



HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK

Hálózatok alapjai és üzemeltetése

Mobil rendszerek (folytatás)
15. előadás

Gódor Győző

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék
godorgy@hit.bme.hu

Budapest,
2023.05.19.

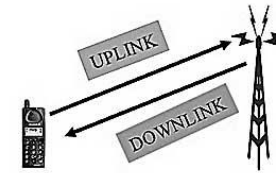


- Rádiós alapfogalmak
- 4G LTE
- Hanghívás LTE-ben
 - IP Multimedia Subsystem
 - VoLTE
- 5G NR
- 5G Magyarországon

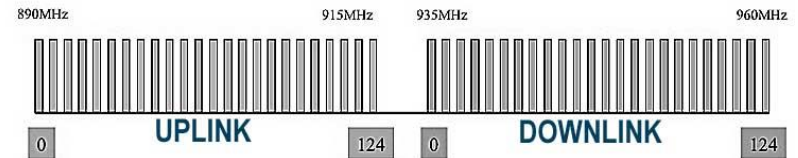
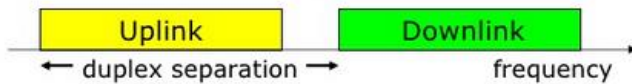


Rádiós alapfogalmak – Mobil rendszerek evolúciója

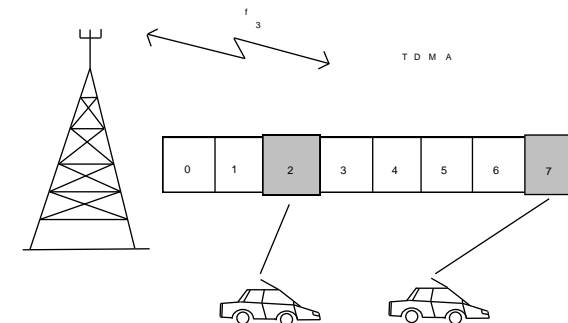
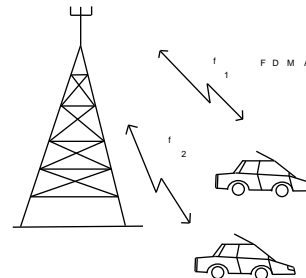
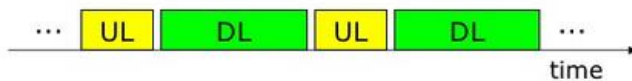
- megkülönböztetünk uplink és downlink irányt
- közeghozzáférési technikák: TDMA/FDMA/CDMA
- duplexing technikák: FDD/TDD
 - például: a GSM rendszer frekvencia duplex
- az uplink és downlink frekvencia sáv közti különbség – duplex távolság



FDD (Frequency Division Duplexing)
(GSM/GPRS, TETRA, UTRA FDD)



TDD (Time Division Duplexing)
(DECT, UTRA TDD)



UNITED STATES FREQUENCY ALLOCATIONS THE RADIO SPECTRUM

RADIO SERVICES COLOR LEGEND

- AERONAUTICAL MOBILE
 - AERONAUTICAL MOBILE SATELLITE
 - AERONAUTICAL NAVIGATION
 - AMATEUR
 - AMATEUR SATELLITE
 - BROADCASTING
 - BROADCASTING SATELLITE
 - EARTH EXPLORATION SATELLITE
 - FIXED
 - FIXED SATELLITE
 - INTER-SATELLITE
 - LAND MOBILE
 - LAND MOBILE SATELLITE
 - MARITIME MOBILE
 - MARITIME MOBILE SATELLITE
 - METEOROLOGICAL
 - METEOROLOGICAL SATELLITE
 - MOBILE
 - MOBILE SATELLITE
 - RADIO AERONAUTICS
 - RADIOBROADCASTING SATELLITE
 - RADIOLOCATION
 - RADIONAVIGATION
 - RADIOTELEVISION
 - SPACE OPERATIONS
 - SPACE RESEARCH
 - STANDARD FREQUENCY AND TIME SIGNAL
 - STANDARD FREQUENCY AND TIME SIGNAL SATELLITE
- ACTIVITY CODE**
- FEDERAL EXCLUSIVE
 - NON-FEDERAL EXCLUSIVE

ALLOCATION USAGE DESIGNATION

SERVICE	EXAMPLE	DESCRIPTION
Primary	FIXED	Capital Letters
Secondary	MOBILE	Int Capital with lower case letters

The chart is a public good and is in the public domain of the United States of America and is not to be used for any other purpose without the express written permission of the NTIA.

NTIA U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
National Telecommunications and Information Administration
Office of Spectrum Management
JANUARY 2016

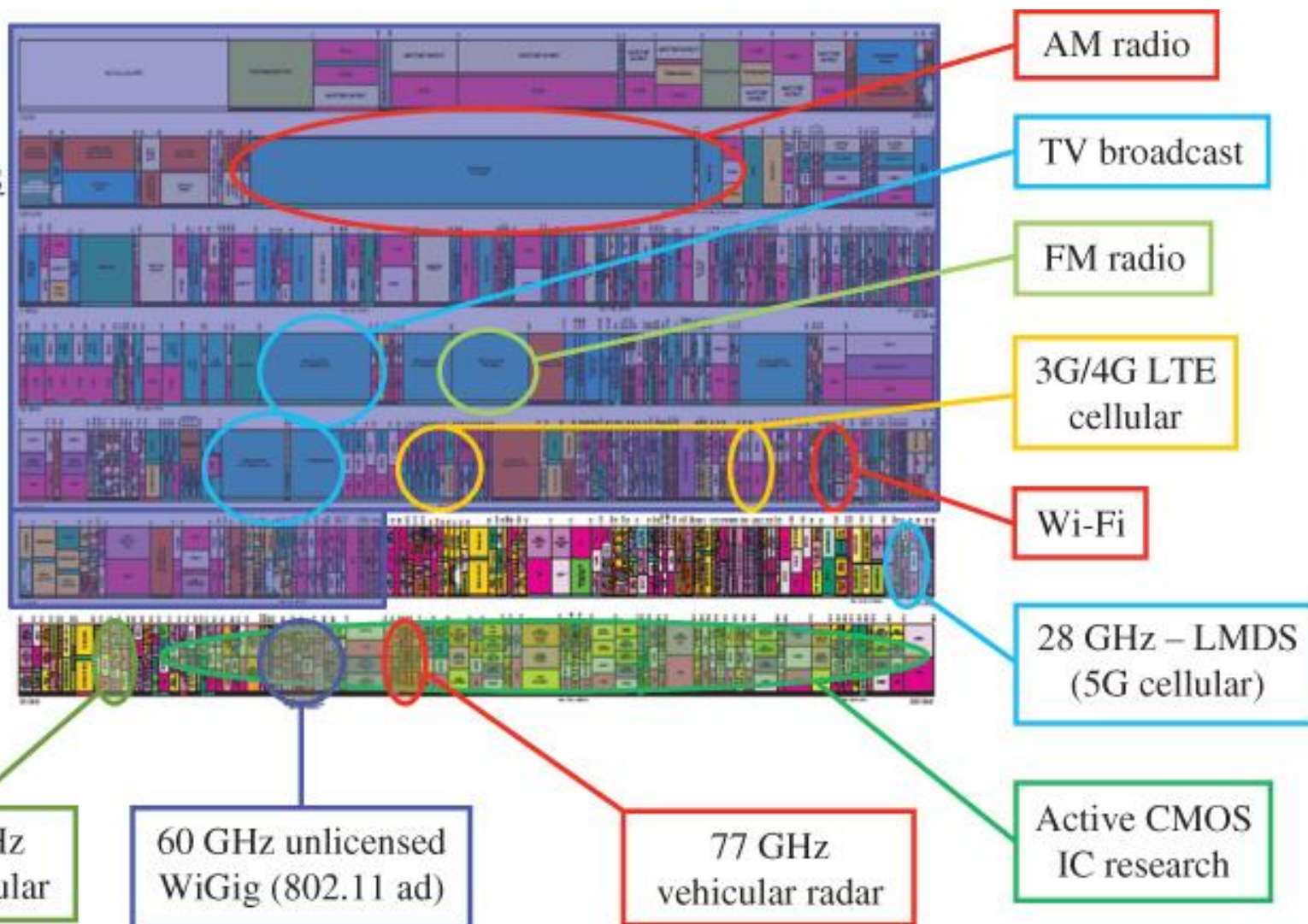


Forrás: https://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/january_2016_spectrum_wall_chart.pdf

FREKVENCIASÁVOK II.

UNITED STATES
FREQUENCY
ALLOCATIONS

THE RADIO
SPECTRUM



Forrás: https://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/january_2016_spectrum_wall_chart.pdf

Comparison* of different Technology Generations

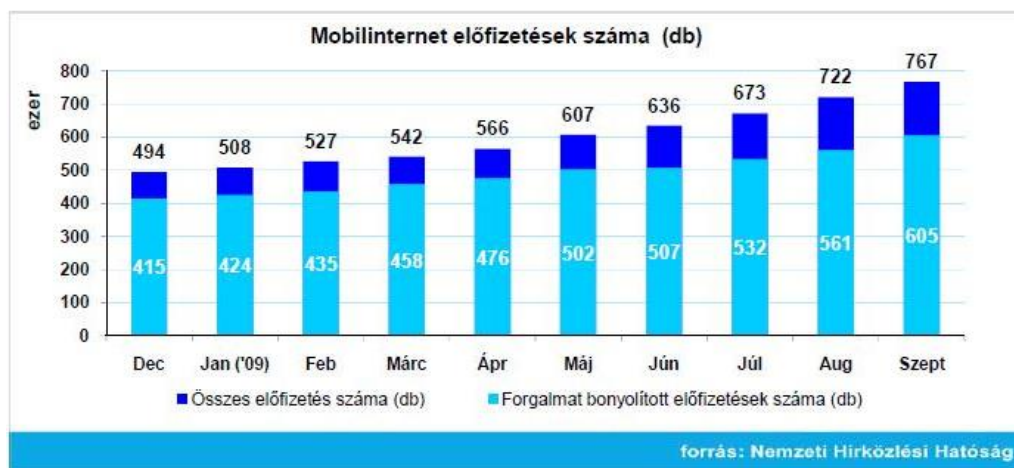
	2G	3G (HSPA+)	4G	5G	6G**
Year	1990	2000	2010	2020	2030
Max DL Speed (theoretical)	473.6 Kbps	42 Mbps	3 Gbps	20 Gbps	1 Tbps
Avg DL Speed (practical)	50 Kbps	8 Mbps	100 Mbps	300 Mbps	1 Gbps
Max UL Speed (theoretical)	473.6 Kbps	11.5 Mbps	1.5 Gbps	10 Gbps	10 Gbps
Avg UL Speed (practical)	50 Kbps	2 Mbps	50 Mbps	100 Mbps	1 Gbps
E2E Latency (practical)	600 ms	120 ms	30 ms	10 ms	1 ms
Reliability	99%	99.9%	99.99%	99.999%	99.99999%
Connection Density	N/a	N/a	10 ⁵ devices/km ²	10 ⁶ devices/km ²	10 ⁷ devices/km ²
Mobility	150 km/h	300 km/h	350 km/h	500 km/h	1000 km/h

* Approximate values to show comparisons. **Subject to change when standards process starts.

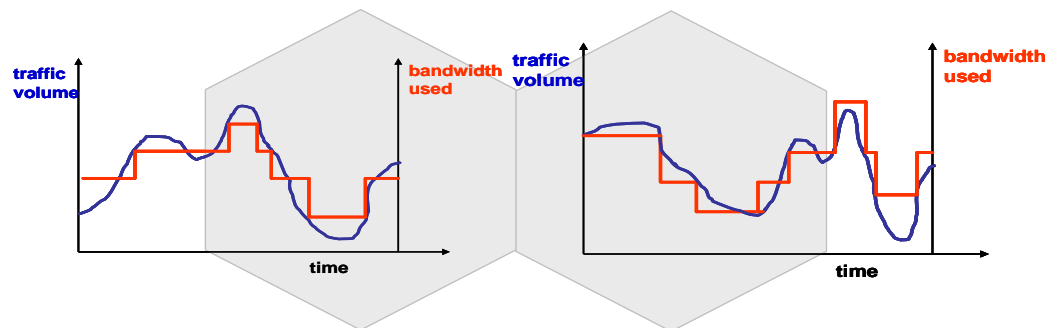


4G – LTE

- Sikeresnek bizonyult a „mobil Internet”
 - hazánkban minden harmadik szélessávú Internet előfizetés
 - világszerte dinamikus növekedés
 - átviteli sebességek: néhány Mbps elérhető HSPA-val
 - csatornától, userek számától stb. függ
 - az Internet technológia minden lehetőségének kiszolgálására még nem alkalmas (pl. szélessávú video, IPTV)



- **Új rádiós technológia kifejlesztése (előnyök)**
 - Korszerű rádióhálózat fejlesztésének lehetősége
 - rugalmas frekvenciahasználat (különböző méretű és a 3G-nél szélesebb sávok használata)
 - csomagkapcsolt forgalomhoz optimalizált
 - a frekvenciasávon belül az erőforrás hatékony használata
 - a pillanatnyi előfizetői forgalmi igényekhez való gyors és könnyű adaptáció



- **Az új technológia nehézségekkel jár (hátrányok)**
 - teljes hálózatra kiterjedő beruházás szükséges, vagy kétmódú előfizetői eszközök
 - nincs visszafelé kompatibilitás
 - van egy vetélytárs technológia (mobil WiMAX)
 - az LTE lett sikeres
 - áramkörkapcsolt hanghívást nem támogat → VoLTE szolgáltatás bevezetése szükséges

- LTE rádiós követelmények
 - legalább 100 Mbps DL és 50 Mbps UL átviteli csúcssebesség, 20 MHz használatával
 - nagyobb sávszélességeken arányosan nagyobb
 - kis csomagkésleltetés a rádiós hozzáférési hálózatban (max. 5 ms alacsony terhelésnél)
 - kis méretű IP csomag késleltetése egy irányban, ha csak 1 terminál kommunikál
 - 5 MHz-en egyszerre legalább 200 előfizető kiszolgálása egy cellában
 - nagyobb sávszélességen legalább 400

- LTE rádiós követelmények
 - többféle sáv szélesség támogatása (jelenleg: 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz)
 - az alaphoz (HSDPA) képest követelt relatív javulás
 - átlagos előfizetői átviteli sebesség (per MHz): downlink 3-4x, uplink 2-3x
 - átviteli sebesség a cella szélén: downlink, uplink 2-3x
 - spektrális hatékonyság: downlink 3-4x, uplink 2-3x
 - mobilitás:
 - csúcs teljesítőképesség 15 km/h sebességű felhasználóknál
 - 120 km/h-ig nagy teljesítőképesség
 - 350 km/h-ig kapcsolat fennmaradása (handover esetén is)
 - lefedettség:
 - 5 km-ig a teljesítőképesség javulást tartani kell
 - 30 km-ig némi romlás megengedett, de mobilitásban nem



4G LTE architektúra – System Architecture Evolution

- Az LTE „architektúrája”
- Valójában:
 - LTE = 4G rádiós interfész
 - SAE = 4G hálózat
 - Együtt: Evolved Packet System – EPS

- Többféle hozzáférési hálózat támogatása
 - 3GPP és nem 3GPP
 - fix hozzáférési rész
- Roaming
- Mobilitás a különféle hozzáférési hálózatok közt
- „Any service IP alapon” támogatása
- Interworking: PS és CS szolgáltatások közt

- Szigorú QoS biztosítása
 - észrevehetetlen handover CS és PS beszédhálózat közt
 - nincs adatvesztés fix és vezeték nélküli hozzáférés közti handovernél
 - QoS : visszafelé kompatibilis 3GPP egyébbel (UMTS)
- Fejlett biztonsági megoldások
 - törvényes lehallgatás lehetősége
 - védve: tartalom, küldő, fogadó kiléte és helyzete
- Fejlett számlázási megoldások
 - pl. QoS alapján
 - flat rate, adatmennyiség stb.
 - rádióhálózati adatok felhasználása a számlázásnál

- **Rendszer architektúra:**

- a működéshez szükséges funkciók logikai csomópontokhoz rendelve
- két fő blokk:
 - maghálózat (Core Network, CN):
EPC, Evolved Packet Core;
 - rádiós hozzáférési hálózat (Radio Access Network, RAN):
E-UTRAN, Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network

- **Funkciók:**

- rádióhálózat menedzsment
- számlázás
- hitelesítés
- vég-vég kapcsolat menedzsment
- gerinchálózati funkciók és rádióhálózati funkciók
- mobilitás menedzsment

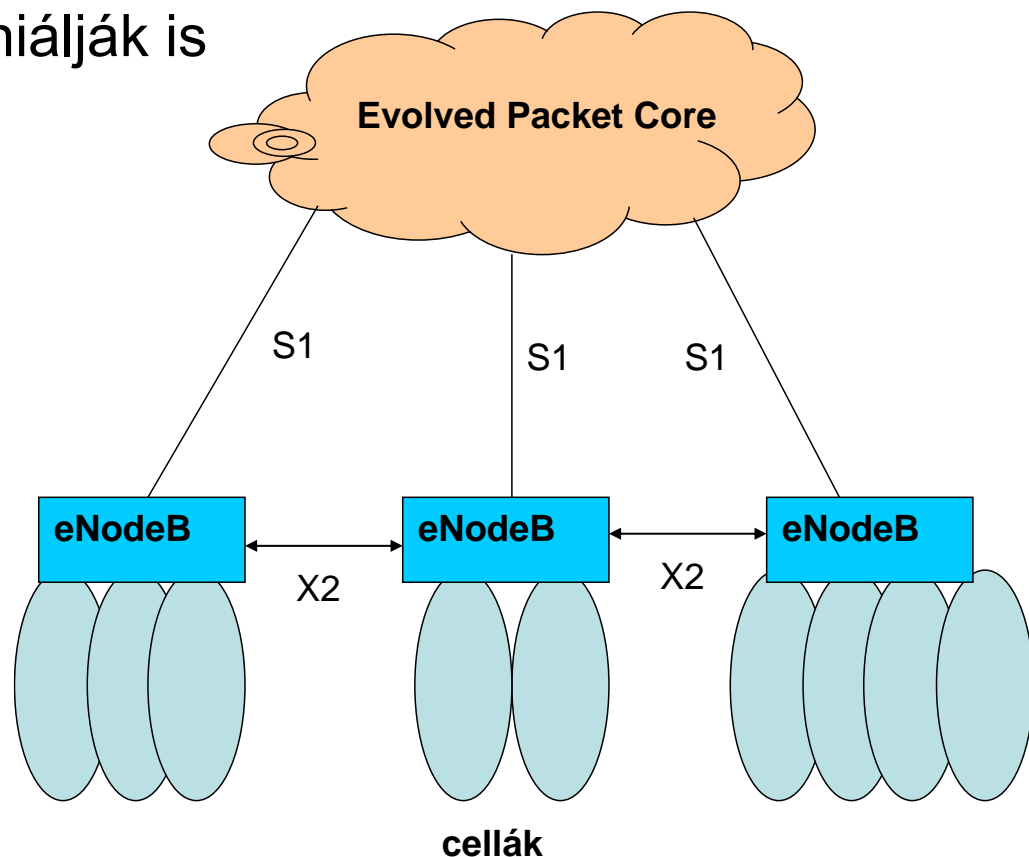
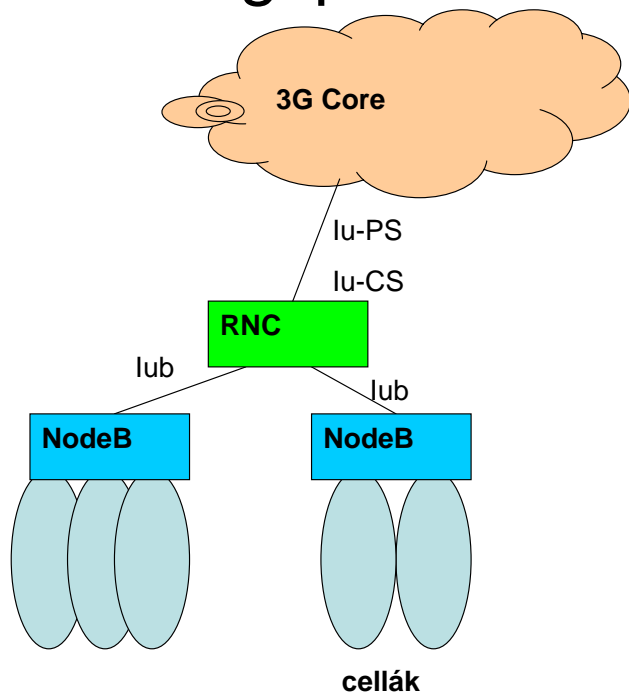
- **RAN funkciók – LTE**

- kódolás, interleaving, moduláció, más fizikai réteg funkciók;
- ARQ, fejléc tömörítés, ütemezés stb., egyéb második réteg funkciók;
- rádiós erőforrás menedzsment, handover stb., más rádiós erőforrás kontroll funkciók;
- biztonsági funkciók: titkosítás, adat integritás megőrzése

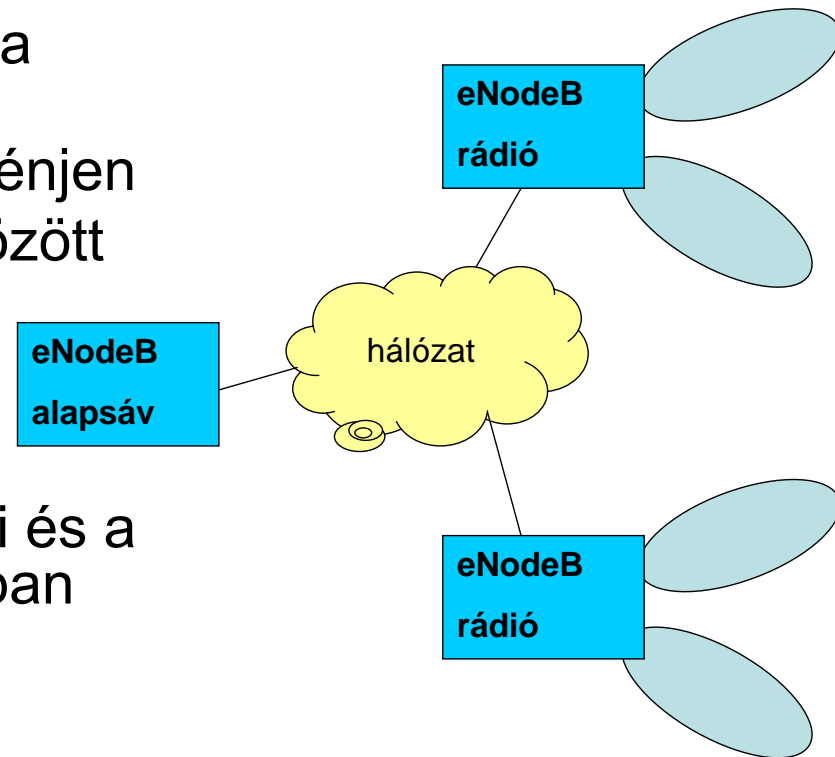
- **Maghálózat funkciók – SAE**
 - számlázás
 - előfizető menedzsment
 - mobilitás menedzsment (a mobil helyzetének követése)
 - hordozó szolgáltatások kezelése, szolgáltatási minőség kezelése
 - előfizetők adatfolyamain végrehajtandó eljárások (policy) kezelése
 - kapcsolódás külső hálózatokhoz
 - más szolgáltató LTE SAE
 - más hálózat (GSM, 3G, Internet)

- **E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network)**
 - handover: adattovábbításon alapul
 - állomások közti kommunikáció szükséges: rádiós erőforrás menedzsment, interferencia kontroll
 - erre szolgál az X2 interfész
 - régi eNodeB továbbítja az új eNodeB-nek a felhasználónak szóló IP csomagokat handover után
 - topológiai vonatkozások

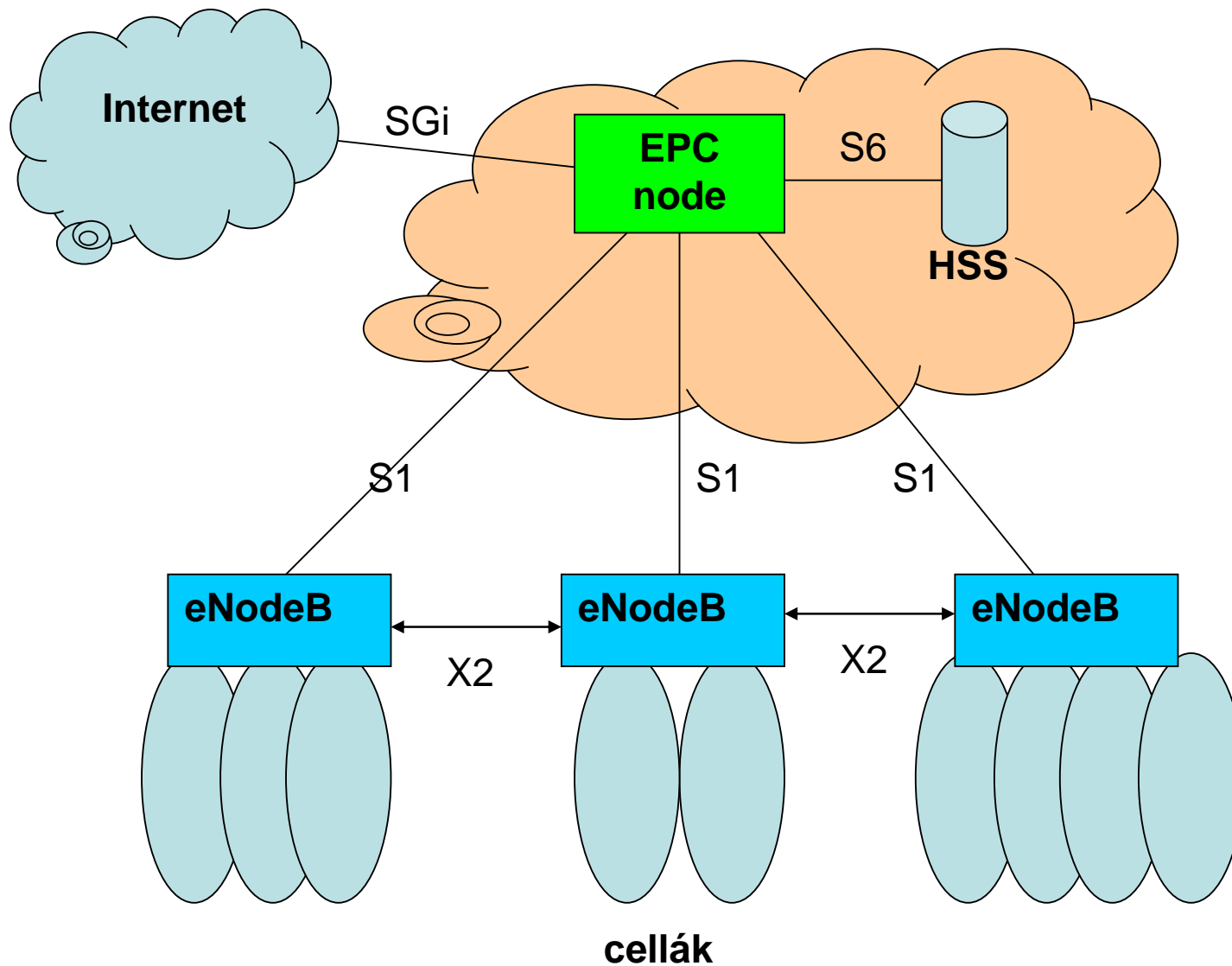
- **nincs központi elem (RNC)**
- a korábbi RNC funkciók az eNodeB-ben
 - ilyen 3G NodeB is létezik már
 - HSPA+ szabványok definiálják is
- biztonsági problémák



- mobilitás kezelése nehezebb központi elem nélkül:
 - cellaváltást lehetőleg „elrejtteni” a maghálózat előtt
 - ugyanakkor adatvesztés ne történjen
 - csomagtovábbítás eNodeB-k között
- **eNodeB: cellák csoportját kezeli, nem szükségszerűen egy helyen**
 - gyártók: megosztják az alapsávi és a rádiós funkciókat az állomásokban
 - elvileg: cella (antenna) nagy távolságban is lehet a bázisállomástól
 - időzítési problémák

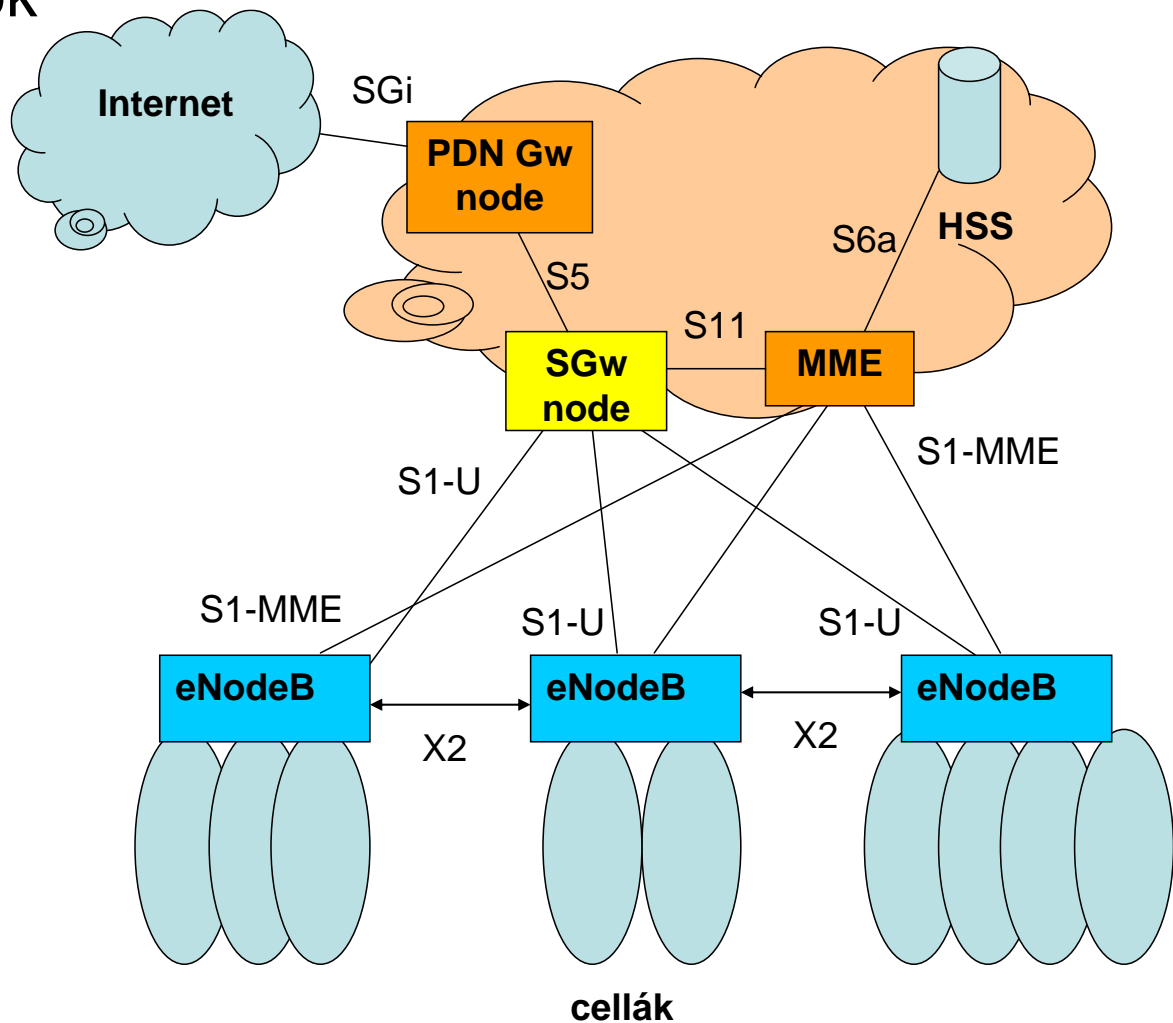


- **Fejlett csomagkapcsolt maghálózat,
Evolved Packet Core – EPC:**
 - funkcionális architektúra: egy csomópont végez minden maghálózati funkciót
 - akár fizikailag is lehetne egy berendezés
 - gyakorlati szempontból nem megvalósítható
 - + HSS (=HLR+AuC) megmaradt a korábbi hálózatokból
 - Home Subscriber Server – HSS



- Funkcionális entitások az EPC-ben:

- **Mobilitás kezelő** egység: Mobility Management Entity (MME)
- **Kiszolgáló átjáró** egység: Serving Gateway (SGw)
- **Adathálózati átjáró** egység: Packet Data Network Gateway (PDN Gw)



- a vezérlő sík megvalósítója az EPC-ben
- mobilitás támogatás
- előfizető helyének lekérdezése
- paging megfelelő helyre küldése
- útvonalválasztás az előfizető pozíciójának megfelelően
- minden egyéb vezérlési feladat: hordozó felépítése, hitelesítés, titkosítási kulcsok cseréje stb.

- az előfizetői adatok továbbítója az EPC és az eNodeB között (felhasználói sík az EPC-ben)
- S1-U működése
 - felhasználó IP csomagjának továbbítása „alagúton” az eNodeB felé/től
 - alagút: új IP protokoll fejléc, új címmel, az előfizető helyének megfelelően
 - a cím meghatározza hova menjen a csomag

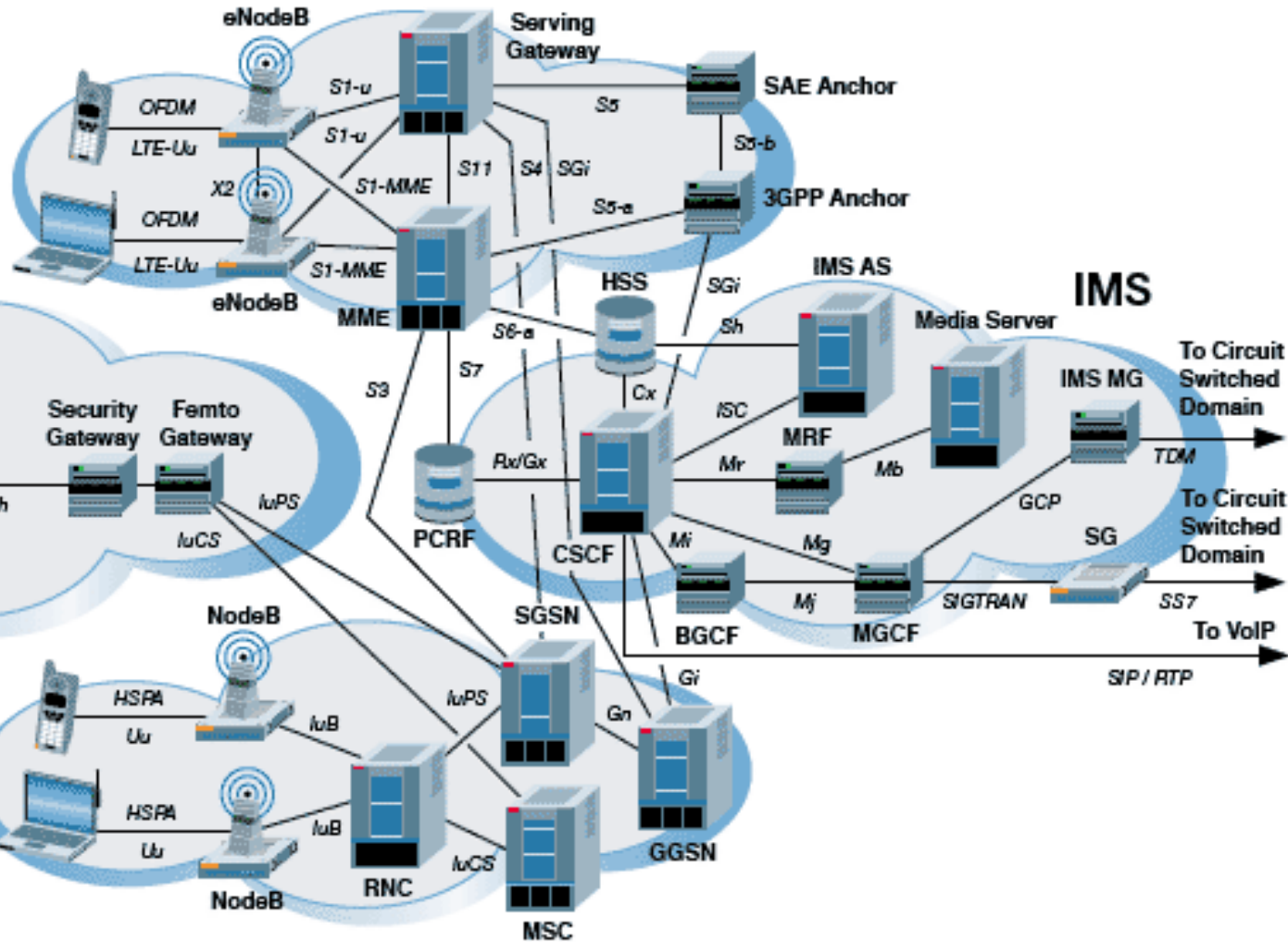
- az interfész a külső csomagkapcsolt hálózatok felé
 - Internet, más szolgáltató hálózata, nem LTE hálózat
- az LTE mobilitás gyökere
 - az SGw továbbítja az IP csomagokat a kiszolgáló eNodeB felé
 - a maghálózatban látszik a mobilitás
 - minden cellaváltásnál új „alagútban” megy a forgalom az eNodeB felé/től
 - ez nagy különbség a 3G-hez képest, ahol az RNC elfedte a lokális mobilitást (RNC-ig kellett az IP alagutat vezetni)

3GPP ARCHITEKTÚRA R8-TÓL

4G (3G LTE / SAE)

Femtocell

3G / 3.5G





IP Multimedia Subsystem

- Cél:
 - Az eltérő hálózati platformok (fix, mobil) közötti kommunikáció vezérlési és menedzselési módszereinek egységesítése
- IP Multimedia Subsystem (IMS) alapjainak lefektetése
 - 3GPP (3rd Generation Partnership Project)
 - ETSI (European Telecommunications Standards Institute)
 - Parlay Forum
- A 3GPP Release 5 (2002) definiálja
 - Maghálózat kiegészítése
 - IP feletti multimédia alkalmazások/szolgáltatások megvalósítása és QoS támogatása
 - Fő protokollja a SIP (Session Initiation Protocol)

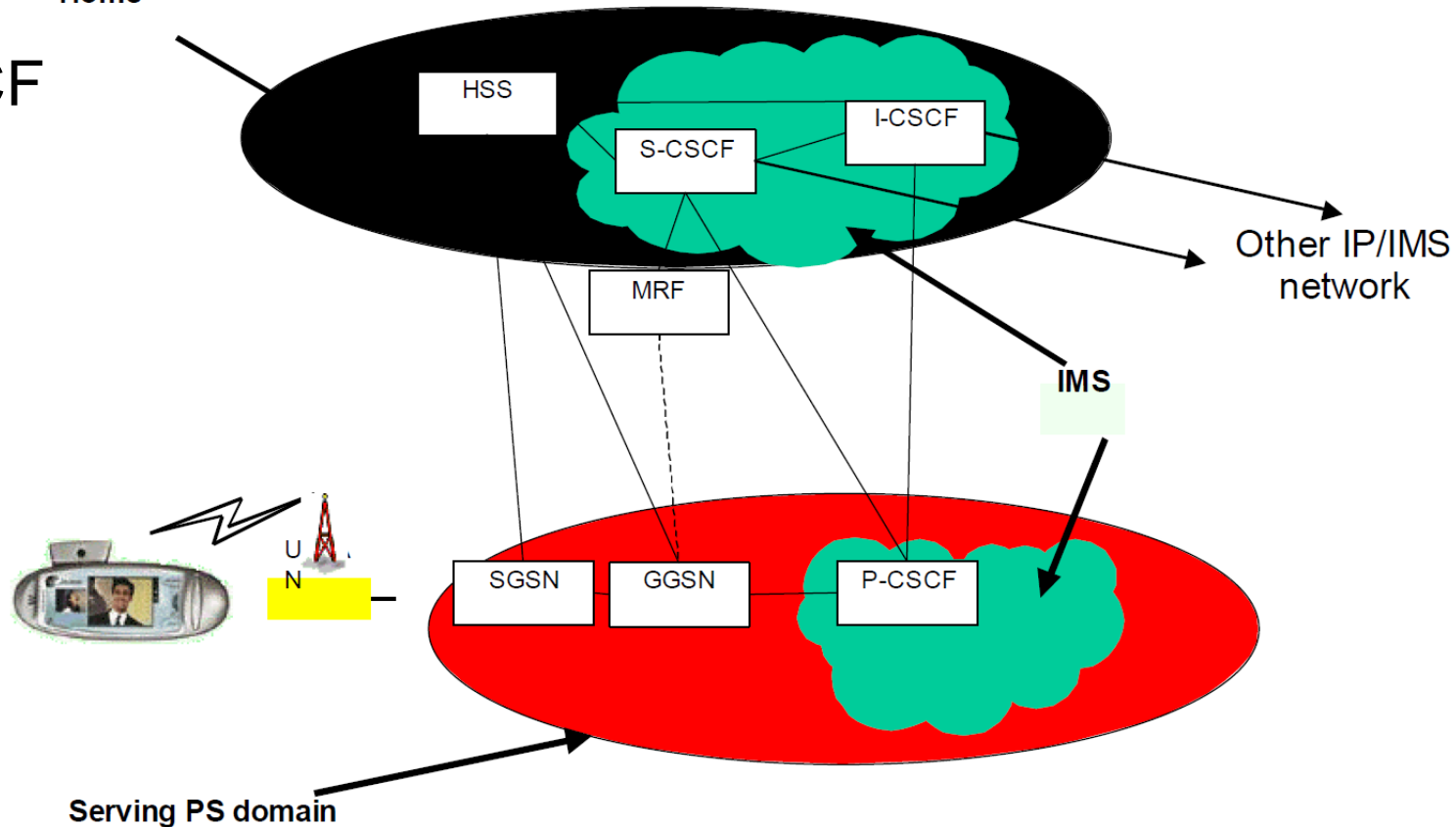
- Az IMS alkalmazás szervereket (TAS) tartalmaz speciális szolgáltatások és alkalmazások megvalósításához
- Az IMS tartalmazza a HSS-t (Home Subscriber Server)
- Eredetileg:
 - Mobilhálózati alkalmazások megvalósítására tervezték, még harmadik fél (third party) számára is az IMS infrastruktúrán keresztül
- Jelenleg:
 - Az IMS átfordít a SIP és az SS7 között, valamint interfész az IP-alapú és a hagyományos (legacy) rendszerek között
 - Értéknövelt szolgáltatásokat IMS felett valósítanak meg
 - Tekinthető úgy, mint egy CS maghálózat csomagkapcsolt hálózatokban (pl. 4G LTE)

- Új elemek:

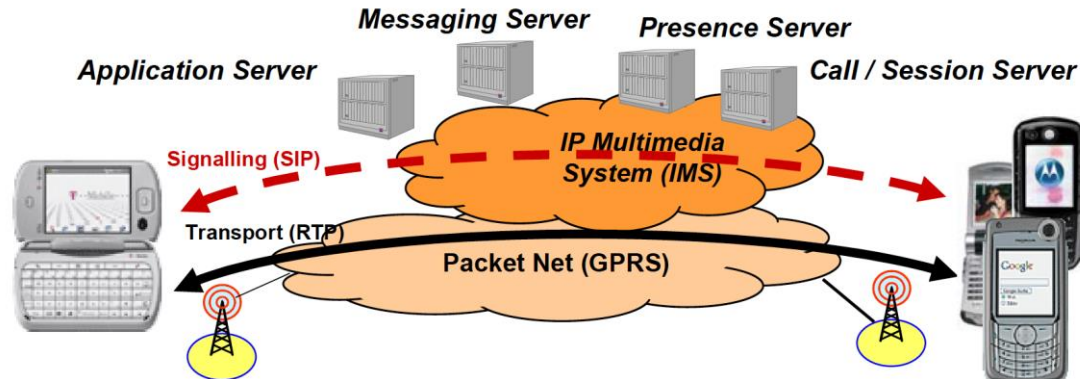
- P-CSCF

- I-CSCF Home

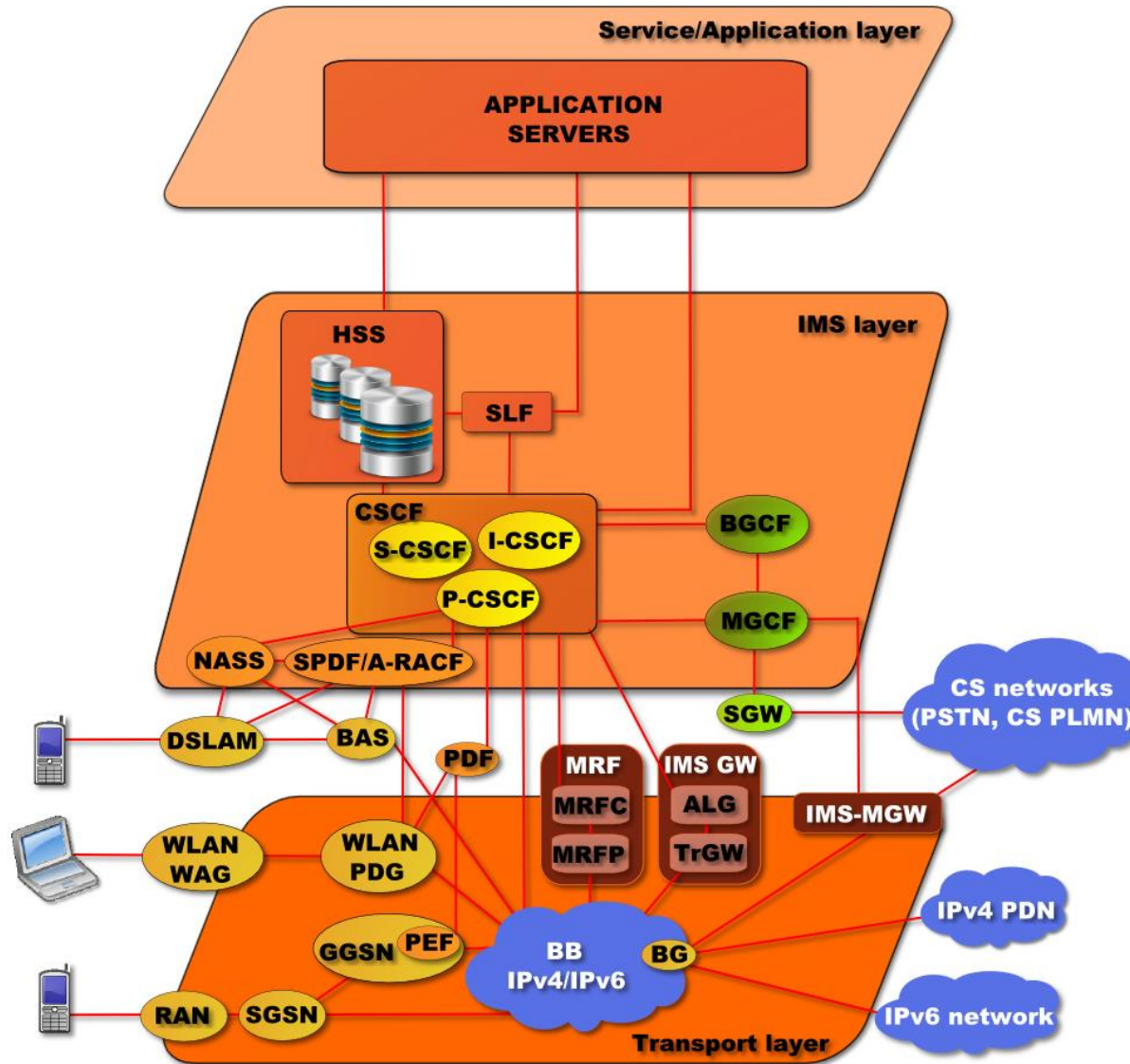
- S-CSCF



- Az IMS egy szabványosított, hozzáférési technológia-független IP alapú architektúra, amely együttműködik a meglévő hang- és adathálózatokkal mind a vezetékes (pl. PSTN, Internet), mind pedig a mobil (pl. GSM, WCDMA) felhasználók számára.
- Tulajdonképpen egy IP alapú fedőhálózat (overlay network) csomagkapcsolt hálózatok fölé.
- Előnyei:
 - Egységes felületet biztosít a különböző IP alapú rendszerek számára
 - Egységes szolgáltatási és menedzsment platform
 - Szabványos QoS, biztonsági és számlázási szolgáltatások nyújtása
 - Szolgáltatások egyszerű integrálása
 - Valós idejű multimédia alkalmazások nyújtása
 - Harmadik fél is könnyen fejleszthet szolgáltatásokat

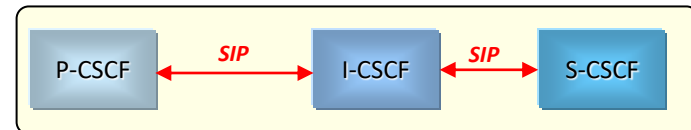


IMS ARCHITEKTÚRA HÁROM RÉTEGE



- **CSCF (Call Session Control Function)**

- Feladata a multimédiás kapcsolatok felépítése, monitorozása és lebontása
- Menedzseli a felhasználó és a szolgáltatásokért felelős elemek közötti kapcsolatokat is
- A hívásvezérlő SIP proxy neve az IMS-ben: CSCF
- Három módban működhet:
 - Átjátszó mód
 - **P-CSCF (Proxy Call Session Control Function)**
 - Szerver mód
 - **S-CSCF (Serving CSCF)**
 - Kliens mód
 - **I-CSCF (Interrogating CSCF)**



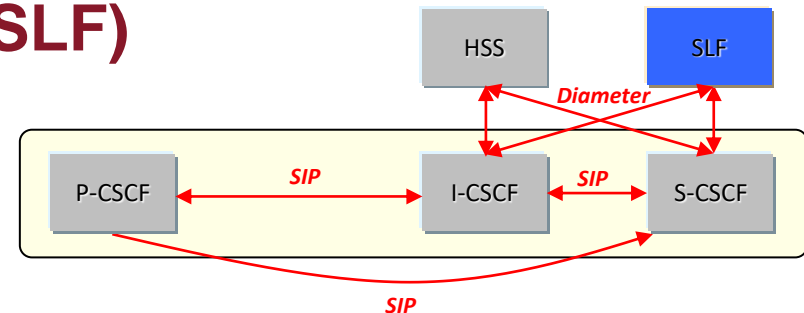
• Home Subscriber Server (HSS)

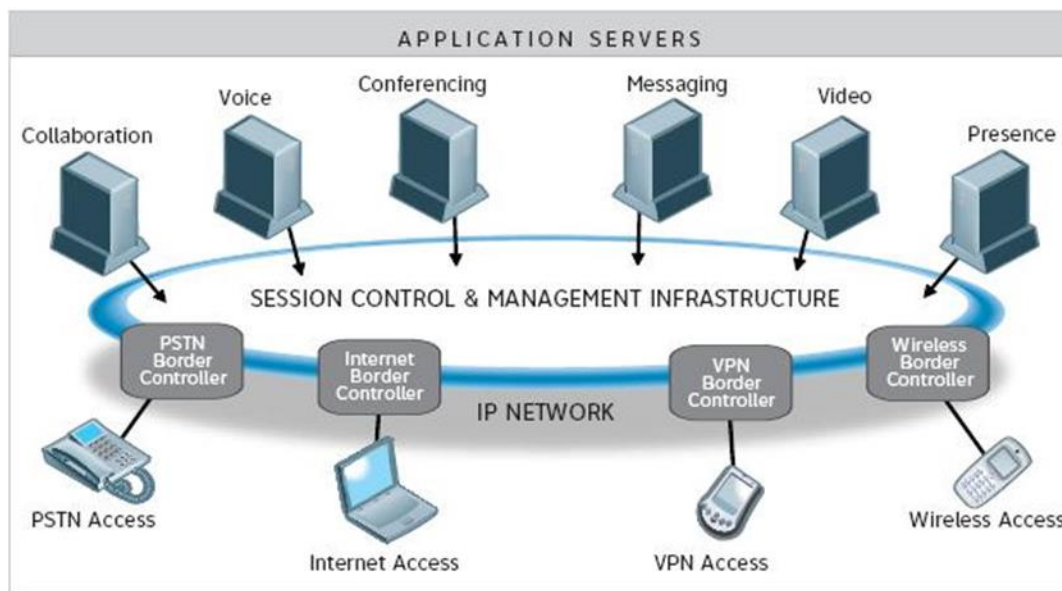
- Felhasználókkal kapcsolatos információk központi tárhelye
 - a felhasználó pillanatnyi fizikai helyére vonatkozó információk
 - hitelesítési információk
 - felhasználói profil
 - az előfizető szolgáltatásokkal összefüggő preferenciáit tartalmazza

- Példa:
 - munkaidőben a munkahelyi VoIP terminálra irányítja a forgalmat
 - esti hívások az otthoni telefont csörgetik meg
 - utazás közben a hívások a mobiltelefonon végződnek
 - tárgyalás alatt minden hívás a hangpostára megy

• Subscriber Locator Function (SLF)

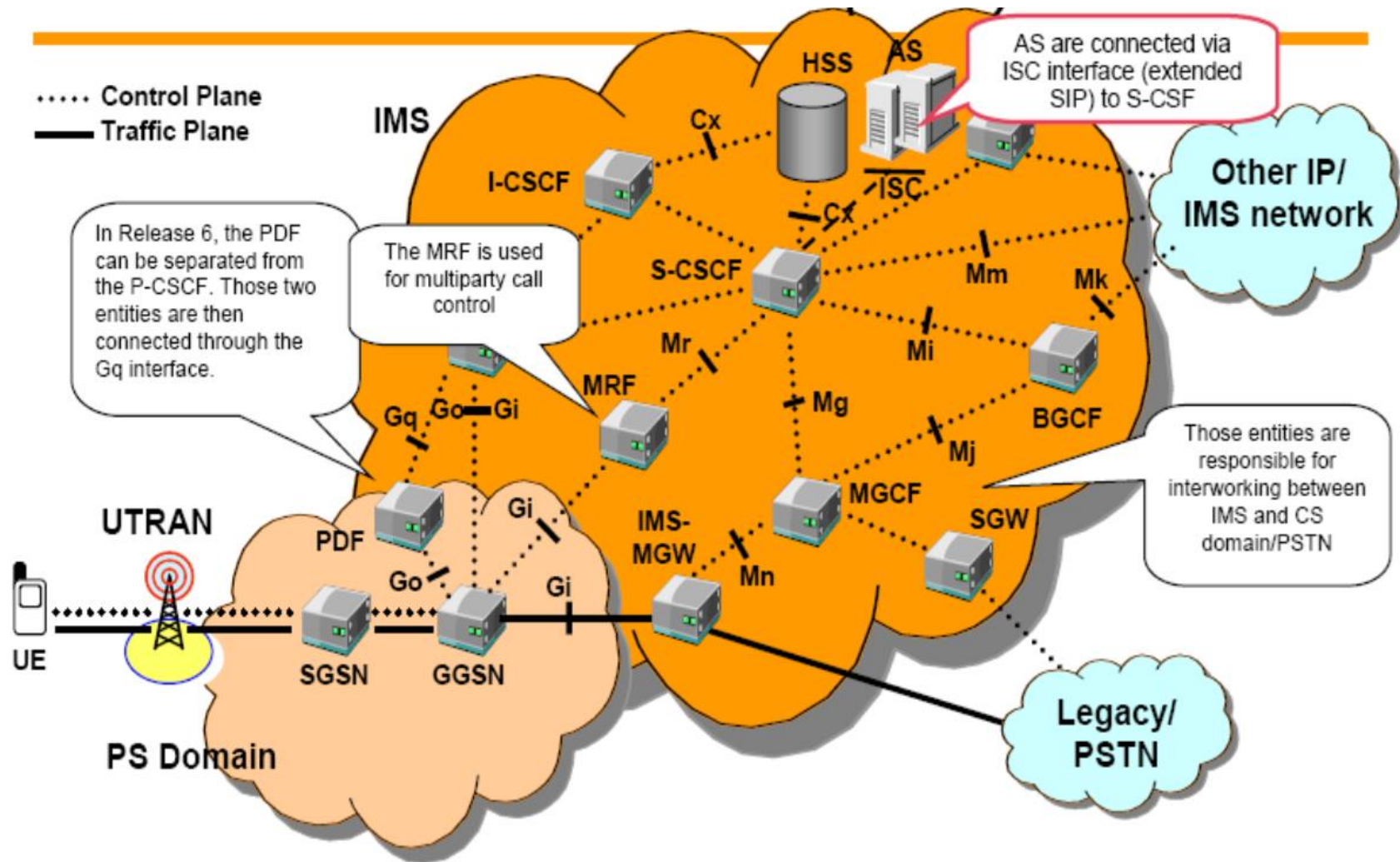
- adatbázis, amely tárolja, hogy a felhasználó adatai melyik HSS-ben érhetőek el





- Jelenlét szolgáltatás (Presence)
 - felhasználó elérhetősége
 - kommunikációra való hajlandóság
- Azonnali üzenet (Instant Message)
 - tartalmazhat képet, videót, hangot stb.
- Push to talk (PTT)
 - kis sávszélességű és nagy késleltetésű hálózaton is működik
- Egyéb szolgáltatások
 - Hívásvárakoztatás
 - Hívástartás
 - Hívásátirányítás
 - Konferencia-beszélgetés
 - Voicemail
 - Text to speech (TTS)
 - Speech to text (STT)

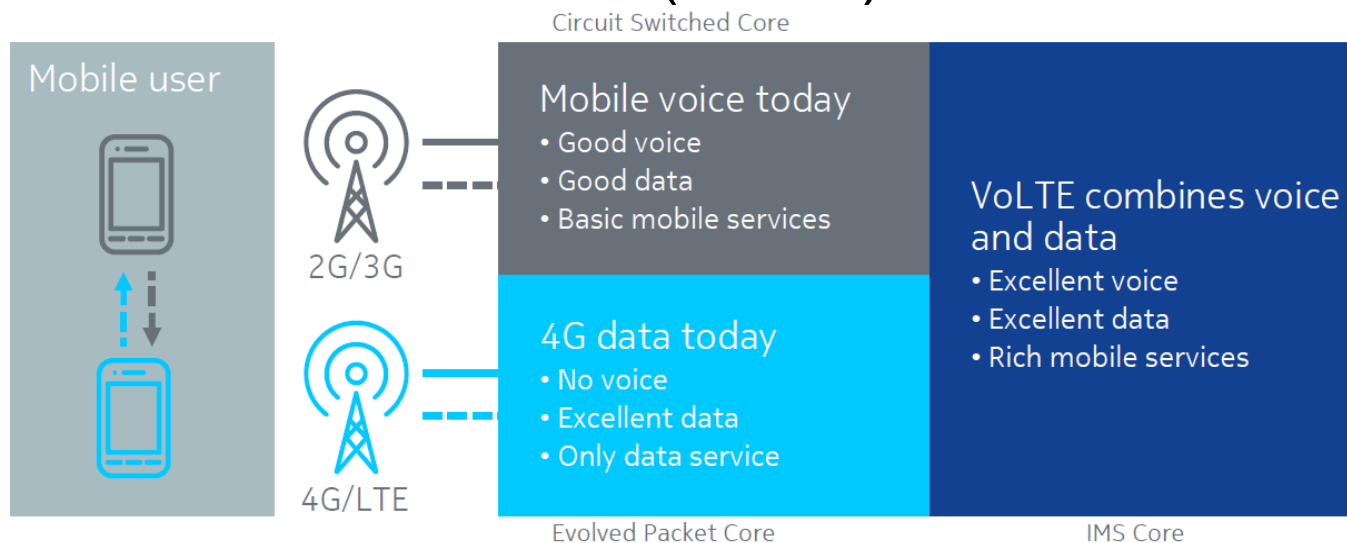
3GPP R6 ARCHITEKTÚRA (IMS)





Voice over LTE

- A **Voice over LTE (VoLTE)** az IP-alapú távközlés fő technológiája
 - High Definition (HD) hangminőséget biztosít
 - Segíti az operátorokat az over-the-top (OTT) VoIP szolgáltatókkal szembeni versenyben.
 - IMS alapú rendszer
- Videocall/Video over LTE (ViLTE)



- A VoLTE/ViLTE alacsonyabb késleltetést és nagyobb kapacitást kínál az OTT VoIP szolgáltatásokhoz képest.
- Országos méretű VoLTE lefedettséget biztosító hálózat kialakításának kihívásai:
 - Magasabb frekvenciasávokban spektrum allokáció → több cella szükséges.
 - A mobil adatforgalom torlódást okozhat → romlik a teljesítmény.
 - Az LTE „vak foltokat” ki kell tölteni (le kell fedni).

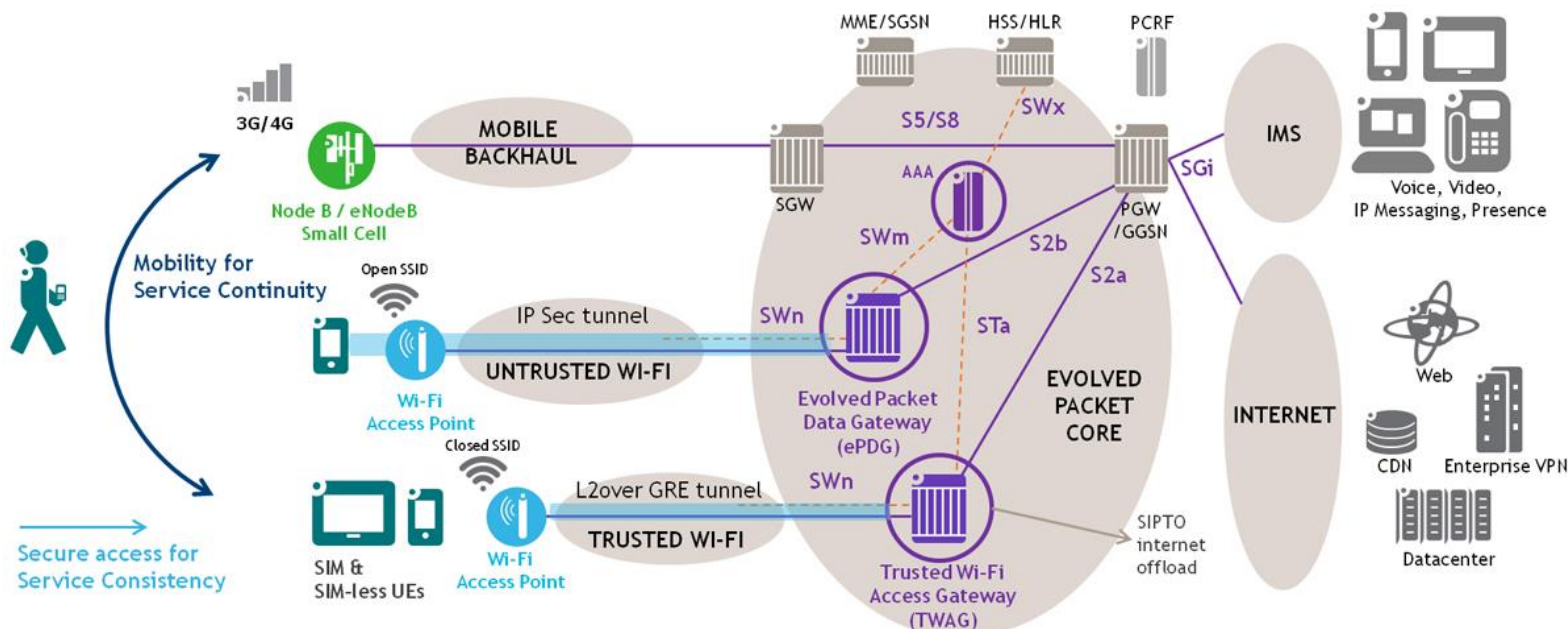
- **Lehetséges technológiák hangátvitelre 4G felett:**
 - **Voice over LTE (VoLTE)**
 - **Circuit Switched Fallback (CSFB)**
 - az LTE-n belüli hang- és üzenetküldési szolgáltatások esetén a leggyakrabban alkalmazott megoldás.
 - Handover mechanizmus segítségével megoldható a hívás CS hálózaton történő folytatása.
 - A Single Radio Voice Call Continuity (SRVCC) mechanizmus teszi lehetővé.
 - **Simultaneous Voice and LTE (SV-LTE)**
 - CDMA operátorok számára néhány eszközgyártó implementálta.
 - Az SV-LTE okostelefonoknak két aktív rádiójuk van.
 - **VoLGA, Voice over LTE via GAN**
 - Lehetővé teszi az LTE mobil eszközök számára, hogy hozzáférjenek a régi rendszerekhez és szolgáltatásokhoz anélkül, hogy el kellene hagyniuk az LTE tartományt.
 - A Generic Access Network (GAN) architektúrát áramkör-kapcsolt szolgáltatások, például SMS-üzenetek IP-alapú hálózatokon történő támogatására fejlesztették ki.

• VoLTE

- ugyanaz a megbízhatóság, mint a 2G/3G
- jobb hangszolgáltatás a 4G-vel
- network korszerűsítés (IP)
- all-IP platform (IMS)

• VoWiFi

- ugyanaz az IP-lefedettség, mint OTT
- jobb mobilitás, mint OTT
- a megbízható hozzáférés gyakran feltételezhető egy operátor által épített Wi-Fi hozzáférés esetén



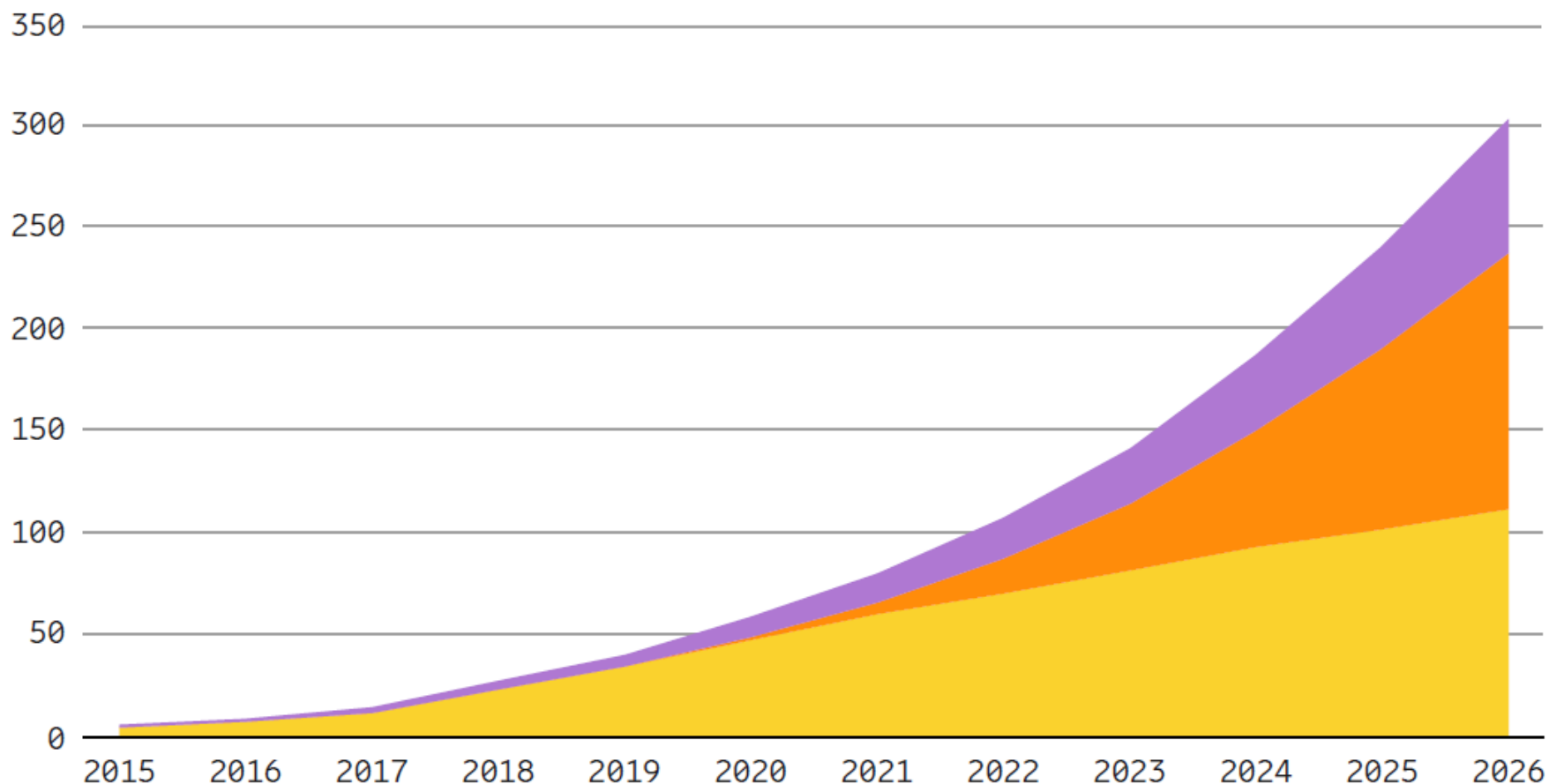


5G New Radio

Teljes mobil hálózati adatforgalom (EB/hó)

Forrás: [Ericsson Mobility Report](#), 2021 június

■ FWA (3G/4G/5G)
 ■ Mobile data (5G)
 ■ Mobile data (2G/3G/4G)

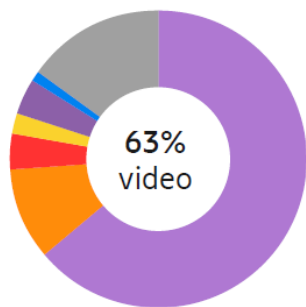


Mobil adatforgalom alkalmazás kategóriánként

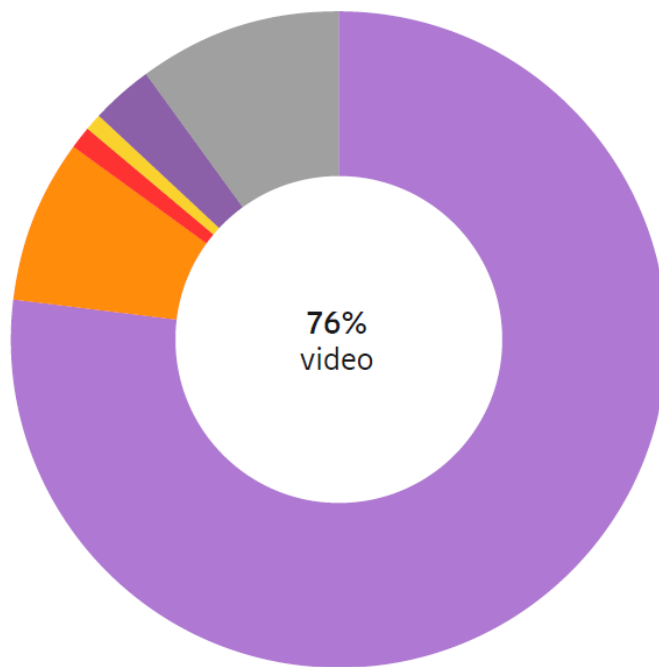
Forrás: [Ericsson Mobility Report, 2020 június](#)

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

Value	Metric	
1	B	byte
1000	kB	kilobyte
1000 ²	MB	megabyte
1000 ³	GB	gigabyte
1000 ⁴	TB	terabyte
1000 ⁵	PB	petabyte
1000 ⁶	EB	exabyte
1000 ⁷	ZB	zettabyte
1000 ⁸	YB	yottabyte



2019
33EB
per month



2025
164EB
per month

Main drivers for video traffic growth

- Video is 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 deployments
- Emerging immersive media formats and applications (HD/UHD, 360-degree video, AR, VR)

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

- Nagy felhasználó-sűrűség, szélessávú szolgáltatások
 - videó átvitel
 - személy-személy, személycsoport videó megosztás, nagyon nagy felbontással, fejkamerák, 3D sebesség és videóátvitel igénye
 - videó/fotómegosztás stadionban/koncerten/nagy tömeget vonzó eseményen/ről
 - több tízezer kapcsolat/km²



- Nagy felhasználó-sűrűség, szélessávú szolgáltatások
 - okos iroda
 - több száz egyidejű kapcsolathoz nagy adatmennyiség, feldolgozási sebesség és videó
 - táv-jelenlét, videokonferencia
 - játék, videójáték, AR, VR (Augmented Reality, Virtual Reality)
 - szolgáltató által nyújtott felhő szolgáltatások
 - felhő szolgáltatások elérése

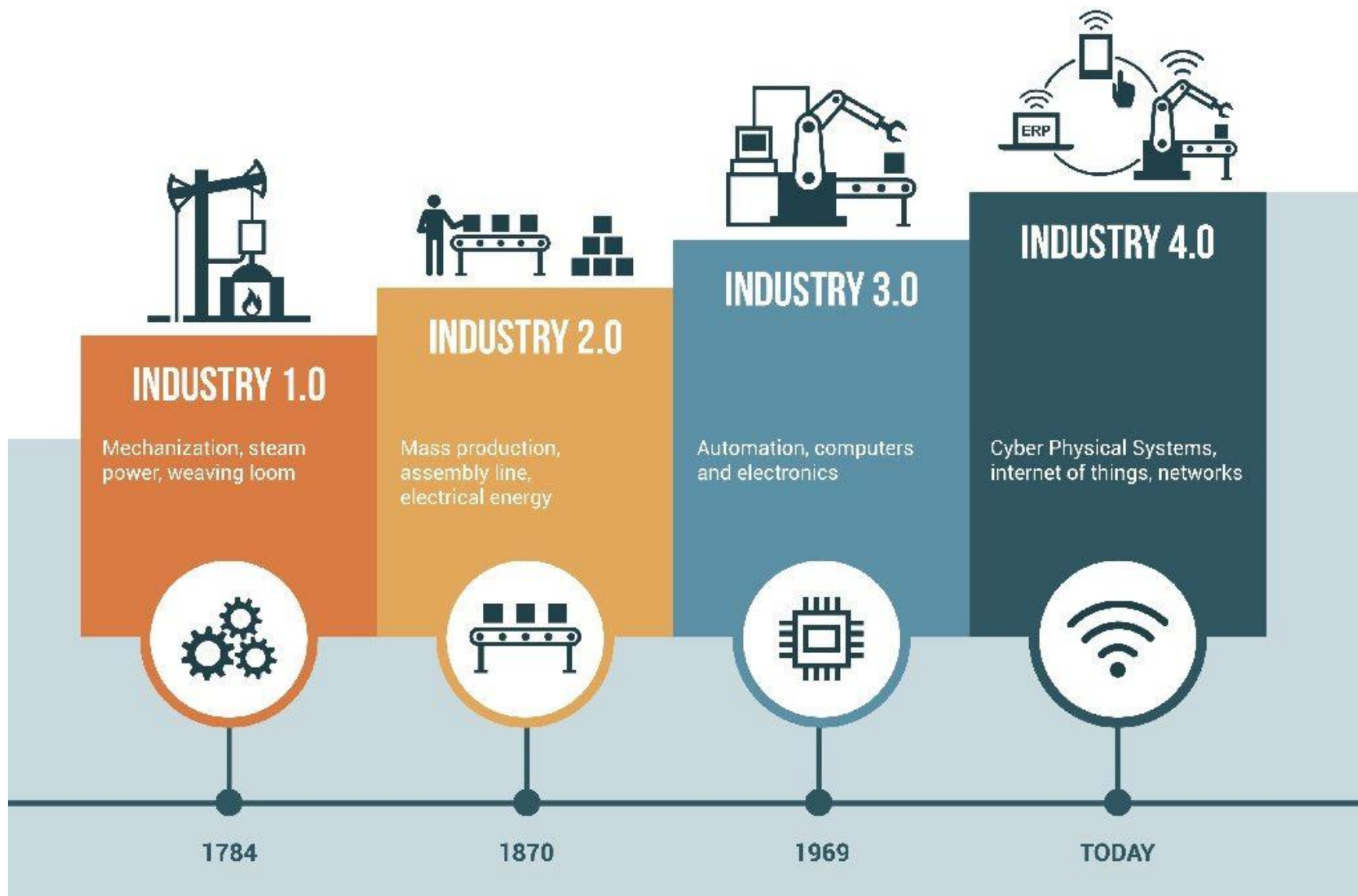


- Szélessáv mindenhol
 - 50+ Mbps lefedettség
 - min érték, cella szélén is
 - ultra-olcsó hálózatok
 - megéri kiépíteni bárhol (?)
- Felhasználói mobilitás
 - nagysebességű vonat
 - 500 km/h, több száz kapcsolat
 - mobil hotspot, mozgó hálózat
 - tömegközlekedés
 - távoli számítások (remote computing)
 - közlekedési eszközökhöz rendelt, vagy közlekedés közben végzett
 - 3D connectivity
 - légi járművek, drónok, ejtőernyősök

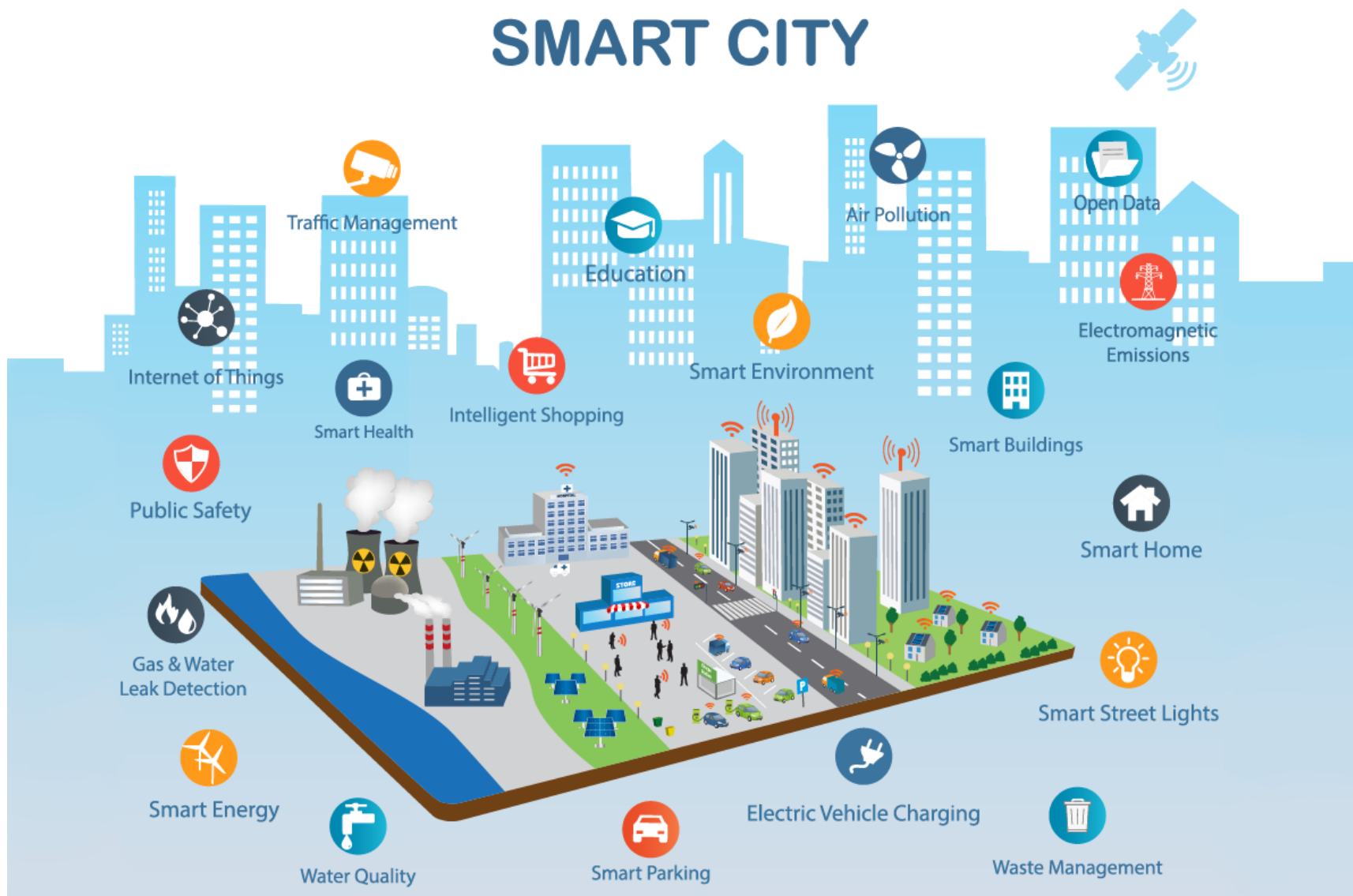
- Nagyon nagy tömegű dolgok internete (IoT)
 - M2M, MTC, MassiveMTC
 - testen viselt okoseszközök, ruhák
 - egészségügyi, sport, fitness
 - szenzorhálózatok
 - városi infrastruktúra, okos város, közművek, közlekedési alkalmazások
 - kritikus infrastruktúrák hálózata
 - (mobil) videó felügyeleti rendszerek
 - autóiipari alkalmazások, járműveken „infotainment” és kontroll, járművek közti információcsere, ütközés-detektálás stb., intelligens közlekedési rendszerek
- Sokan: 5G lehetővé teszi az IoT-t
 - valójában: az IoT történik
 - az 5G kifejlesztését/elterjedését erősen motiválja
 - az IoT lehetővé teszi az 5G-t
 - sokan az 5G egyik fő üzleti motivációját látják az IoT-ben

- (Extrém) valós idejű alkalmazások
 - „tapintható” (tactile) internet
 - valós idejű távirányítás, távmedicina
 - 1 ms alatti késleltetés
- Katasztrófavédelmi alkalmazások
 - küldetés-kritikus beszédátvitel
 - szélessávú adat/videó
 - gyorsan telepíthető szolgáltatás
- PSTN szerep
- Kontextus- és helyfüggő szolgáltatások
 - a hálózat által nyújtott
 - törekvés arra, hogy a mobil szolgáltató tartalomszolgáltatóvá is váljon

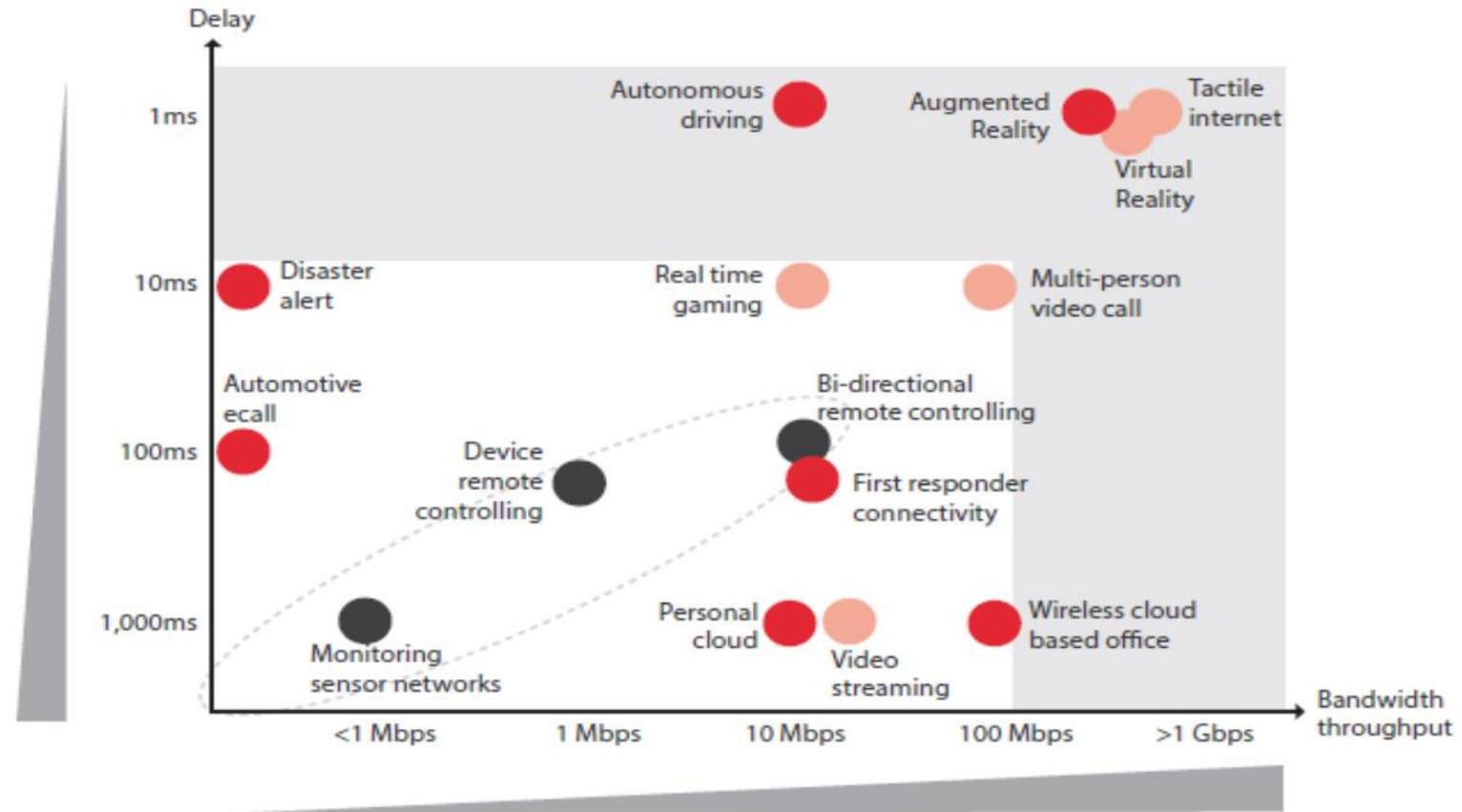
- **Ultra nagy megbízhatóság**
 - társul az 1 ms alatti késleltetés-igénnyel
 - automatizált közlekedésirányítás, önjáró járművek vezérlése
 - együttműködő robotok vezérlő hálózata
 - különböző környezetekben, különböző funkciójú automaták vezérlése
 - egészségügyi alkalmazások
 - monitorozás, beavatkozás
 - távirányítás, drónok
 - készenléti szervek
- **Broadcast-szerű szolgáltatások**
 - hírek, események: videó, kép, szöveg
 - helyi, regionális, nemzeti



SMART CITY



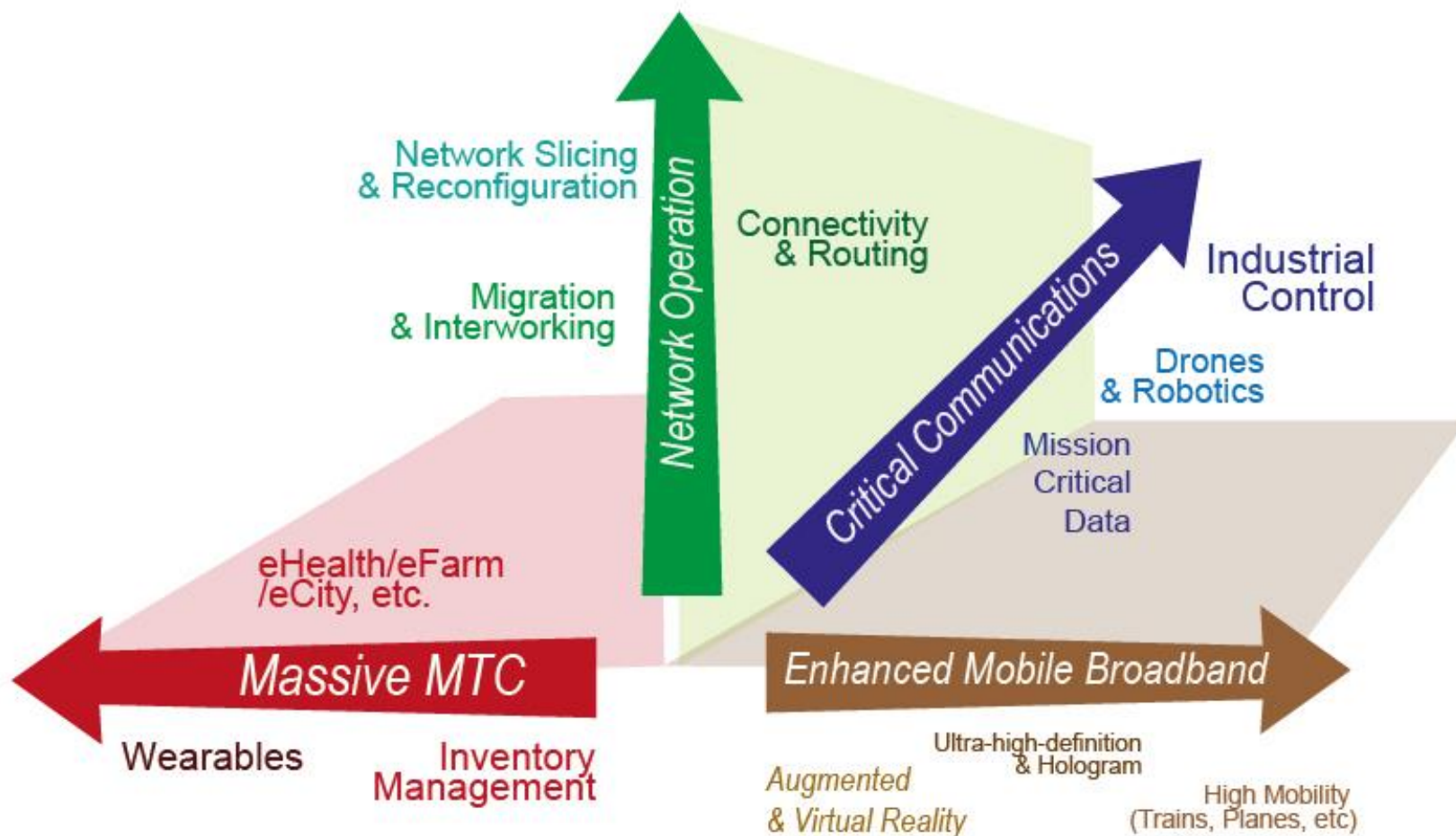
Forrás: www.gsma.com/network2020/understanding-5g/



- Services that can be delivered by legacy networks
- Services that could be enabled by 5G

- Fixed
- Nomadic
- On the go
- M2M connectivity

Forrás: SA1 completes its study into 5G requirements,
http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1786-5g_reqs_sa1

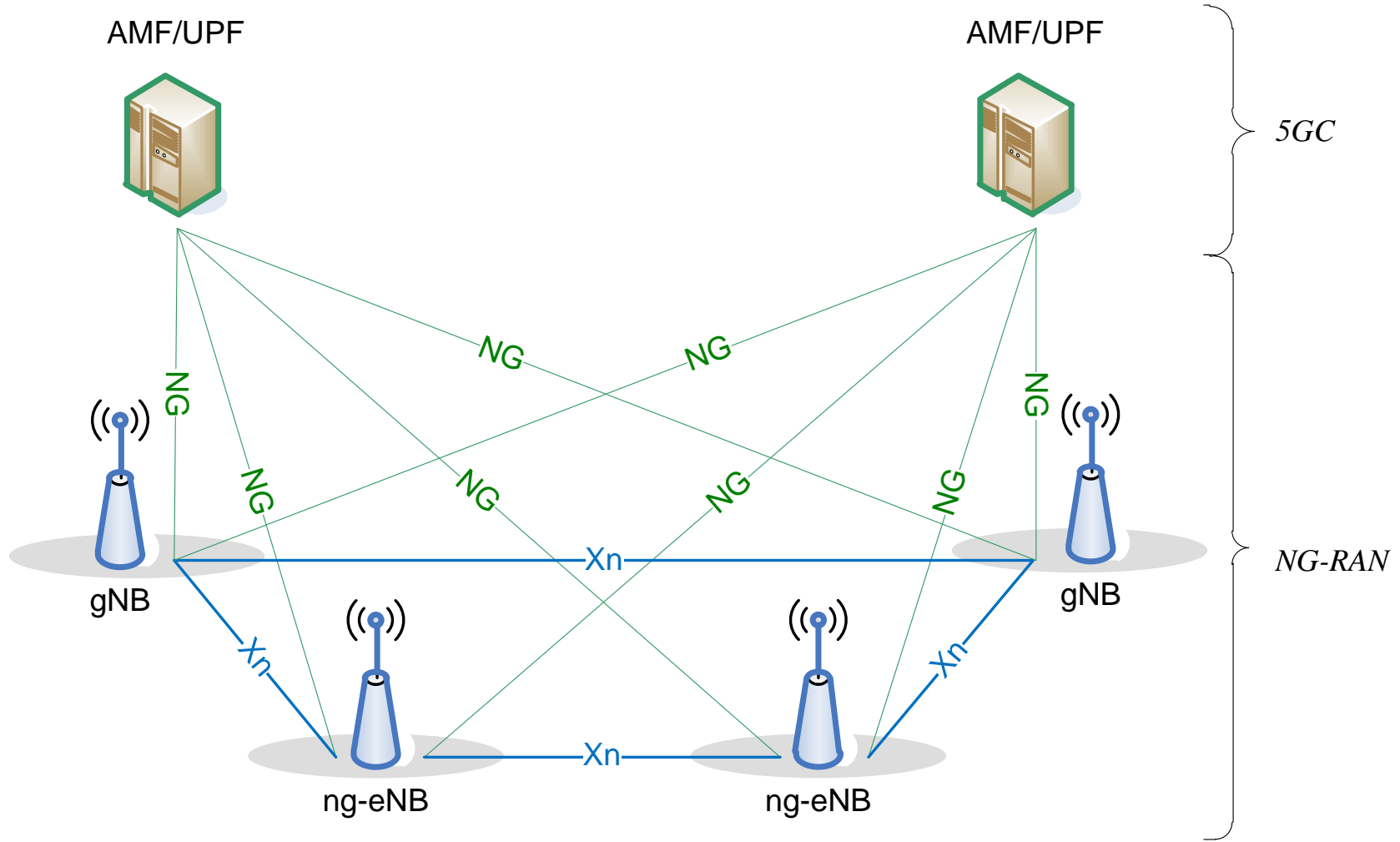


KÖVETELMÉNYEK – 3GPP

- Forrás: 5G service requirements (TS22.261), http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1831-sa1_5g
- 3GPP 5G követelmények megfelelnek vagy még erősebbek, mint az ITU IMT-2020 követelményei

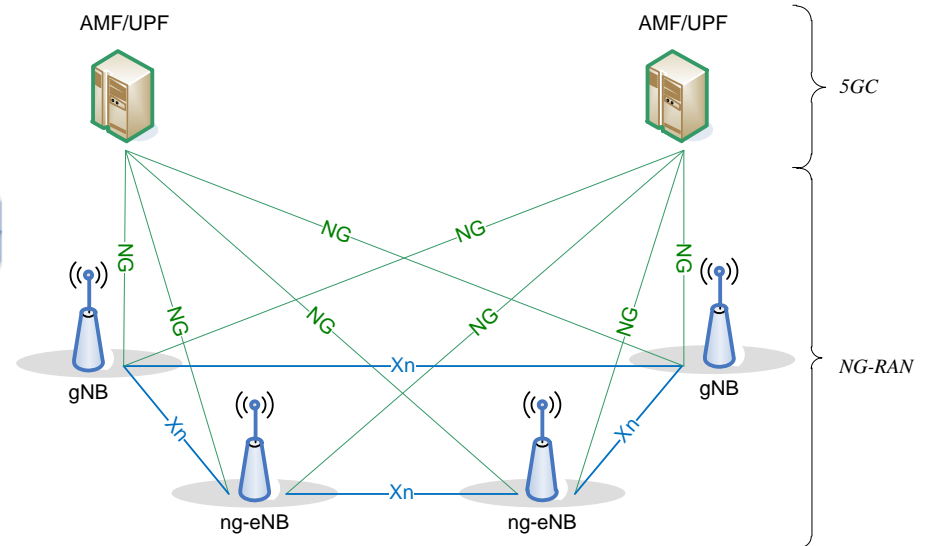
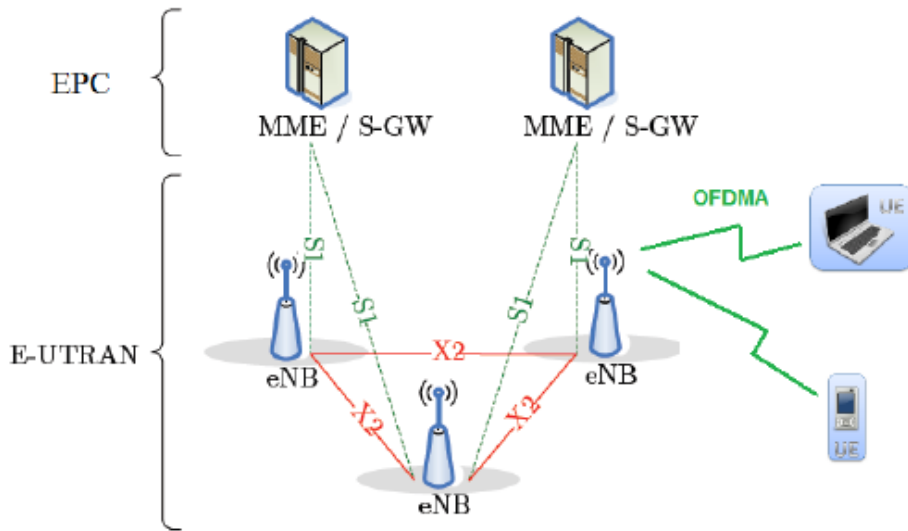
Felhasználói adatsebesség	DL: 100 Mbps – 1 Gbps UL: 50 Mbps – 500 Mbps
Max. adatsebesség	DL: 20 Gbps UL: 10 Gbps
Max. spektrális hatékonyság	DL: 30 bit/s/Hz UL: 15 bit/s/Hz
Sávszélesség	100 MHz – 1 GHz
Mobilitás	500 km/h-ig
Késleltetés	URLLC: 0,5 ms (rádiós interfészen) eMBB: 4 ms (rádiós interfészen)
Kapcsolat sűrűség	250 000 felhasználó/km ²
Energia hatékonyság	100x IMT-Advanced
Területi forgalmi kapacitás	15 Mbps/m ²

- **Next Generation Radio Access Network (NG-RAN):**
 - **Két típusú (logikai) elem:**
 - **gNB (ez az „5G bázisállomás”)**
 - NR felhasználói sík és vezérlő sík protokollok biztosítás a UE számára
 - **ng-eNB (next gen. eNodeB, „újgenerációs 4G bázisállomás”)**
 - E-UTRA felhasználói sík és vezérlő sík protokollok biztosítás a UE számára
 - *Megjegyzés: sokáig lesznek még „nem 5G-képes” telefonok.*
 - **(logikai) interfészek:**
 - **Xn interfész:** bázisállomások között (gNB és ng-eNB között)
 - **NG interfész :** 5G core és RAN elemek (gNB, ng-eNB) között
- **5G maghálózat (5G core network – 5GC):**
 - AMF: Access and Mobility Management Function
 - UPF: User Plane Function
 - (SMF: Session Management Function)



Forrás: TS 38.300 NR; Overall description; Stage-2

4G VS. 5G ARCHITEKTÚRA



Forrás: 3GPP TS 36.300 Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2.

Forrás: TS 38.300 NR; Overall description; Stage-2



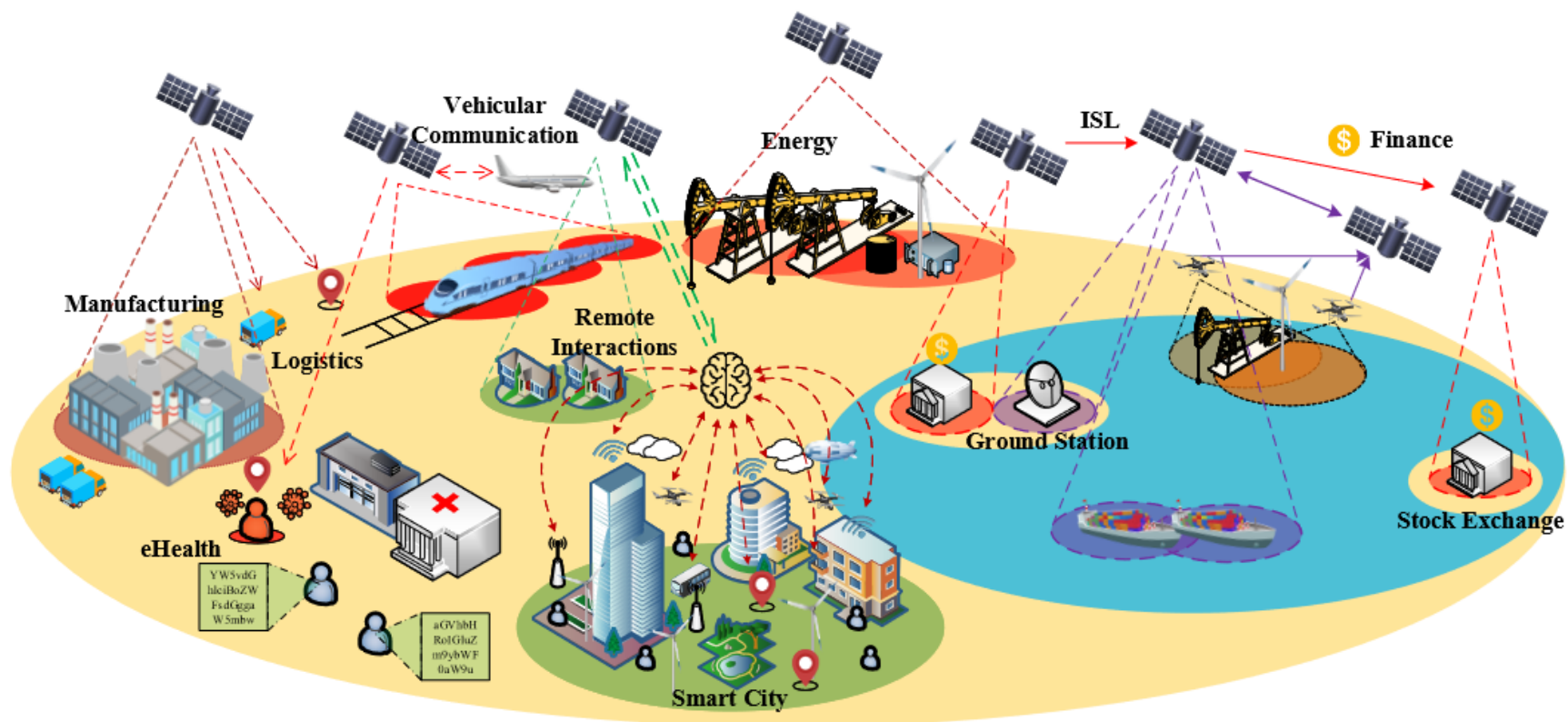
5G műholdas kiterjesztése

MIÉRT VAN RÁ SZÜKSÉG?

- Globális hálózat
- Földi rendszerek kiegészítése
- Nagyobb biztonság, nehezebb támadások

- Földi mobil rendszerekben alkalmazott protokollok nem feltétlen működnek jól űr közegben (pl. paging – túl nagy késleltetés)
- Handover
- Milyen magasan legyen? (LEO a legpraktikusabb)
↔ „űrszemét”
- Átjárás műhold és föld között
- Késleltetés alacsonyan tartása

- Olcsóbb
- Megbízhatóbb
- Elérhetetlen helyek elérhetővé válása – nagyobb lefedettség
- Nagy sebességű járművek kiszolgálása – pl. repülőgépek (8-900 km/h)





Az 5G Magyarországon

- **NMHH Rádiós spektrum terv (2016-2020):**
 - Magyar frekvencia allokáció:
 - http://nmhh.hu/nmhh/webimage/4/7/4/9/wimage/grafikusNFRT_2016_04_19_01_06_37.jpg
 - 2019-ben 5G hálózatokhoz használható 700 MHz-es frekvenciák árverése
 - Egyéb lehetséges sávok:
 - 1500 MHz (jelenleg digitális rádiózás)
 - 2300 MHz (Mo-n nem használt, más országokban vezeték nélküli kamerák és mikrofonok használják)
 - 2600 MHz
 - 3400-3800 MHz
 - Magasabb frekvencia sávok 26 GHz-es tartományban

- A jelenlegi 5G-re használható sávok Magyarországon
 - 3600 MHz TDD
 - Fontos: **TDD-nél kell a keretszinkron.** A szolgáltatóknak egymással szinkronizálni kell az NR rádiós keretet
 - A pontos sáv: **3410 – 3800 MHz** (összesen 390 MHz sáv szélesség)
 - Ezen a sávon kezdődött meg a kereskedelmi 5G szolgáltatás Magyarországon 2019-ben.
 - A teljes 3500 MHz-es sáv 2020-ban lett kiosztva. A Vodafone indította el elsőként a kereskedelmi 5G szolgáltatást, mert ő korábbról már rendelkezett 3500 MHz-es TDD frekvenciával.
 - Több szolgáltató is bekapcsolásra készen állt az infrastruktúrával, de a spektrum értékesítés 2019-ről 2020-ra csúszott.
 - A felosztás:
 - Telekom: 120 MHz
 - Vodafone: 110 MHz
 - Telenor: 140 MHz
 - Digi: 20 MHz
- További, alacsonyabb sávokon is meg fog jelenni az 5G szolgáltatás a közeljövőben Magyarországon, ahogyan az előfizetői igények azt indokoltá teszik (megtérülés).

- **5G koalíció**

- Alakulás: Budapesten, 2017. 06. 19-én
- Közel 50 kormányzati intézménnyel, cégekkel, egyetemekkel, kutatóintézetekkel, illetve professzionális és civil szervezetekkel a következő generációs mobil telekommunikációs technológia fejlesztésért Magyarországon



- Ericsson és Magyar Telekom demonstrálta az első 5G-s linket Magyarországon:
 - Közös demonstrációt tartottak az 5G New Radio-ról, ahol 22 Gbps-os letöltési sebességet értek el
 - Az Ericsson mérnökei bemutatták a legfrissebb mobil rádiós berendezést, ami még a 5G NR előzmény követelményeire épült
 - A demonstráció a 15 GHz-es frekvenciasávban működött, 800 MHz-es sávzélességgel



- Magyar Telekom demonstrálta az első 5G-s kapcsolatot Magyarországon:
 - Magyar Telekom a budapesti székházában
 - Előzmény: Deutsche Telekom – 2017 október Berlin Európa első valós 5G-s kapcsolat (3,7 GHz-es spektrumban akár 2 Gbps sebességgel és mindössze 3 ms késleltetéssel)
 - A 3,7 GHz-es spektrumban működő teszthálózat szabványosítás előtti 5G rendszerrel valósult meg, és a Huawei Technologies kereskedelmi bevezetésre kész 5G hálózati eszközeit használta.
 - https://www.telekom.hu/rolunk/sajtoszoba/sajtokozlomenyek/2019/januar_28



- Vodafone elindította Budapesten az 5G hálózatát a 3600 MHz-es sávjában (2019. október 15.)
 - <https://www.vodafone.hu/halozatunkrol>
 - <https://www.hwsz.hu/hirek/60970/vodafone-5g-mobil-szolgalatasi-launch.html>
- Az első DIGIMobil 5G éles teszt Magyarországon (2019. november 19.)
 - <https://digi.hu/hirek/digimobil-5g-eles-teszt>
- NMHH 5G árverése (2020. március 26.)
 - http://nmhh.hu/cikk/211179/Osszesen_mintegy_128_es_fel_milliard_forintot_fizet_a_három_szolgáltató_az_5G-re_is_használható_frekvenciákért_az_NMHH_árverésén
- A Telekom is elindította a kereskedelmi 5G-t (2020. április 9.)
 - <https://www.hwsz.hu/hirek/61642/magyar-telekom-5g-kereskedelmi-halozat-budapest-zalaegerszeg-ericsson.html>



HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK

