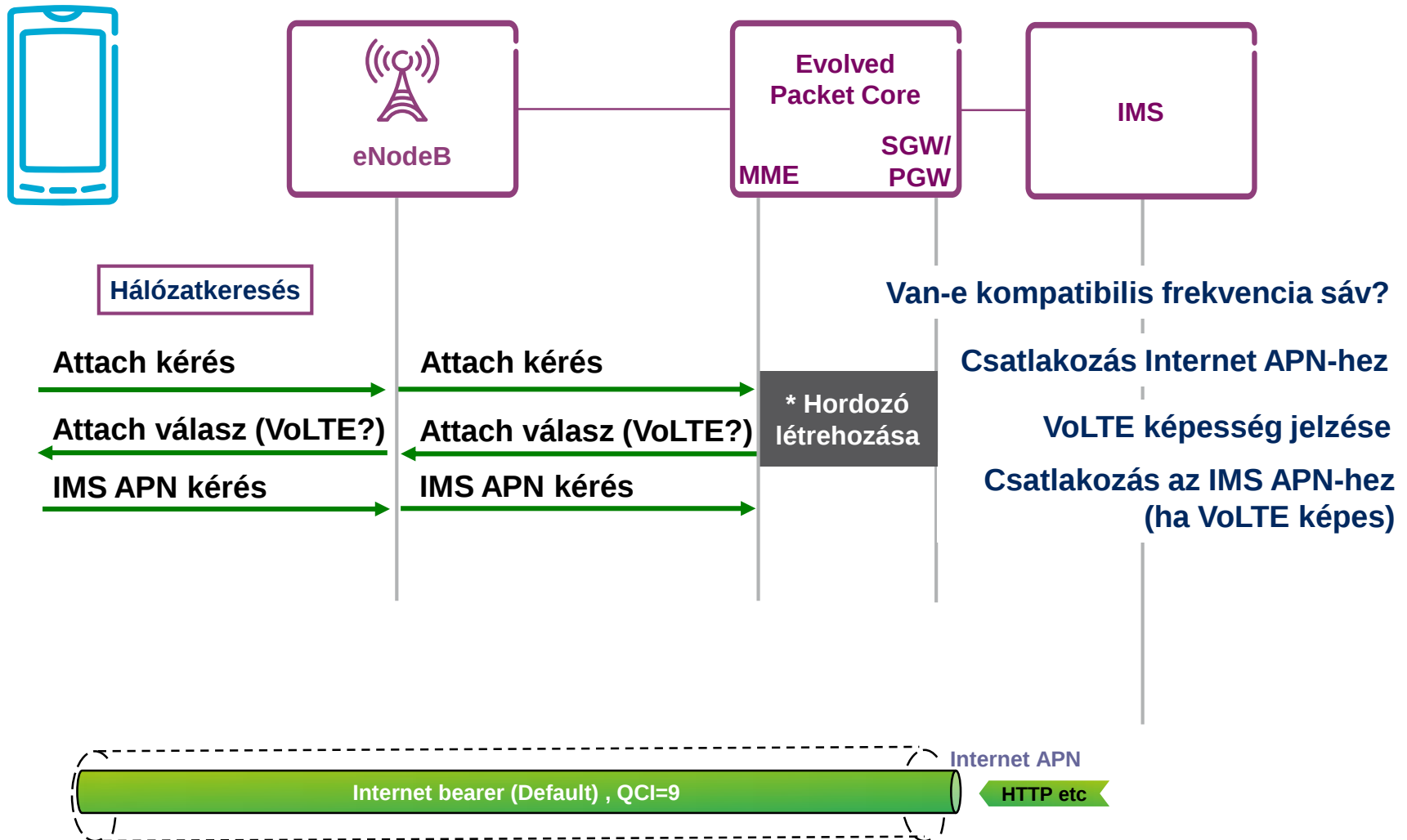
VoLTE – kapcsolódás a hálózathoz



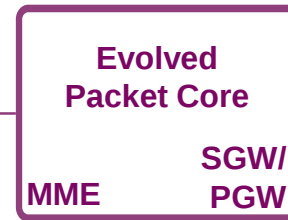
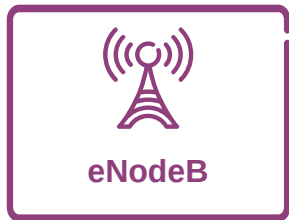
VoLTE – kapcsolódás a hálózathoz



VoLTE – kapcsolódás a hálózathoz



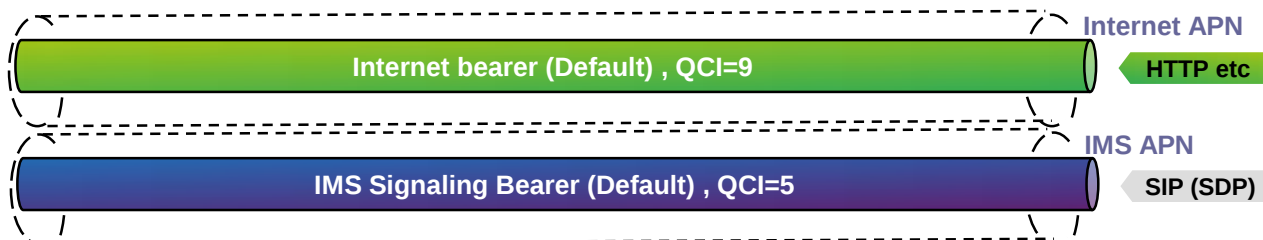
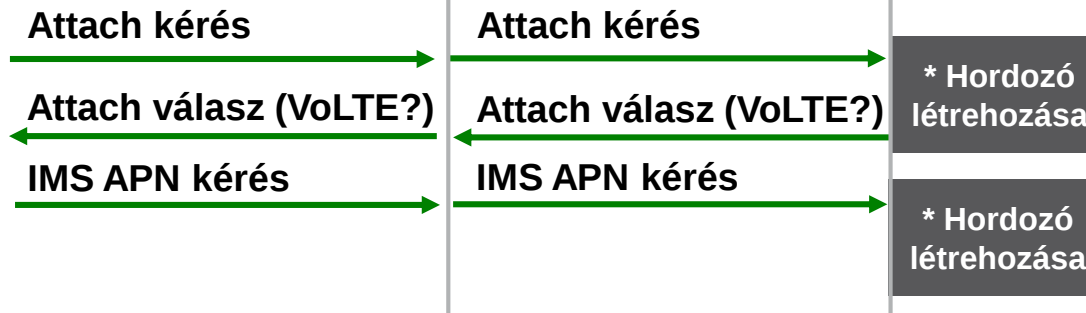
VoLTE – kapcsolódás a hálózathoz



Hálózatkeresés

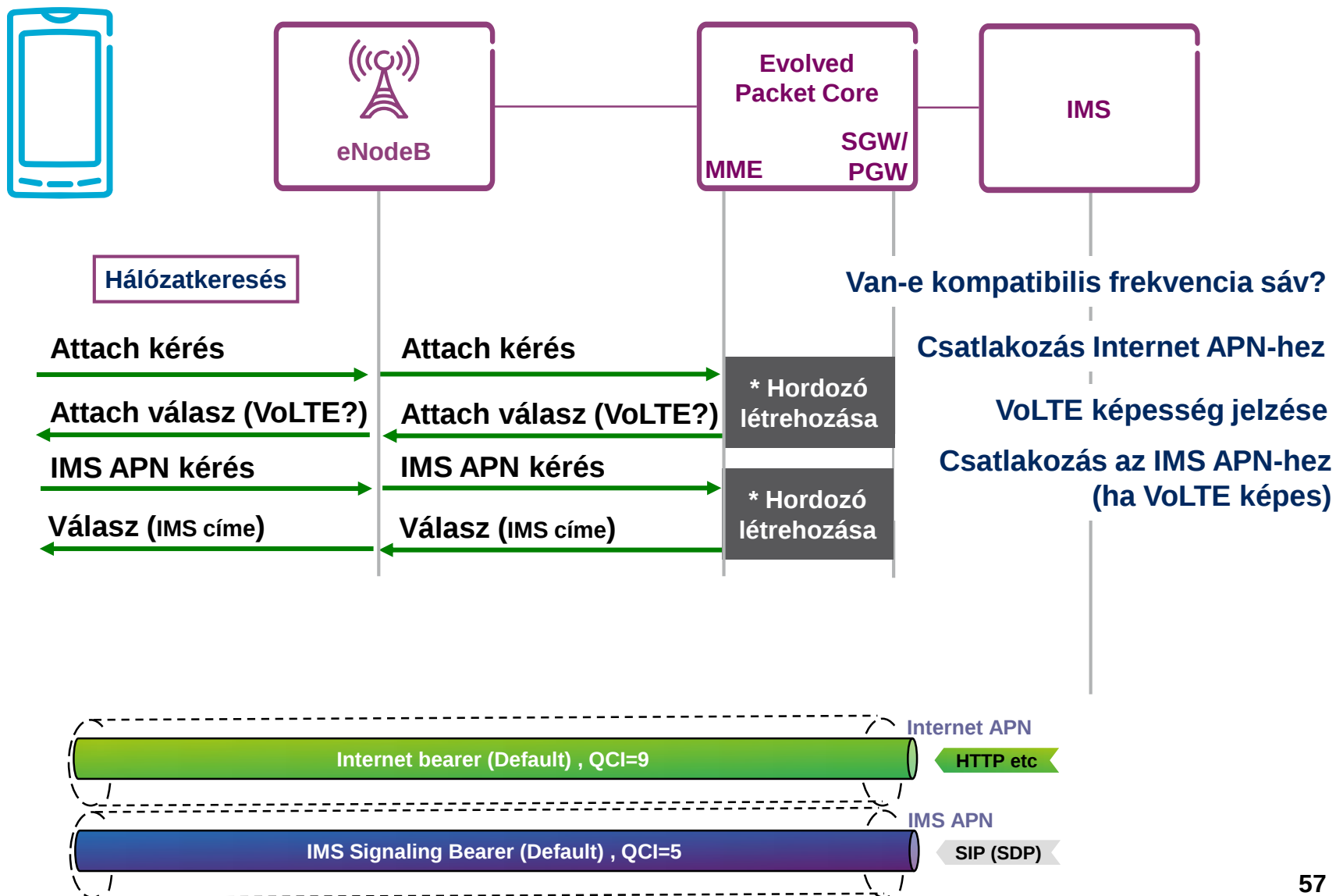
Van-e kompatibilis frekvencia sáv?

Csatlakozás Internet APN-hez
VoLTE képesség jelzése
Csatlakozás az IMS APN-hez
(ha VoLTE képes)



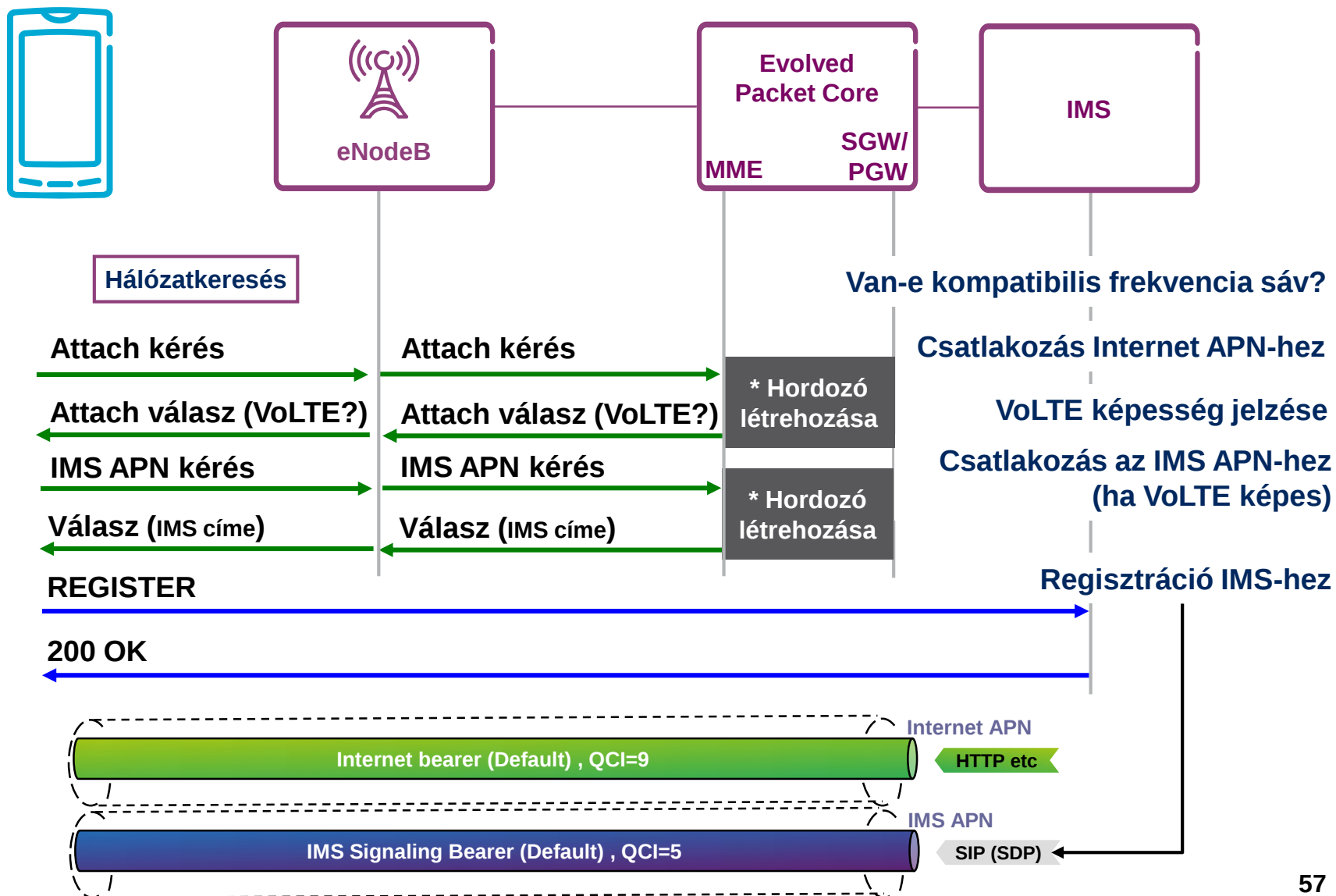
* Emlékeztető | Hordozó: UE-PGW közt, rádiós + GTPu tunnelek | Létrehozás: GTPc vezérlőüzenetekkel

VoLTE – kapcsolódás a hálózathoz



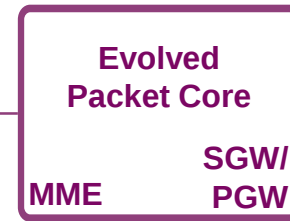
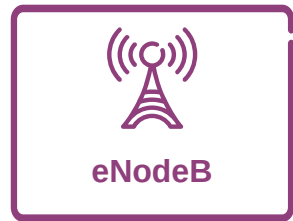
* Emlékeztető | Hordozó: UE-PGW közt, rádiós + GTPu tunnelek | Létrehozás: GTPc vezérlőüzenetekkel

VoLTE – kapcsolódás a hálózathoz

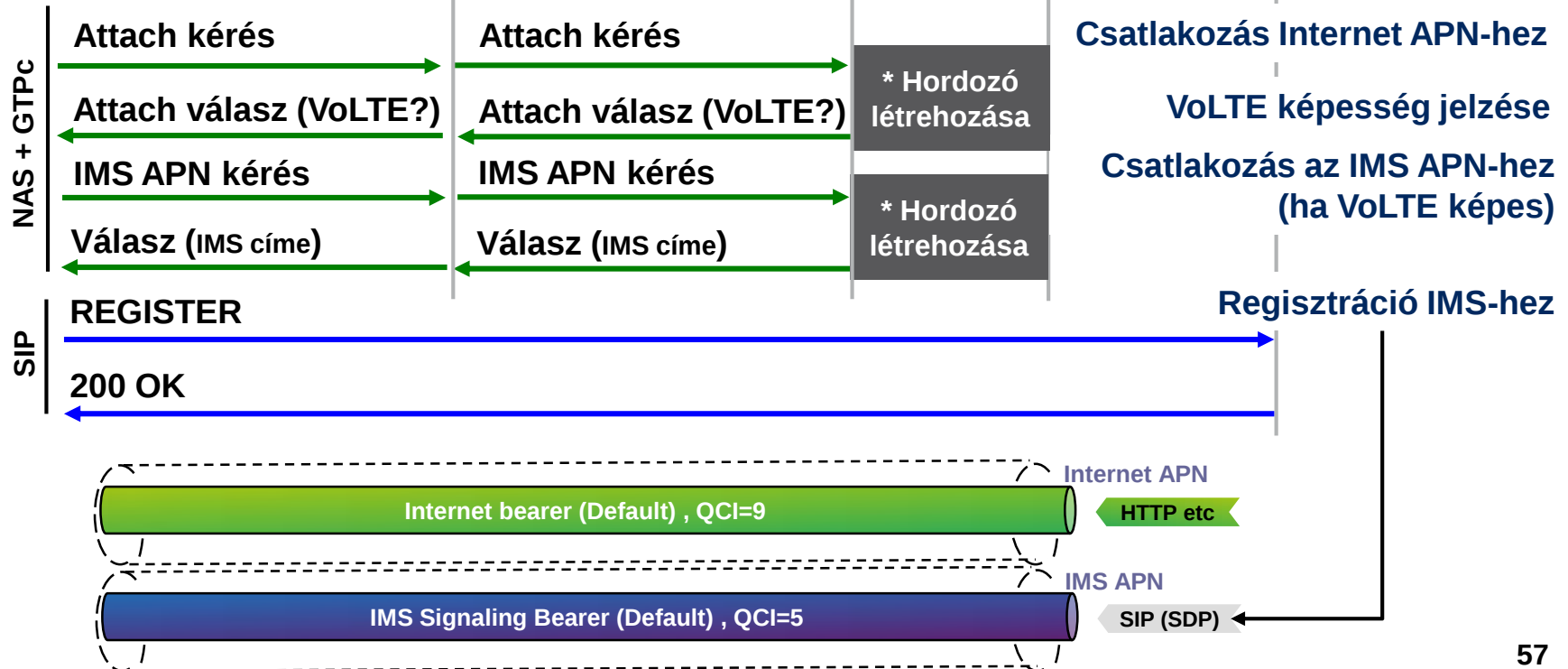


* Emlékeztető | Hordozó: UE-PGW közt, rádiós + GTPu tunnelek | Létrehozás: GTPc vezérlőüzenetekkel

VoLTE – kapcsolódás a hálózathoz

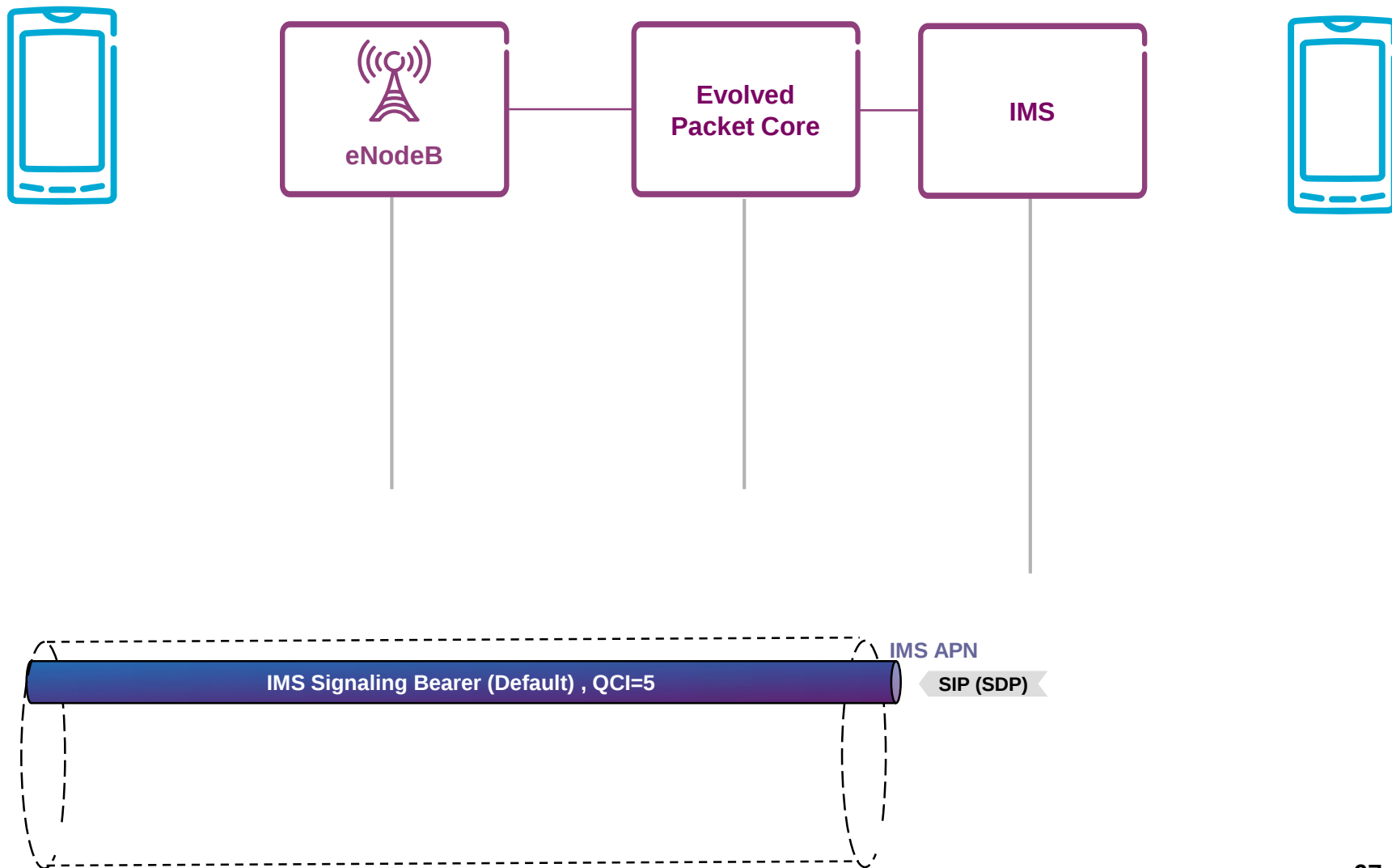


Hálózatkeresés

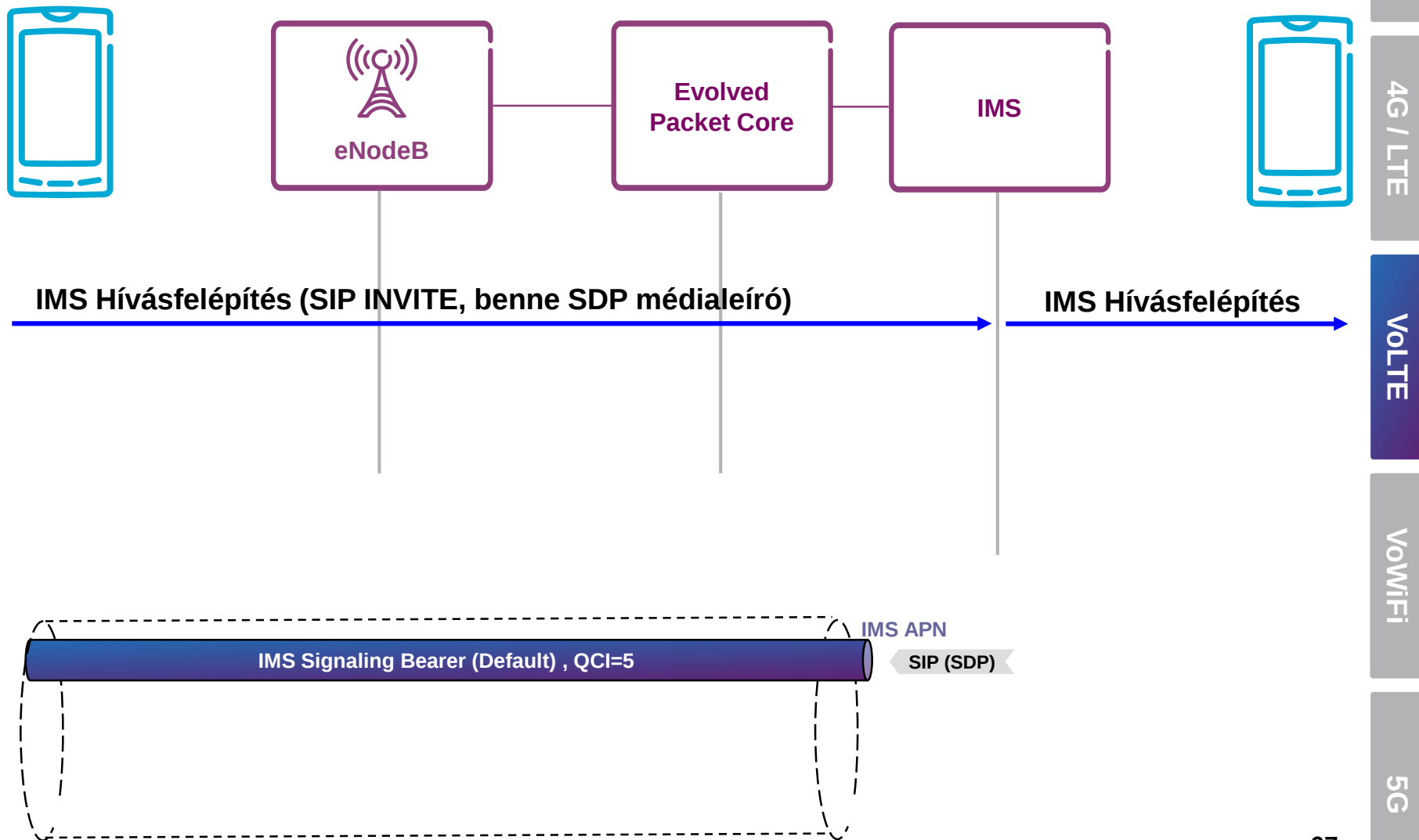


* Emlékeztető | Hordozó: UE-PGW közt, rádiós + GTPu tunnelek | Létrehozás: GTPc vezérlőüzenetekkel

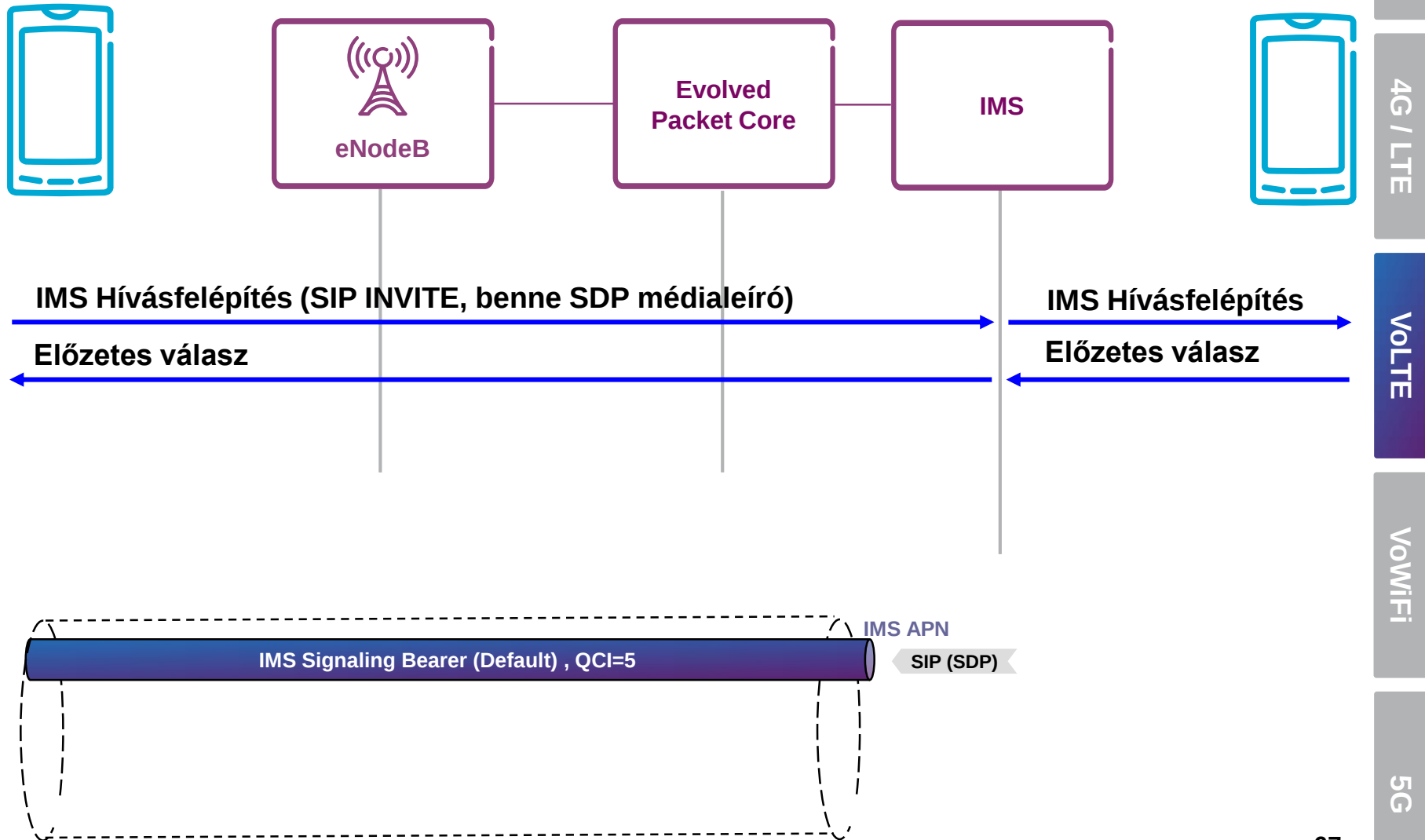
VoLTE – hívásfelépítés



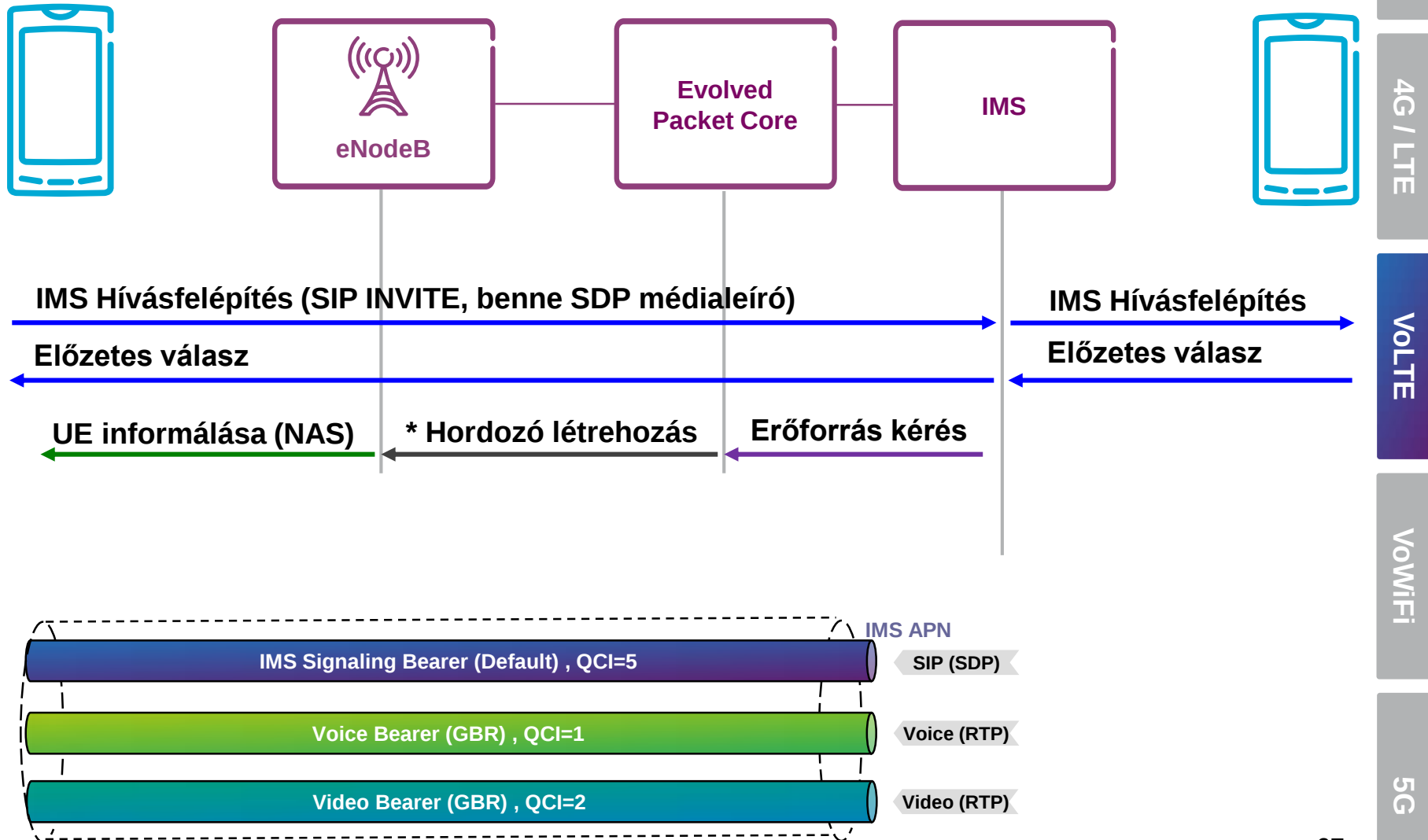
VoLTE – hívásfelépítés



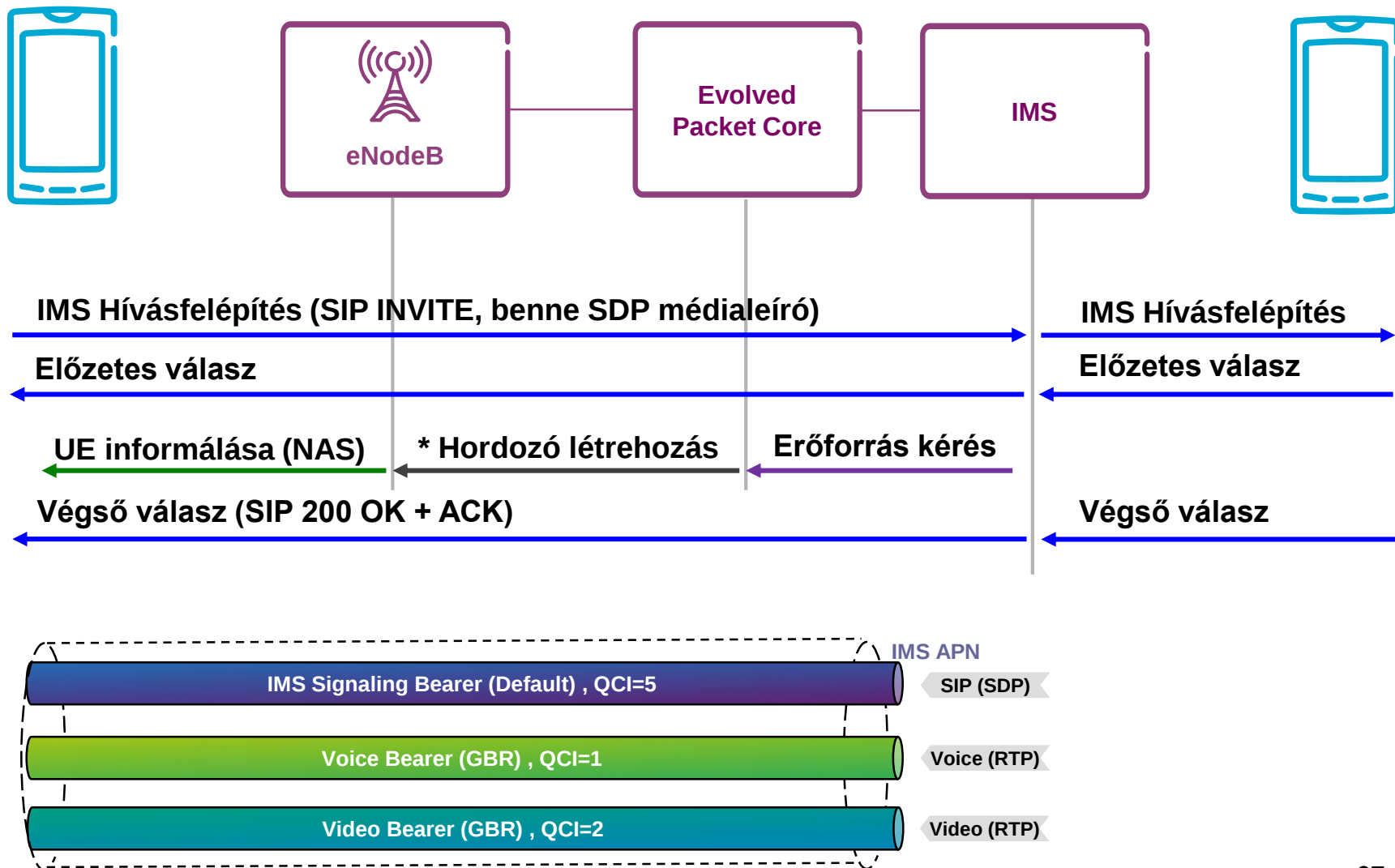
VoLTE – hívásfelépítés



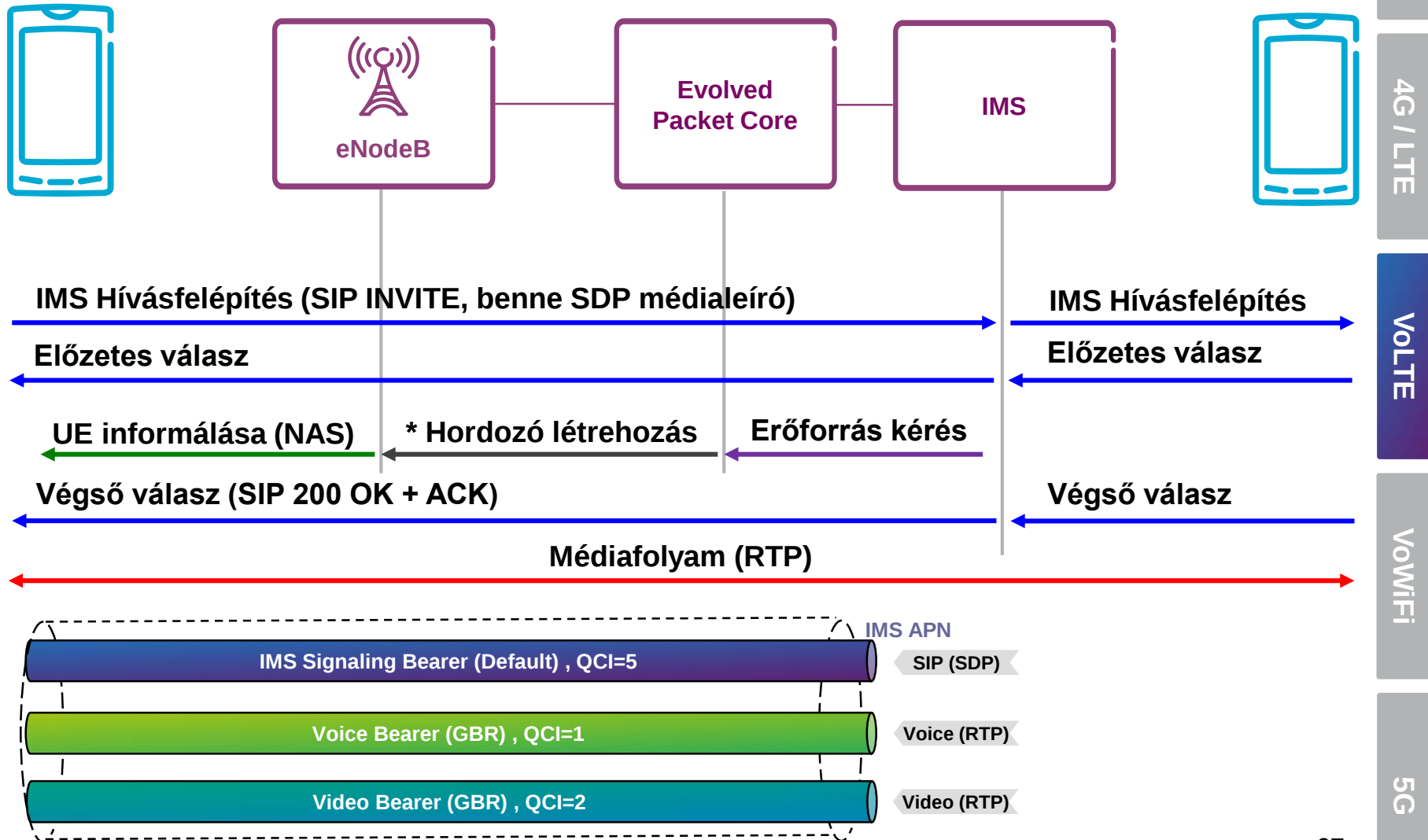
VoLTE – hívásfelépítés



VoLTE – hívásfelépítés

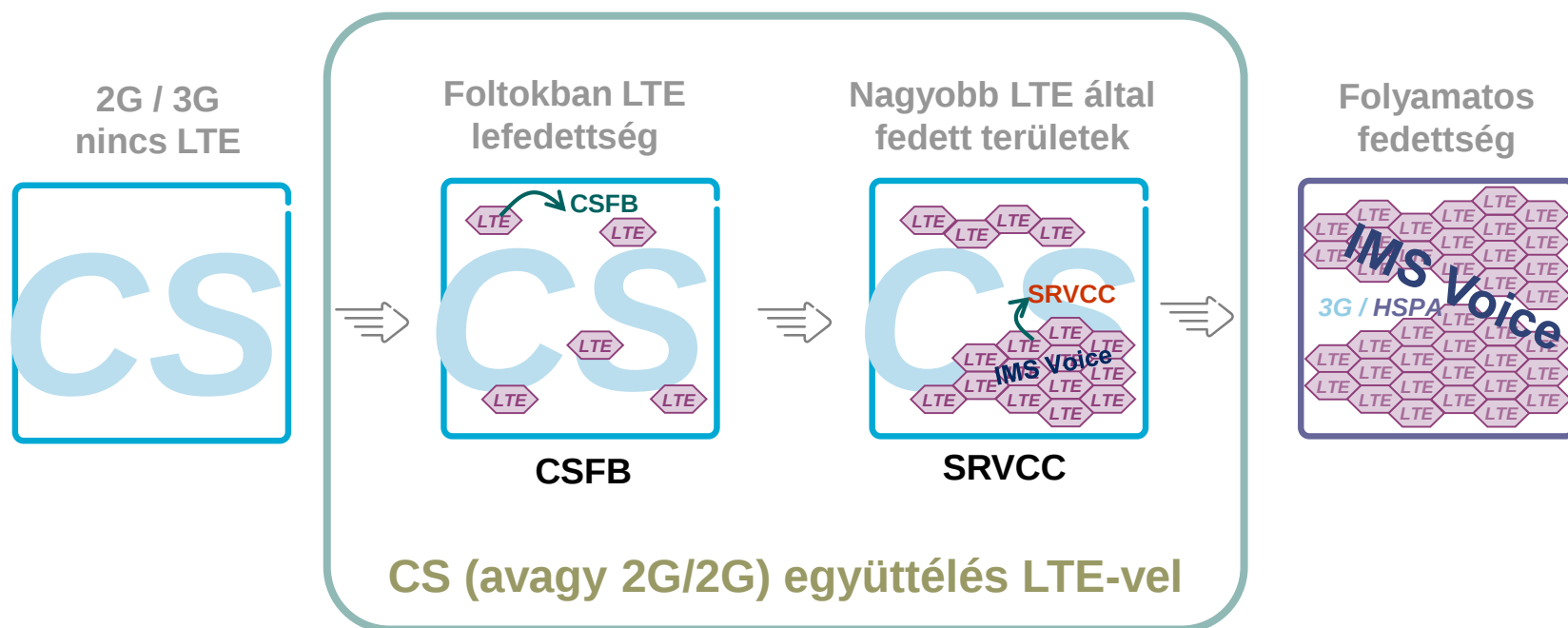


VoLTE – hívásfelépítés



VoLTE + 2G/3G?

- Szükség az 2G/3G együttműködésre
 - Többnyire nem új operátorok fogják bevezetni
 - LTE, mint overlay csak idővel éri el a GSM lefedettségét (ittthon jól áll: [Telekom](#))



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” 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

□ SMS 2G/3G

- SMS szolgáltatás a 2G/3G hálózat által kezelve
 - UE SMS-t küld és fogad NAS jelzésüzenetekben
 - NAS emlékeztető: UE-eNodeB-MME között
 - MME – MSC interfészen átmegy a 2G/3G hálózatba
- „SMS via CSFB”

□ SMS over IP

- SMS küldés IMS-en keresztül
- SIP „MESSAGE” üzenetbe csomagolva

VoLTE összefoglaló

- VoLTE = LTE + IMS + specifikus követelmények a hálózat különböző részeire
- Hordozók
 - Internet APN – internetes adatcsomagok továbbítása
 - IMS APN
 - Vezérlés: SÍP (+SDP)
 - Felhasználói adat: RTP (dedikált hordozó)
- 2G/3G kompatibilitás
 - ICS, CSFB, SRVCC
- SMS 2G/3G vs. IP alapokon

□ 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
- Untrusted: tetszőleges WiFi hozzáférési pont használata

VoWiFi – architektúra („untrusted”)

Interfész neveket
nem kell tudni

□ ePDG

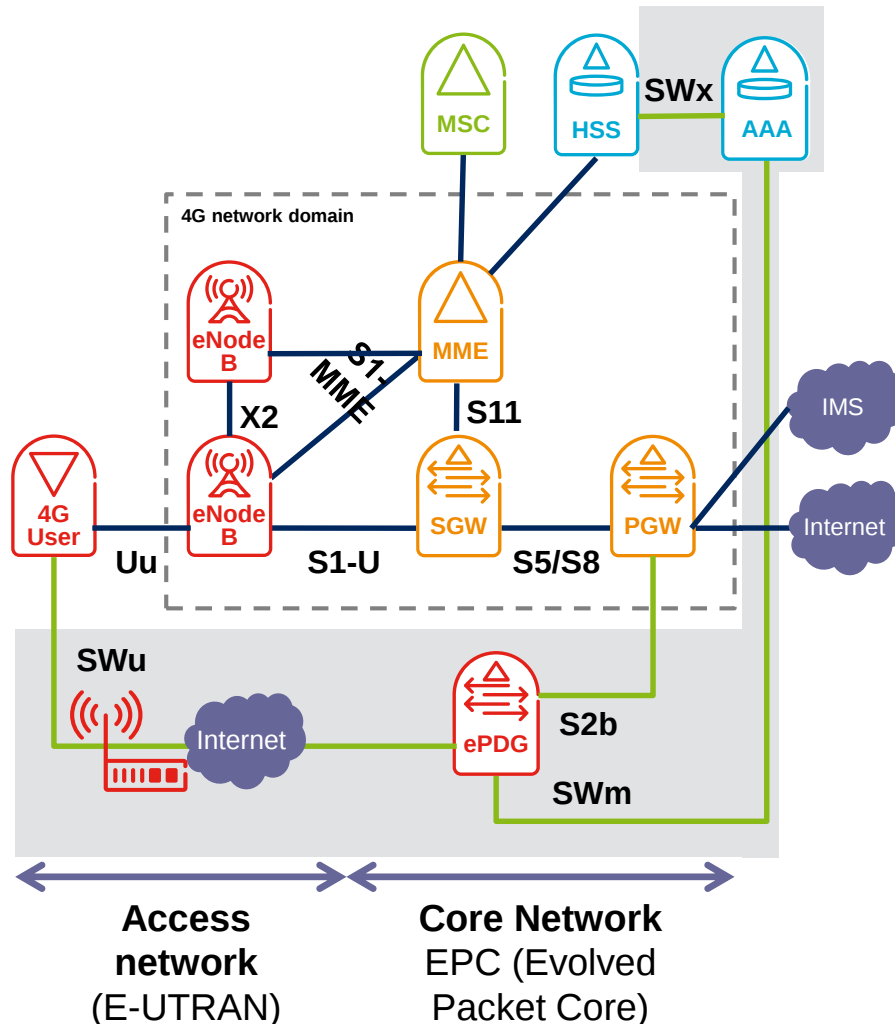
- Evolved Packet Data GW
- Biztonságos kapcsolat (IPSec) kiépítése a 4G készülékkel
- PGW választás
- Mobilitás

□ AAA

- Authentication, Authorization, Accounting
- Biztonsági kulcs

□ HSS

- Felhasználói adatok



- „Connected society” – 10-100x több eszköz
 - Mindenhol jelen lévő számítástechnika
 - Új alkalmazások (M2M, IoT, okos város, forgalomirányítás... stb.)
 - Virtuális valóság
 - Önvezető / kapcsolt autók
- Nagysebességű adatátvitel – 1-10 Gbps
 - NX rádiós interfész – 6-100 GHz sáv
 - 10x spektrális hatékonyság
- < 1 ms vég-vég késleltetés
- Költséghatékony
 - Kisebb átviteli költség / bit
 - Kisebb energiafogyasztás / bit

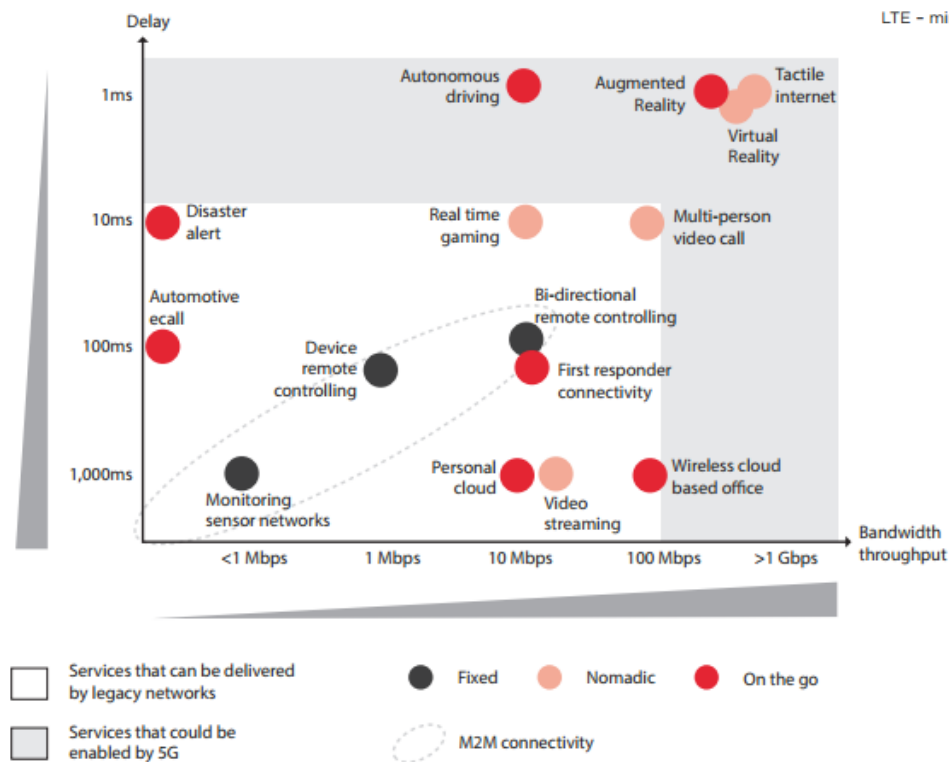


Figure 1: Bandwidth and latency requirements of potential 5G use cases

Source: GSMA Intelligence

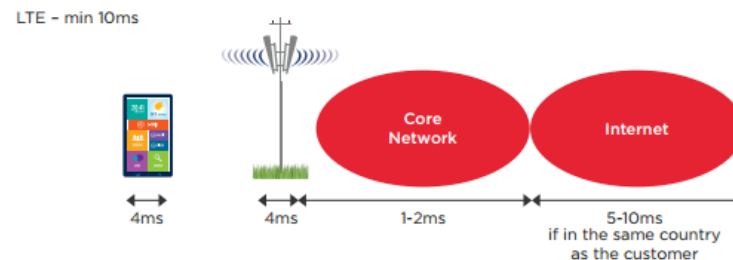


Figure 2: Maximum theoretical downlink speed by technology generation, Mbps (*10 Gbps is the minimum theoretical upper limit speed specified for 5G)

Source: GSMA Intelligence

□ Access Network / Hozzáférési hálózat

- MIMO, Vivő aggregálás, Beamforming, LTE-U továbbfejlesztései
- Rugalmas spektrumallokáció
- Heterogén hálózat / SmallCells

□ Core Network / Maghálózat

- NFV – Network Function Virtualization
 - Hálózati funkciók virtulizálása, szoftver – hardware függetlenítés
 - Szakítás a telekommunikációs szemlélettel → IT
 - Infrastruktúra megosztása
- SDN – Software Defined Networking
 - NFV kiegészítése a topológia dinamikus konfigurálásának lehetőségével

- 2016/2017 – 5G teszt (példák)
 - 800MHz sávszélesség 15 GHz-en (Ericsson & SK Telekom)
 - 1 Gbps végpontok közötti sebesség
 - 4 ms késleltetés
 - Handover teszt nagy sebesség mellett (KDDI & Samsung)
- Szabványosítás folyamatban
 - 3GPP: Release 15 (2017-2018)
- 2020-tól kereskedelmi elterjedés



Referenciák

□ <http://www.netmanias.com/en/?m=kws&g=80>

□ LTE

- 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
- LAA – https://www.ericsson.com/res/thecompany/docs/press/media_kits/ericsson-license-assisted-access-laa-january-2015.pdf
- SmallCells / HetNet – <http://www.3gpp.org/hetnet>
- <https://www.youtube.com/channel/UCf5srFJ-JofnE8r-bn1o1VA>
- http://rfmw.em.keysight.com/wireless/helpfiles/89600b/webhelp/subsystems/lte/content/lte_overview.htm

□ 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 / ViLTE = Voice/Video over LTE
- VoWiFi = Voice over WiFi
- EPC = Evolved Packet Core

Technikai megoldások

- FDD / TDD =
Frequency/Time Division Duplexing
- OFDMA =
Orthogonal Frequency Division Multiple Access
- SC-FDMA = Single Carrier FDMA
- SISO = Single In, Single Out
- (MU-)MIMO =
(Multi-User) Multiple In, Multiple Out
- CoMP = Coordinated Multi Point Operation
- LTE-U = LTE-Unlicensed
(= License Assisted Access (LAA))
- 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

- DeNodeB = Donor eNodeB
- 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

Protokollok

- GTP = GPRS Tunneling Protocol
- SIP = Session Initiation Protocol
- SDP = Session Description Protocol
- RTP = Real-Time Transport Protocol

Hordozók, tunnelek, minőségbiztosítás

- APN = Access Point Name
- TEID = Tunnel Endpoint Identifier
- QoS = Quality of Service
- QCI = QoS Class Identifier
- GBR = Guaranteed Bit Rate

5G

- NFV = Network Function Virtualization
- SDN = Software Defined Networking