



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,
2019.04.16.



- Cellás rendszerek
- 2G – GSM
- 2,5G – GPRS
- 3G – UMTS
- 4G – LTE



3G – UMTS

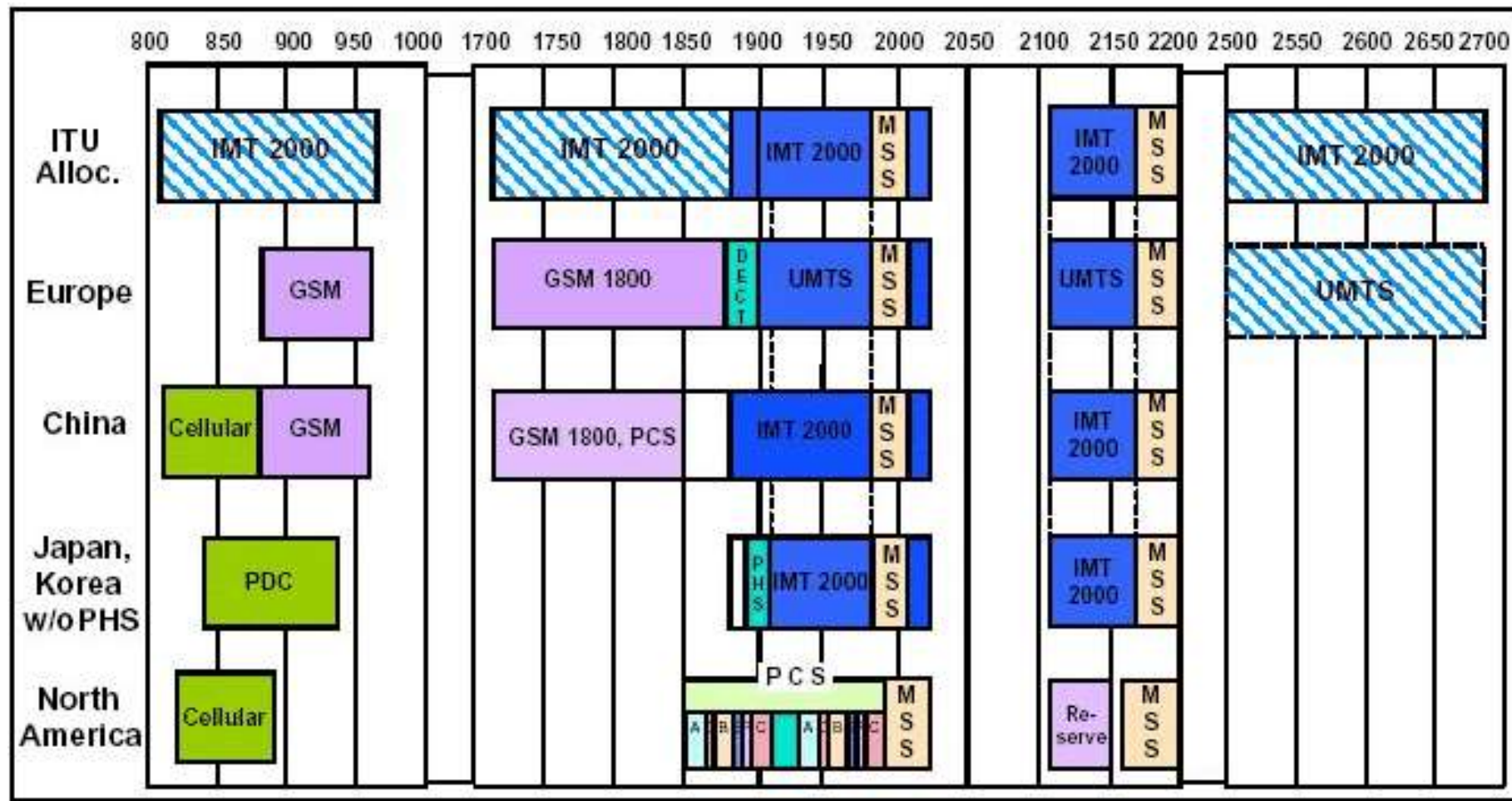
Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)

- A korábbi mobil szolgáltatások támogatása
- A fix hálózatok minőségi paramétereinek elérése
- A kapacitás növelése
- A frekvenciasávok kihasználási hatékonyságának javítása
- Olcsó és kisméretű kézi készülékek kifejlesztése
- Az adatbiztonság és adatvédelem erősítése
- Változatos szolgáltatások (hang, kép, adat; távszolgáltatások, hordozó szolgáltatások, járulékos szolgáltatások, értéknövelt szolgáltatások)
- Szolgáltatás multiplexálás
- Aszimmetrikus forgalom támogatása
- Együttélés 2G (pl.: GSM) rendszerekkel

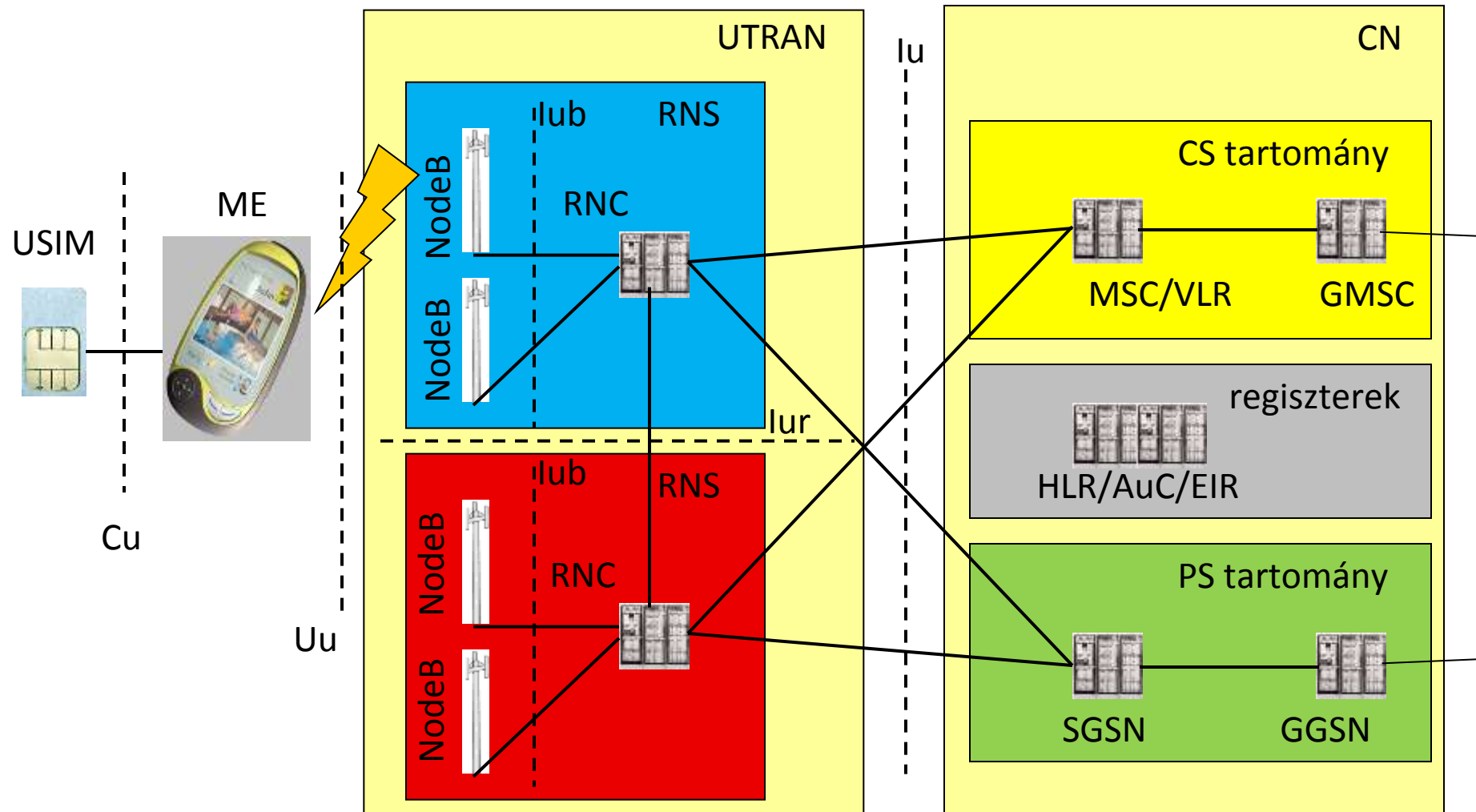
- Az ETSI SMG 24 1998 januárjában döntést hozott az UMTS rádiós interfészéről.
- Két támogatott technológia:
 - W-CDMA
 - W-TDMA/CDMA
 - Cellás rendszerekben W-CDMA/FDD
 - Ad-hoc hálózatokban W-TDMA/CDMA/TDD
- Magasabb frekvenciasávok használata: 2 GHz körül
- Nagyobb sávszélesség: 5 MHz
- Duplexitás: FDD, TDD
- CS, PS forgalom támogatása

- Kapacitás
 - Maximális adatsebességek
 - Vidéki: 144 kbit/sec (384 kbit/sec), 500 km/h
 - Elővárosi: 384 kbit/sec (512 kbit/sec), 120 km/h
 - Beltéri, lokális: 2 Mbit/sec, 10 km/h
 - Megvalósított adatsebességek
 - 12,2 kbit/s beszédátvitel
 - 64, 144 (128), 384 kbit/s adatátvitel (rádiós hordozó (bearer))

3G UMTS FREKVENCIASÁVOK

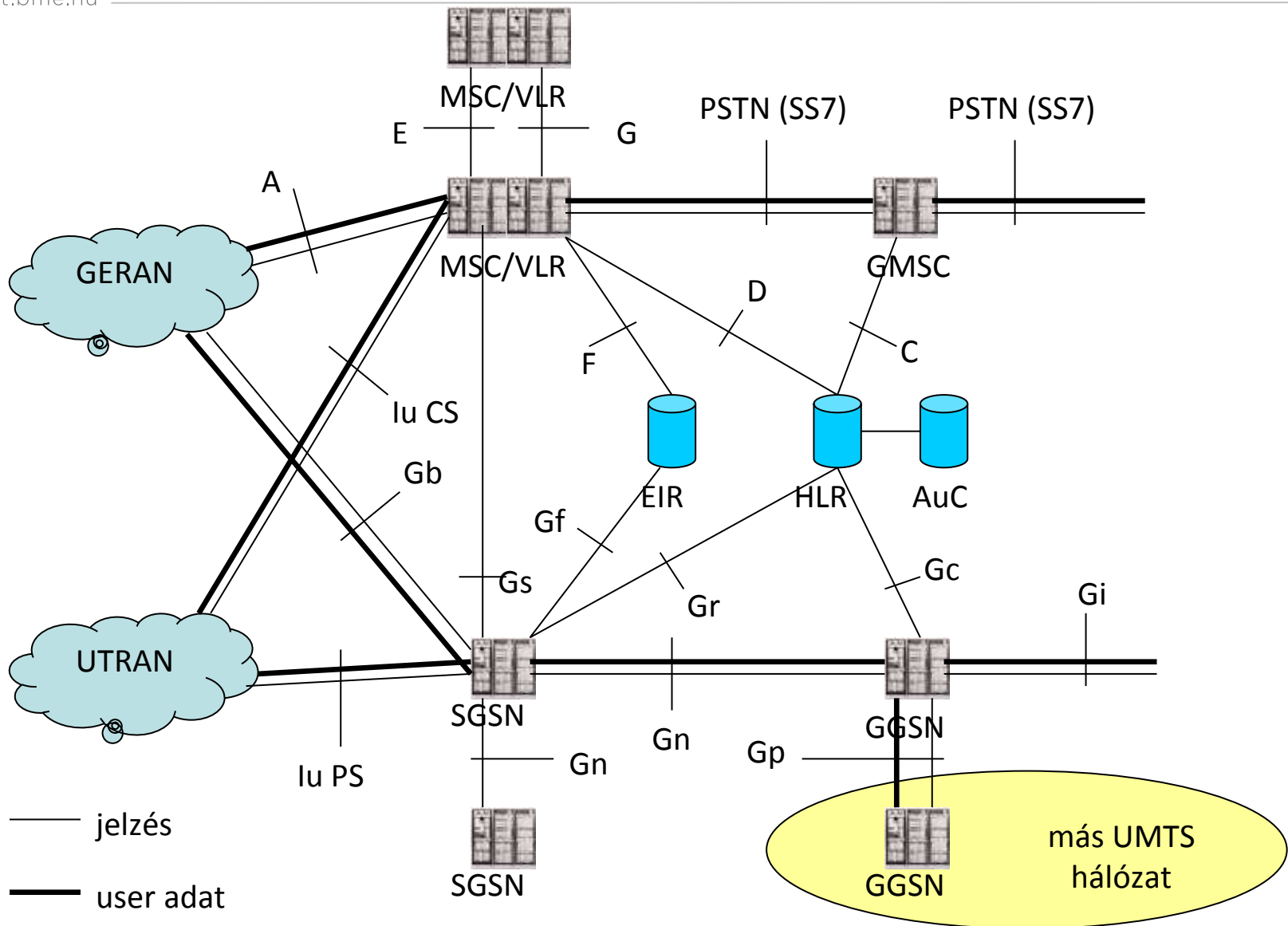


3G UMTS ARCHITEKTÚRA I.

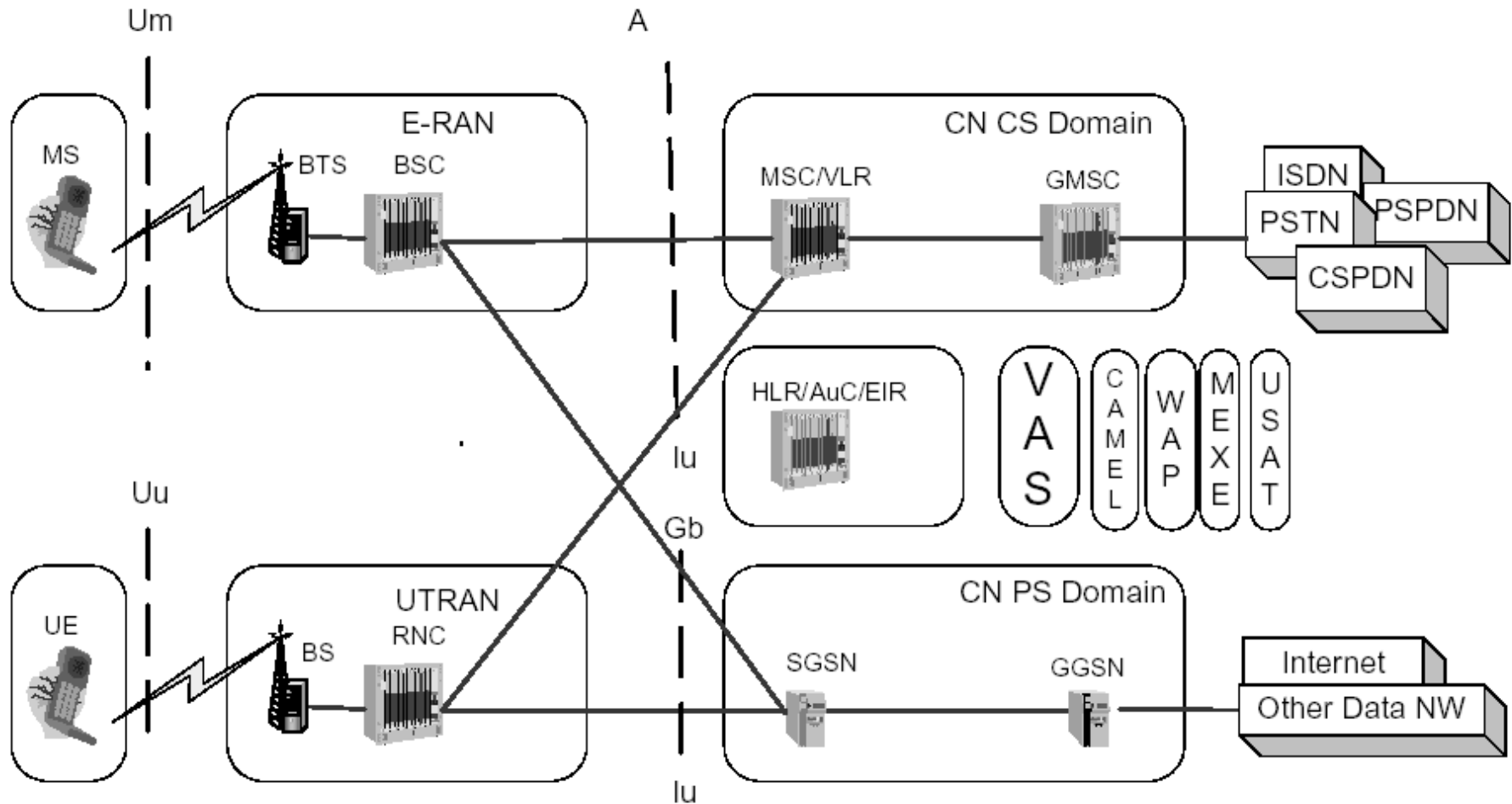


- Felhasználói készülék (User Equipment – UE) két részre bontható:
 - USIM (UMTS Service Identity Module) és
 - ME (Mobile Equipment), köztük Cu interfész.
- UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network)
 - A rádiós hozzáférést biztosító hálózat elnevezése.
 - Rádiós hálózati alrendszerekre osztva (Radio Network Subsystems, RNS)
- EDGE alkalmazásánál a hozzáférési hálózat elnevezése GERAN (GSM/EDGE RAN)
- Maghálózat (Core Network – CN)
 - Release '99-ben ugyanaz, mint a GPRS/GSM CN

GSM/GPRS – 3G UMTS HÁLÓZAT I.



GSM/GPRS – 3G UMTS HÁLÓZAT II.



- **GERAN: GSM/GPRS/EDGE Radio Access Network**
 - Mint a GSM-nél, de a BSC-t ki kellett egészíteni a csomagkapcsolt forgalom kezeléséhez
 - Ez a PCU, Packet Control Unit
 - Eredetileg külön egység, a BSC kiegészítése
 - Újabb BSC-k integráltan tartalmazták

- **UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network**
 - Több Rádiós Hálózati Alrendszerből (Radio Network Subsystem – RNS) áll.
 - Egy RNS tartalmaz egy Rádiós Hálózati Vezérlőt (Radio Network Controller – RNC) és az RNC által vezérelt bázisállomásokat.
 - Feladata: **rádiós hozzáférés biztosítása** a maghálózat (Core Network – CN) és a felhasználói készülék (User Equipment – UE) között

- Új berendezések:
 - **NodeB** – megfelel a GSM BTS-nek, de új eszközök kellenek (GSM-hez használtak nem bővíthetők/frissíthetők)
 - más moduláció, más közeghozzáférés, más frekvenciasávok és sűrűbben kell elhelyezni
 - Fő feladatai:
 - moduláció, spektrumszórás, szinkronizáció
 - csatornakódolás, interleaving
 - bitfolyam titkosítása
 - FDD és/vagy TDD módú működés
 - gyors teljesítményszabályozás

- **RNC: Radio Network Controller**, rádióhálózat vezérlő
 - új elem, funkciója hasonló a GSM BSC-jéhez
 - egy RNC a NodeB-k egy csoportját (akár 100 db) vezérli
 - adatok továbbítása a bázisállomásokhoz (kapcsoló funkció)

- Rádiós erőforrás menedzsment (Radio Resource Management – RRM):
 - teljesítményszabályozás, kód kiosztás, handover szabályozás, beengedés szabályozás, csomagütemezés
- Rendszerinformációk szórása
- UTRAN szintű mobilitás menedzsment
 - Handover és paging
- Cella információs adatbázis menedzselése

- Új elemek a maghálózatban:
 - **SGSN (Serving GPRS Support Node),**
 - **GGSN (Gateway GPRS Support Node)**
- Új elem a BSS-ben: PCU
 - **PCU (Packet Control Unit)**
 - interfész a GPRS maghálózat és a GSM BSS között
 - PCU keretekké formálja az adatot
 - rádiós erőforrás menedzsment a csomagkapcsolt szolgáltatásokhoz

- **SGSN (Serving GPRS Support Node):**
 - csomag továbbítás: GERAN/UTRAN és más GSN-ek között
 - a csomagkapcsolt kommunikáció „központja”
 - csomag útválasztási funkciót mobilitás kezelő funkciókkal
 - mobilitás menedzselés
 - cellaváltás
 - számlázás
 - titkosítás, adat tömörítés (opcionális)

- **GGSN (Gateway GPRS Support Node):**
 - átjáró a külső adathálózatok (IP, X.25) felé
 - csomagformátum konverzió, címkonverzió a mobil és a külső hálózat között
 - csomagkapcsolt „hívás”
 - IP-cím mobilhoz való hozzárendelése
 - a mobilitás horgonya a hálózaton belül
 - kapcsolódó IP szerverek szükségesek:
 - DHCP (Dynamic Host Control Protocol)
 - DNS (Domain Name Service)
 - GPRS tunneling protokoll a GGSN és az SGSN között
 - számlázás: a kifelé irányuló forgalommal kapcsolatos számlázás



3G UMTS evolúció

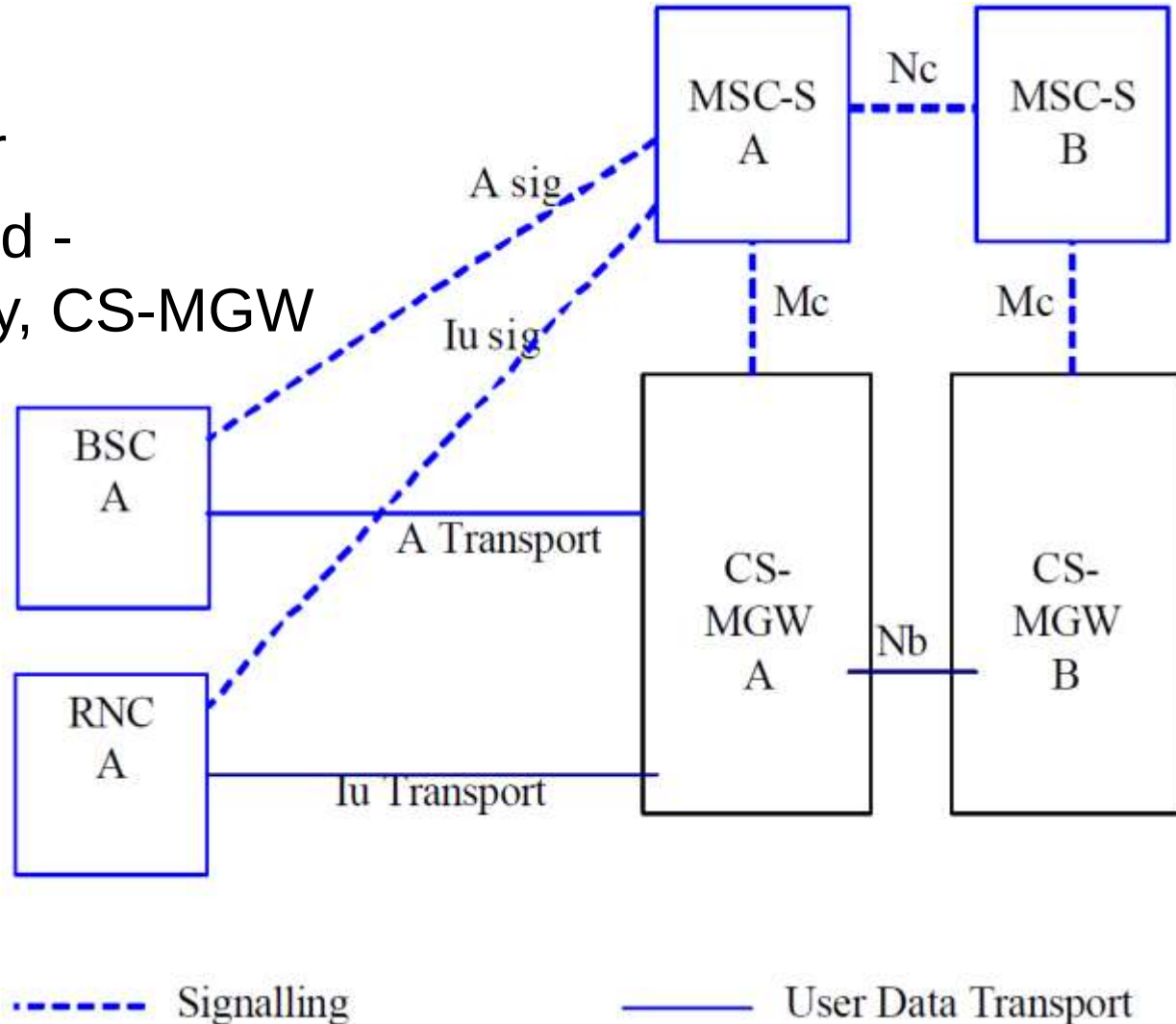
- **Vivő független maghálózat:**
 - (rádiós vivő (bearer): a Layer 2 nyújtotta átvitel a magasabb rétegek felé)
 - Vivő független CS architektúra
- 3GPP Rel-4 szabványban (2001) jelent meg
 - az első jelentős lépés az NGN hálózatok irányába
- **Célja:**
 - **Transzport és vezérlés elkülönítése CS tartományban** a transzport erőforrás hatékonyság növelése érdekében
 - Konvergencia CS és PS között
- **Működés változatlan marad**
 - a felhasználók nem veszik észre, hogy egy „hordozó független CS hálózathoz” vagy egy klasszikus CS domain-hez kapcsolódnak-e.
- **Architektúra változik**

- Miért van erre szükség?
 - Amennyire csak lehetséges, a hanghívások átvitelére is az IP alapú hálózati infrastruktúrát használják
 - A CS különválasztott jelzésátvitelét központosítani kell néhány nagy kapacitású eszközben
 - Jelzésátvitel a CS számára
 - Hang és videó folyamok kapcsolása: elosztottabb, olcsóbb, kisebb kapacitású, de gyors eszközök
 - Megszabadulni a hang codecek átalakításától (TRAU)

VIVŐ FÜGGETLEN MAGHÁLÓZAT II.

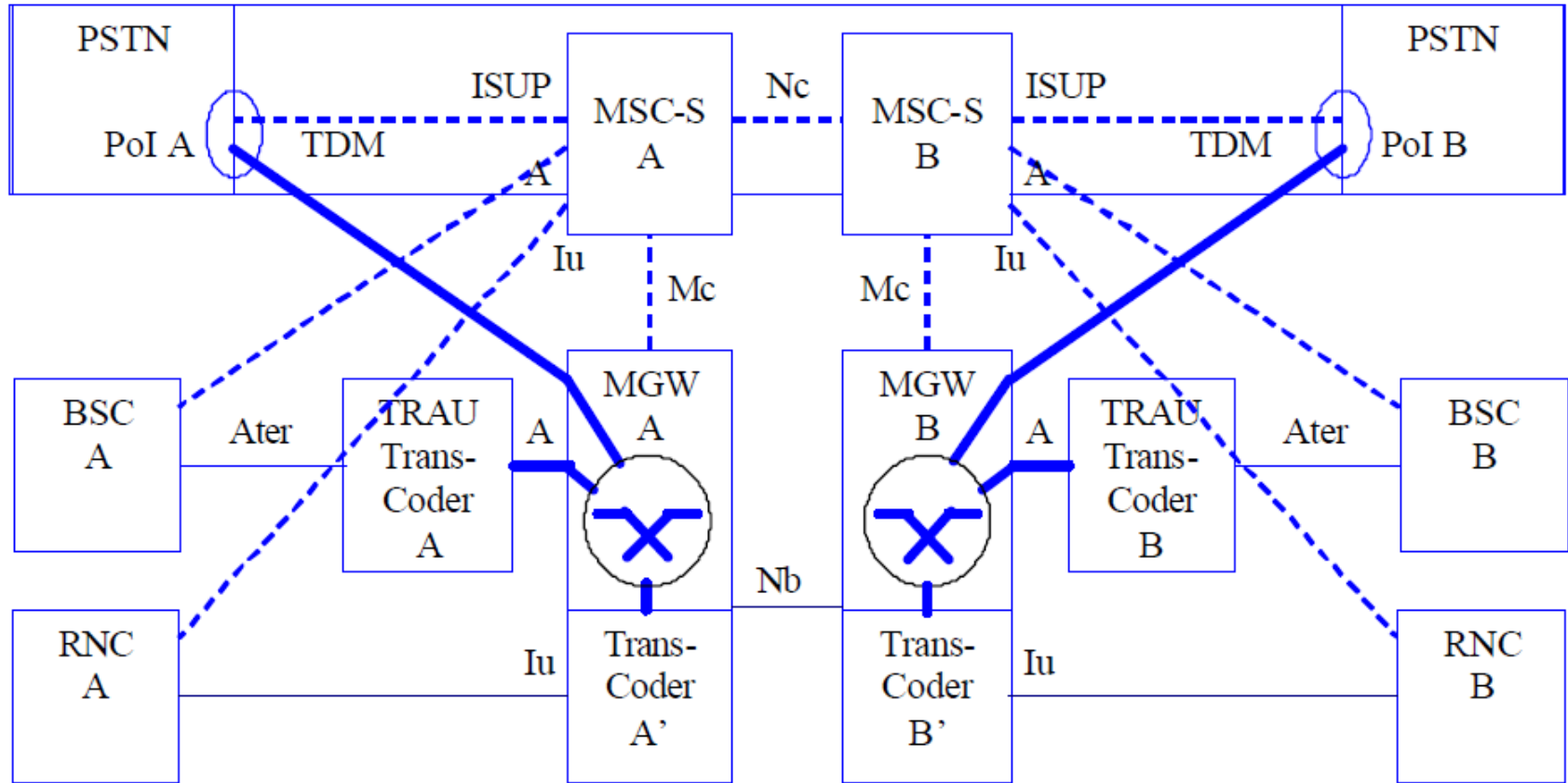
- Új elemek:
 - (G)MSC server
 - Circuit Switched - Media Gateway, CS-MGW

- Új interfészek:
 - Mc
 - Nc
 - Nb



- Új interfészek:
 - Mc:
 - A (G)MSC szerver és a CS-MGW között
 - hívás és hordozó vezérlés
 - a H.248/IETF Megaco protokollt használja
 - Nc:
 - hálózatok közötti hívás vezérlés
 - A 3GPP nem specifikálta a protokollt, így a különböző gyártók más-más jelzési protokollt valósíthatnak meg
 - Nb:
 - A hordozó vezérlése és a szállítás
 - A 3GPP nem határozta meg a transzport vivőket

- (G)MSC szétválasztva két új logikai entitássá:
 1. (G)MSC server
 - Hívás vezérlés, mobilitás-támogatási funkciók, VLR
 - Jelzésátviteli protokollok egymásba alakítása
 2. Circuit Switched - Media Gateway, CS-MGW
 - Adatfolyam manipulációs funkciók, pl. hordozó vezérlés, átviteli erőforrás funkciók
 - Interfész a hozzáférési és maghálózat között:
 - Média konverzió, codec (pl. UMTS voice – GSM voice)
 - payload feldolgozás
- Külső interfészek változatlanok (amennyire lehetséges)

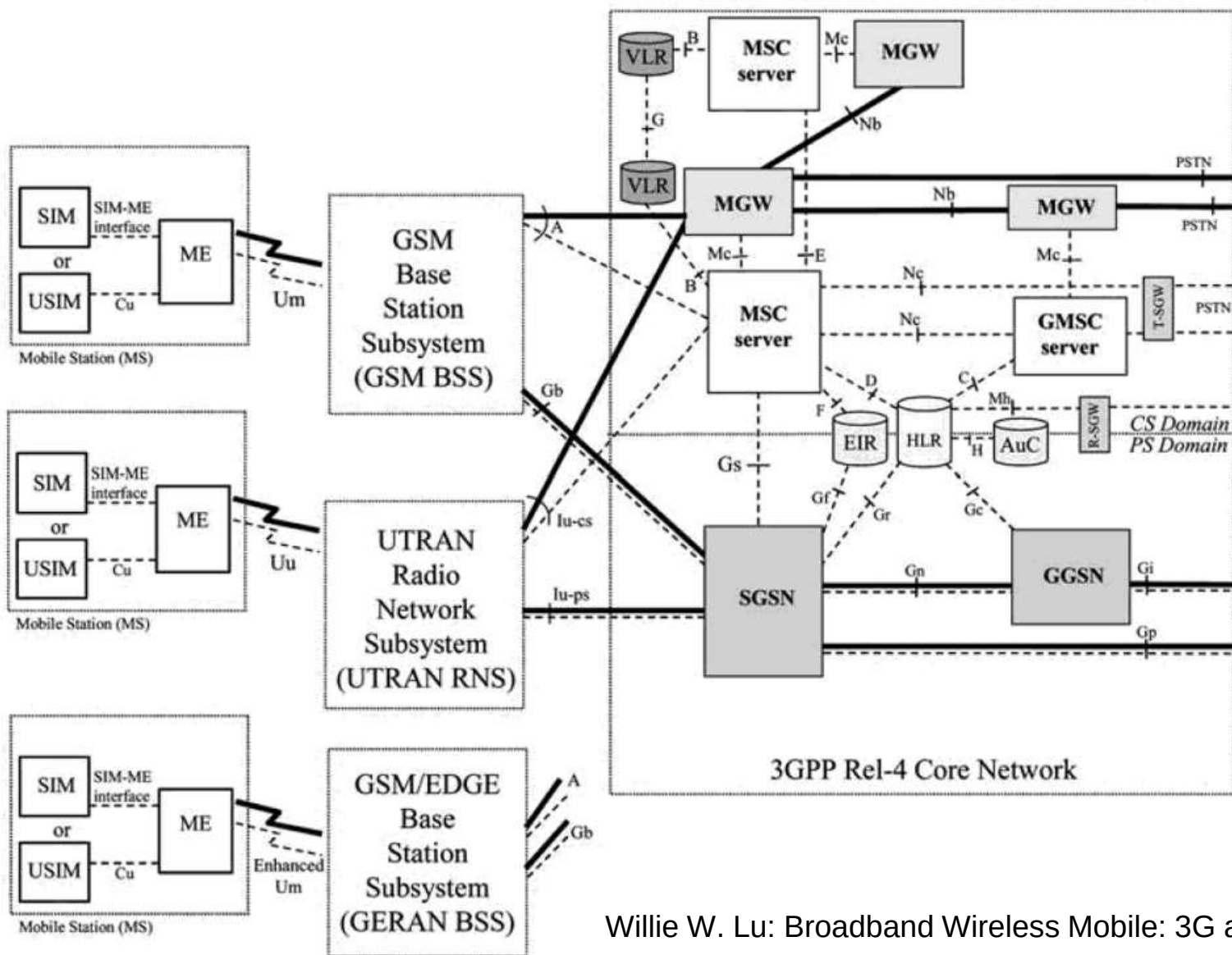


----- Call Control Signalling ——— Ater Interface ——— A and TDM Interface: 64kb/s

PoI: Point of Interconnect

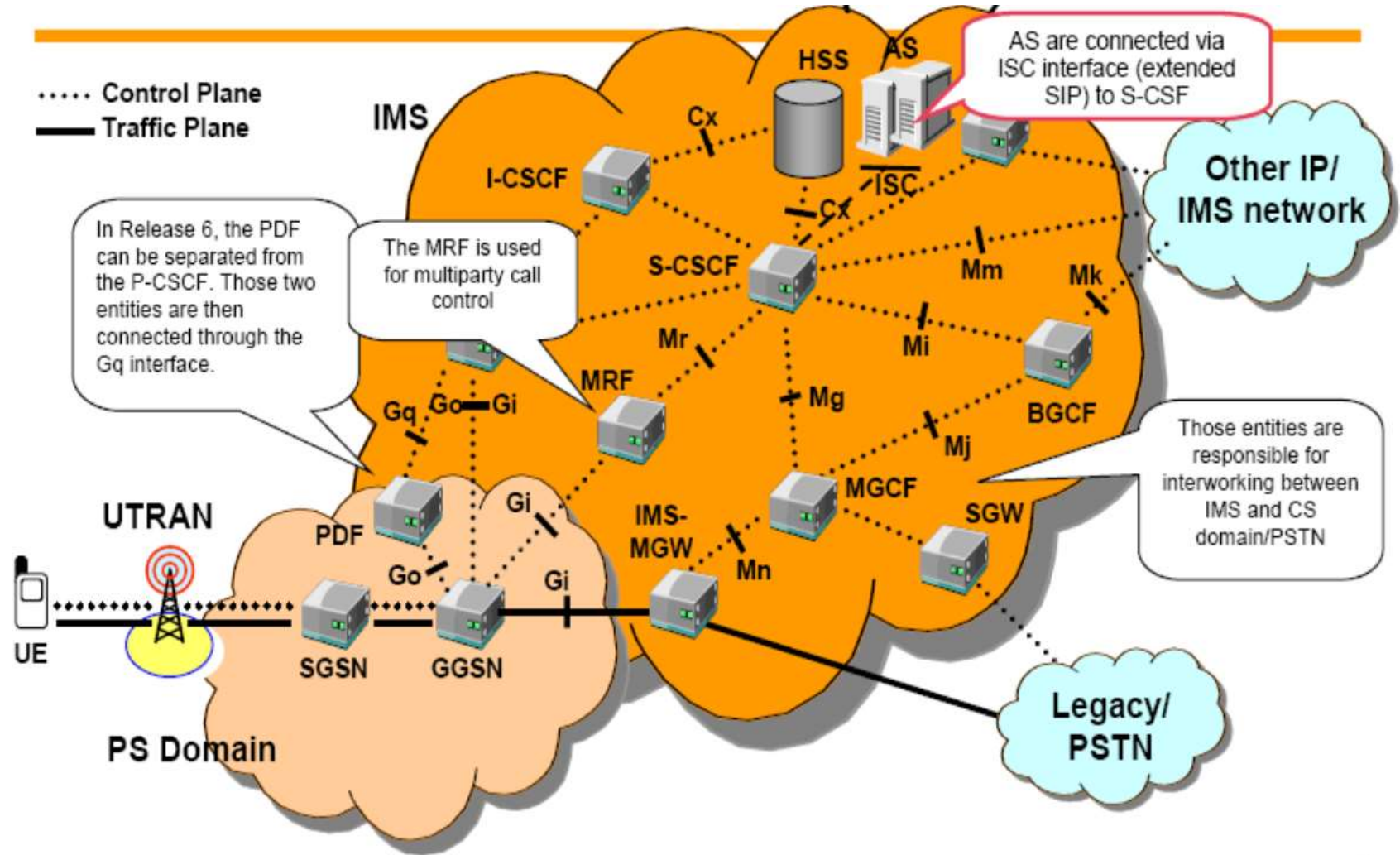
———— Iu and Nb Interface

3GPP REL-4 ARCHITEKTÚRA



Willie W. Lu: Broadband Wireless Mobile: 3G and Beyond

3GPP R6 ARCHITEKTÚRA (IMS)

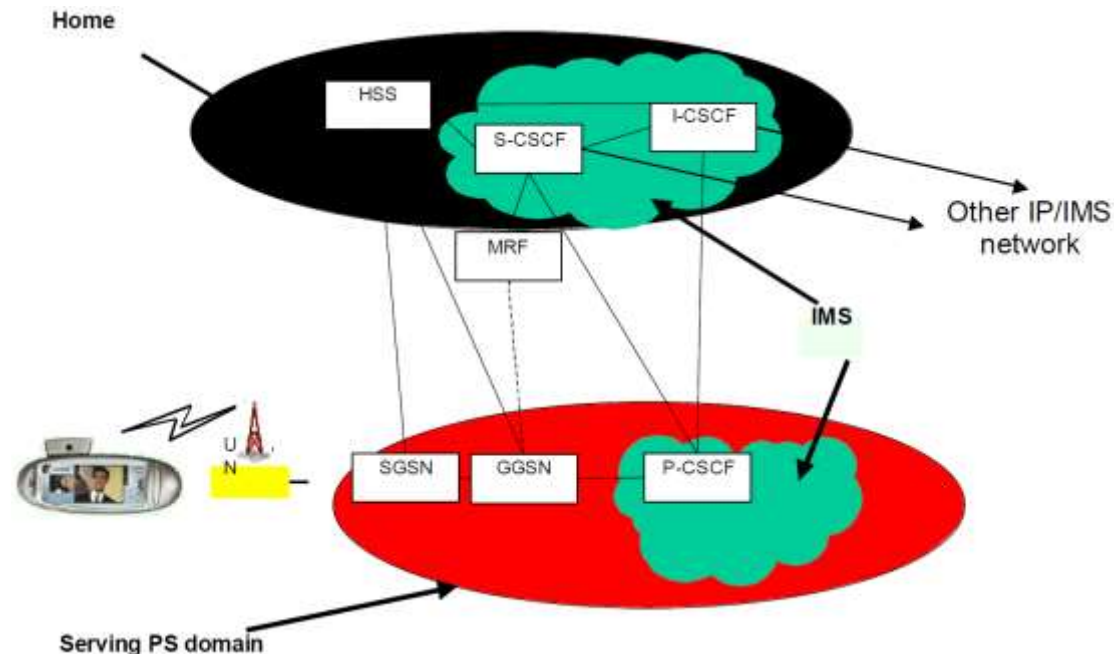




IP Multimedia Subsystem

IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM I.

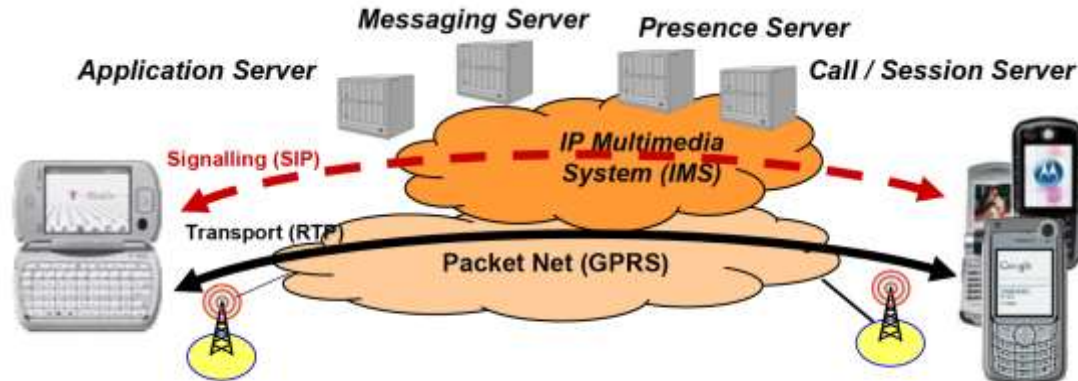
- Cél:
 - Az eltérő hálózati platformok (fix, mobil) közötti kommunikáció vezérlési és menedzselési módszereinek egységesítése
- IP Multimedia Subsystem (IMS) alapjainak lefektetése
 - 3GPP (3rd Generation Partnership Project), ETSI, Parlay Forum
- A 3GPP Release 5 (2002) definiálja
 - Maghálózat kiegészítése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



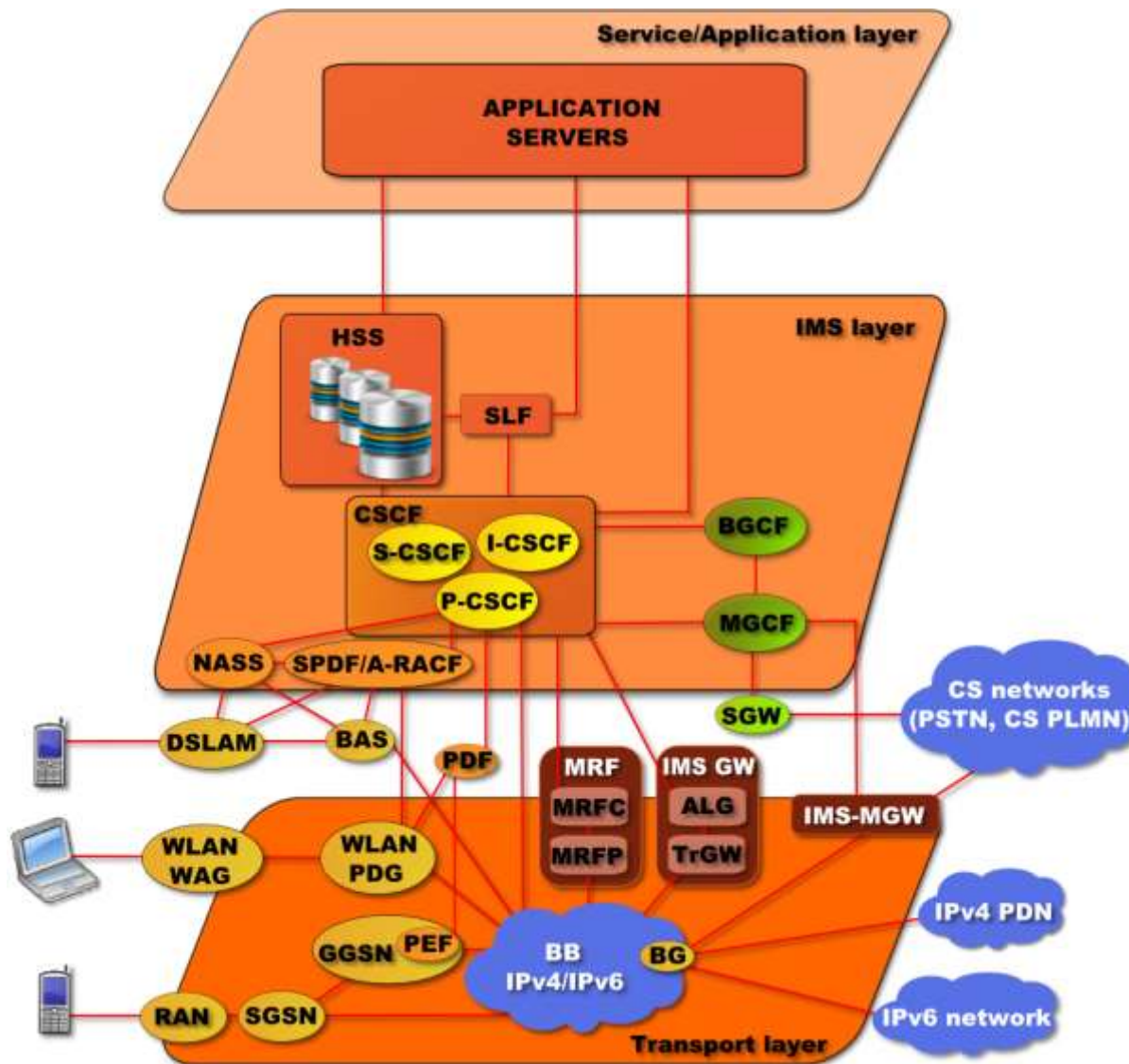
- Az IMS alkalmazás szervereket (TAS) tartalmaz speciális szolgáltatások és alkalmazások megvalósításához
- Az IMS tartalmazza a HSS-t (Home Subscriber Server)
- Eredetileg:
 - Mobilhálózati alkalmazások megvalósítására tervezték, még harmadik fél (third party) számára is az IMS infrastruktúrán keresztül
- 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)

IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM III.

- 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

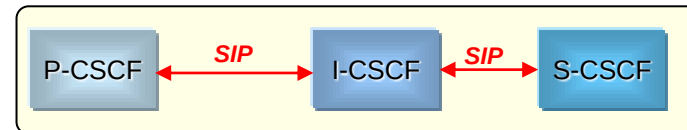


IMS ARCHITEKTÚRA HÁROM RÉTEGE



- **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)**

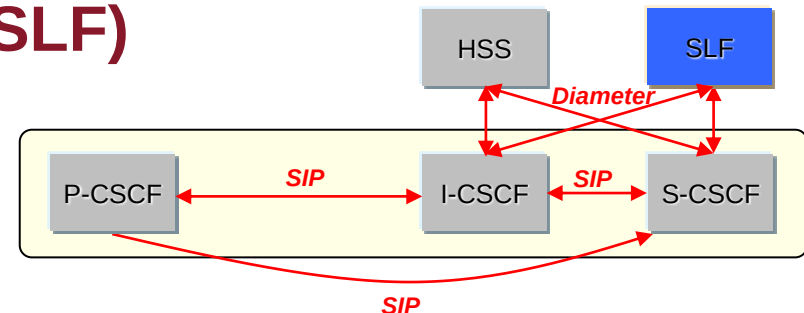


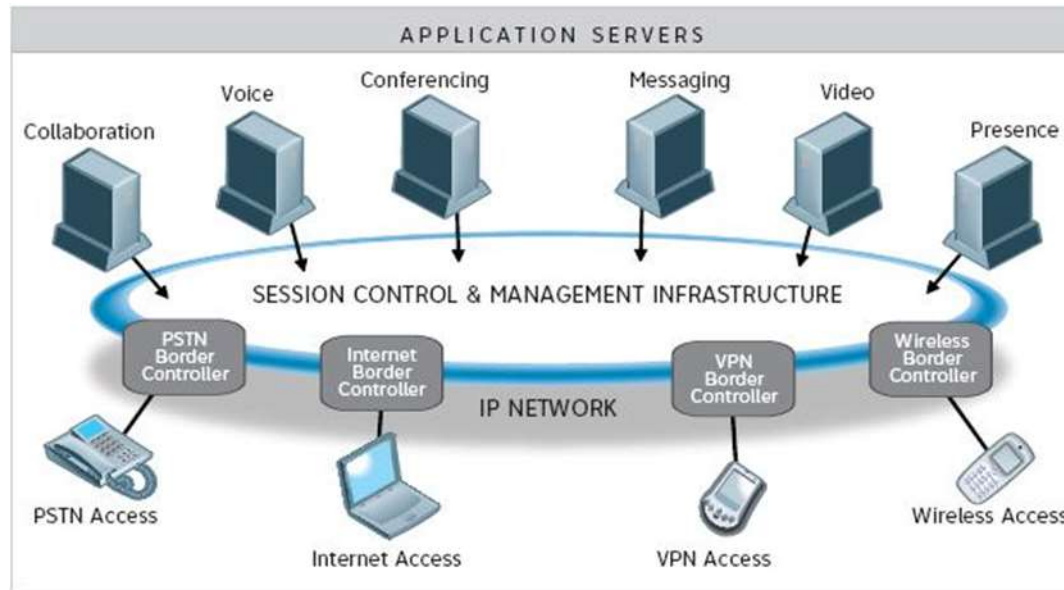
• Home Subscriber Server (HSS)

- 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 érhető el



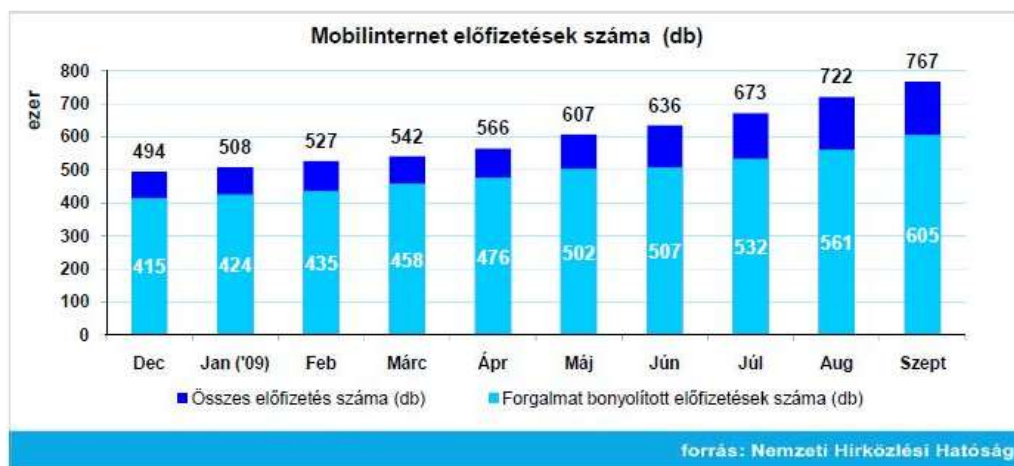


- Jelenlét szolgáltatás (Presence)
 - felhasználó elérhetősége
 - kommunikációra való hajlandóság
- Azonnali üzenet (Instant Message)
 - tartalmazhat képet, videót, hangot stb.
- Push to talk (PTT)
 - kis sávszélességű és nagy késleltetésű hálózaton is működik
- Egyéb szolgáltatások
 - Hívásvárakoztatás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

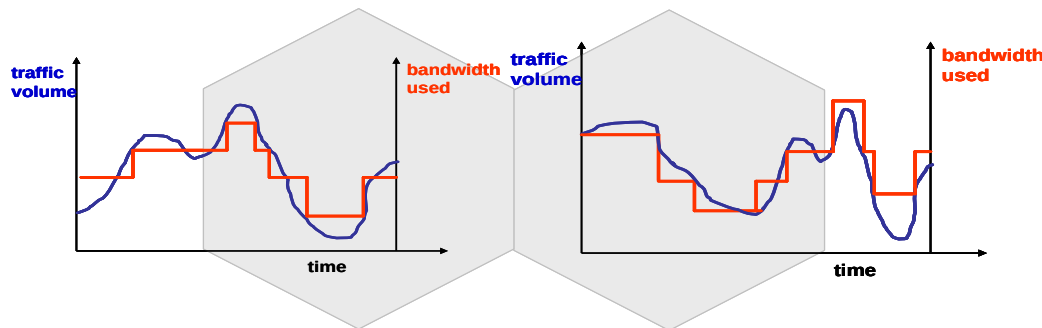


4G – LTE

- 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 sikeresnek tűnik
 - 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**

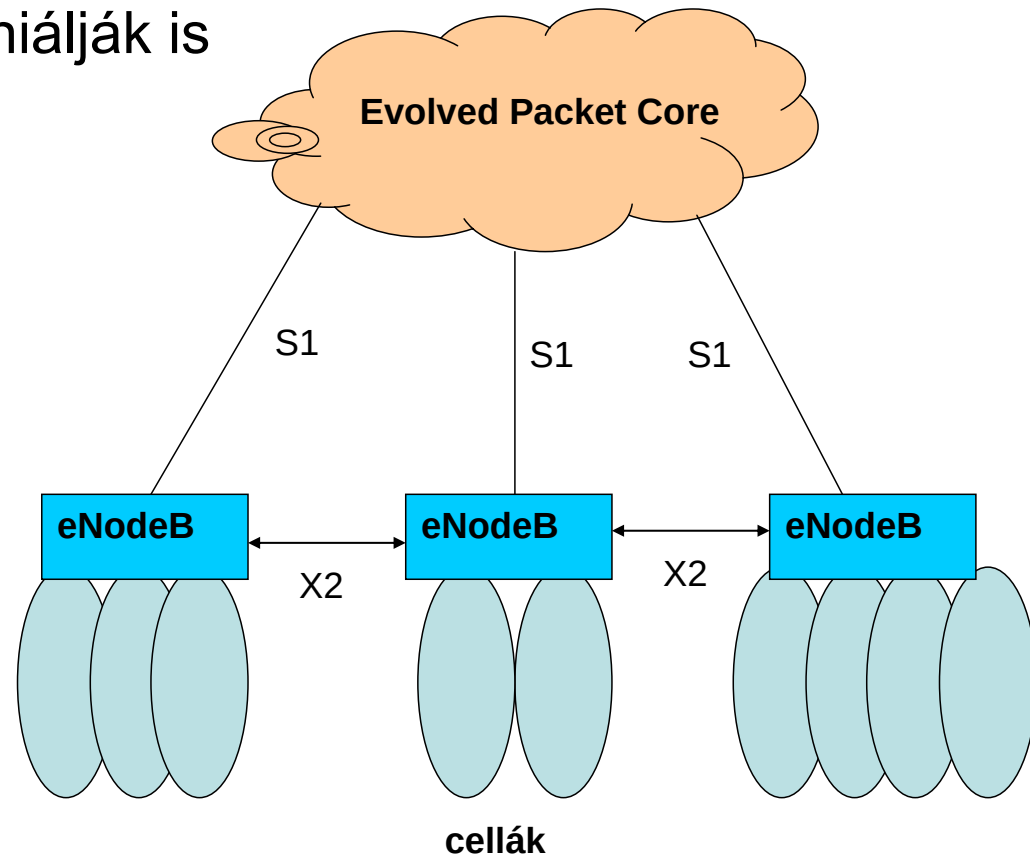
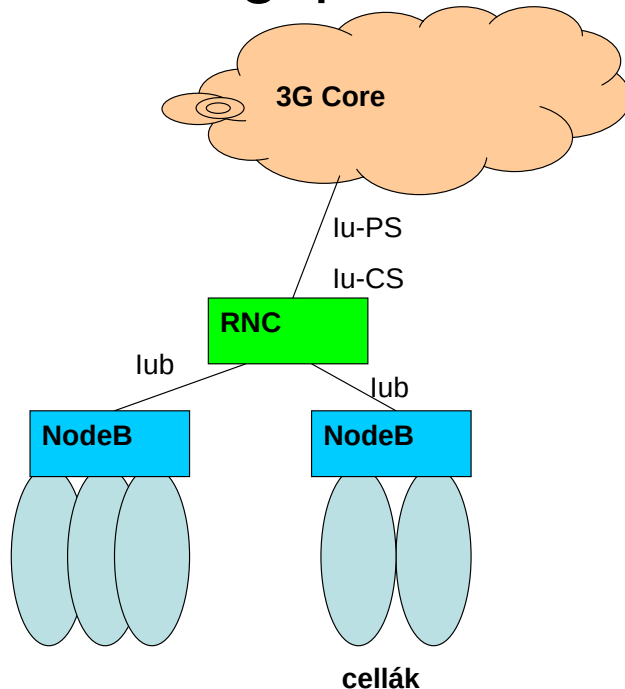
- kódolás, interleaving, moduláció, más fizikai réteg funkciók;
- ARQ, fejléc tömörítés, ütemezés stb., egyéb második réteg funkciók;
- rádiós erőforrás menedzsment, handover stb., más rádiós erőforrás kontroll funkciók;
- biztonsági funkciók: titkosítás, adat integritás megőrzése

- **Maghálózat funkciók – SAE**

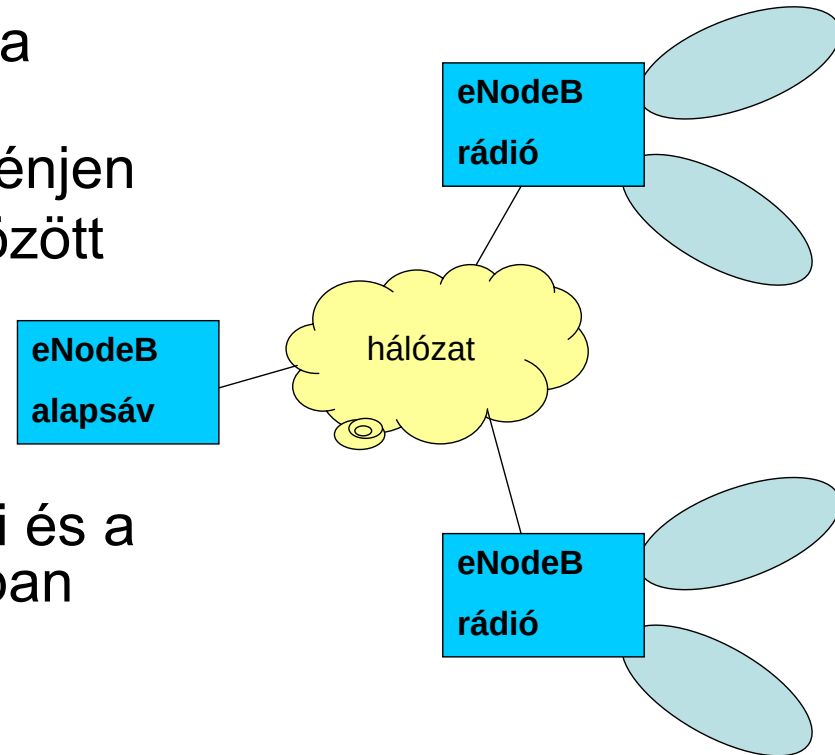
- számlázás
- előfizető menedzsment
- mobilitás menedzsment (a mobil helyzetének követése)
- hordozó szolgáltatások kezelése, szolgáltatási minőség kezelése
- előfizetők adatfolyamain végrehajtandó eljárások (policy) kezelése
- kapcsolódás külső hálózatokhoz
 - más szolgáltató LTE SAE
 - más hálózat (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
 - felépítése hasonló a 3G Iur-hez (RNC-k közti interfész)
 - 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

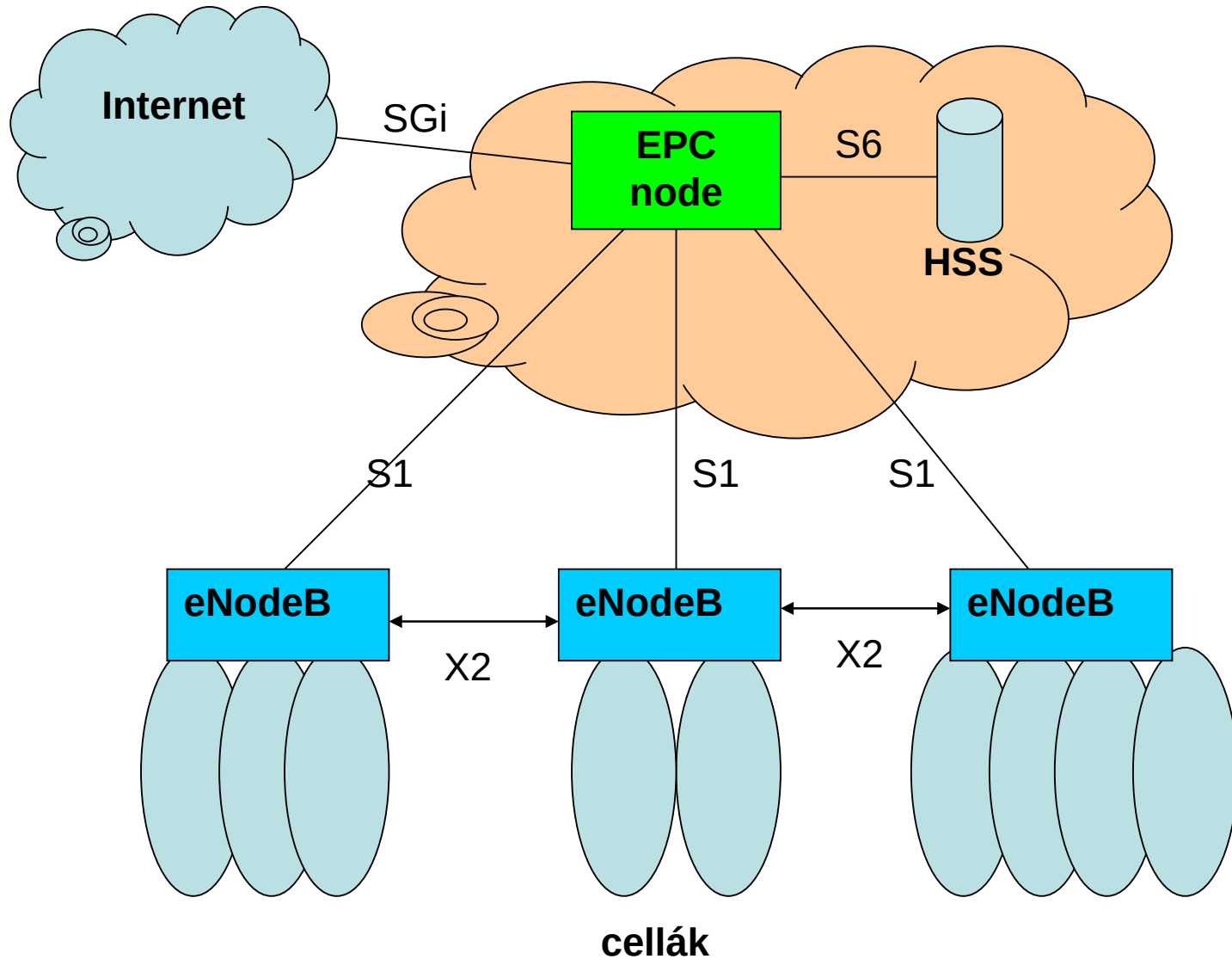


- mobilitás kezelése nehezebb központi elem nélkül:
 - cellaváltást lehetőleg „elrejtetni” a maghálózat előtt
 - ugyanakkor adatvesztés ne történjen
 - csomagtovábbítás eNodeB-k között
- eNodeB: cellák csoportját kezeli, nem szükségszerűen egy helyen
 - gyártók: megosztják az alapsávi és a rádiós funkciókat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



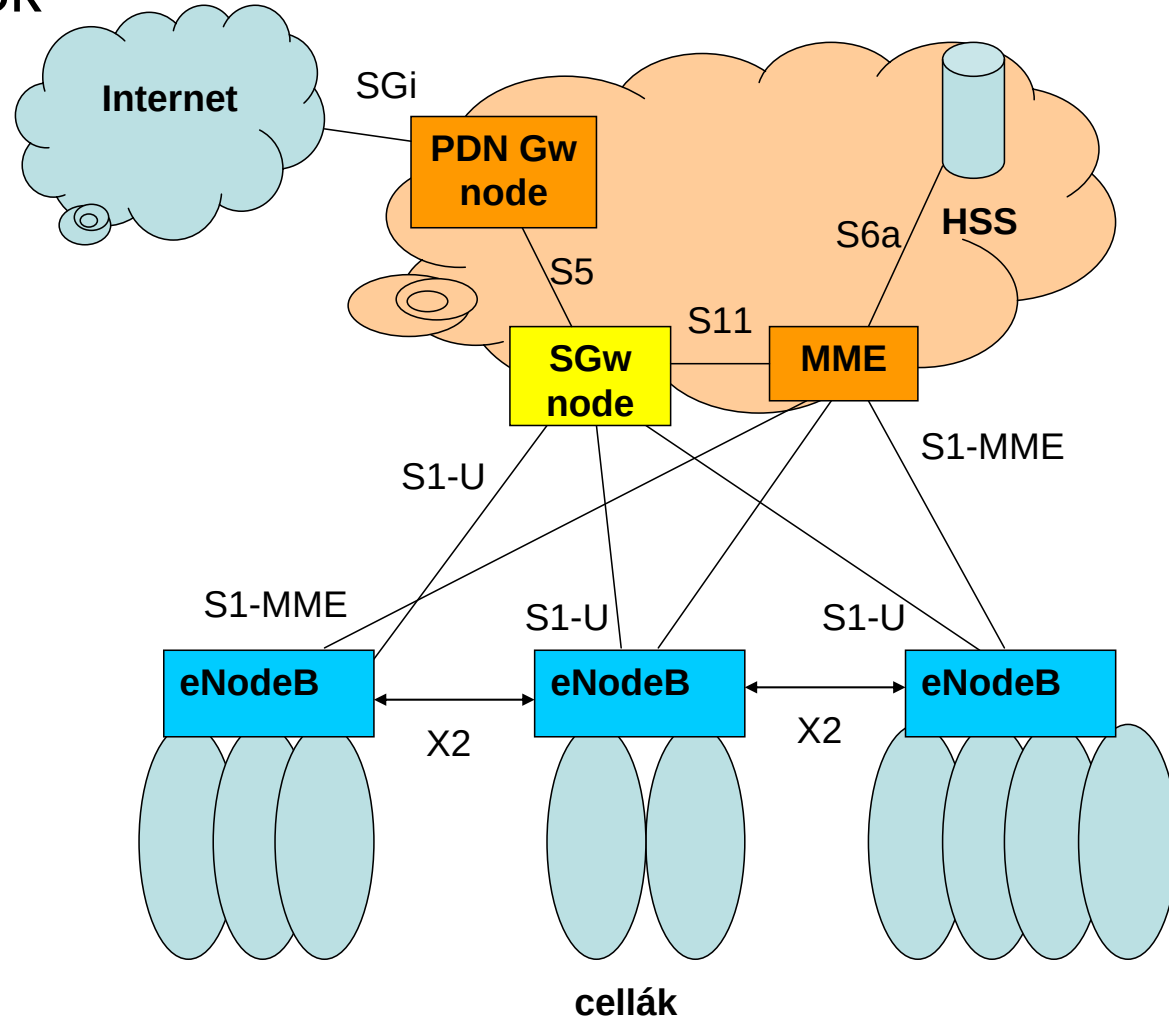
- **Fejlett csomagkapcsolt maghálózat,
Evolved Packet Core – EPC:**
 - funkcionális architektúra: egy csomópont végez minden maghálózati funkciót
 - akár fizikailag is lehetne egy berendezés
 - gyakorlati szempontból nem megvalósítható
 - + HSS (=HLR+AuC) megmaradt a korábbi hálózatokból
 - Home Subscriber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

SAE EPC ARCHITEKTÚRA



- 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)



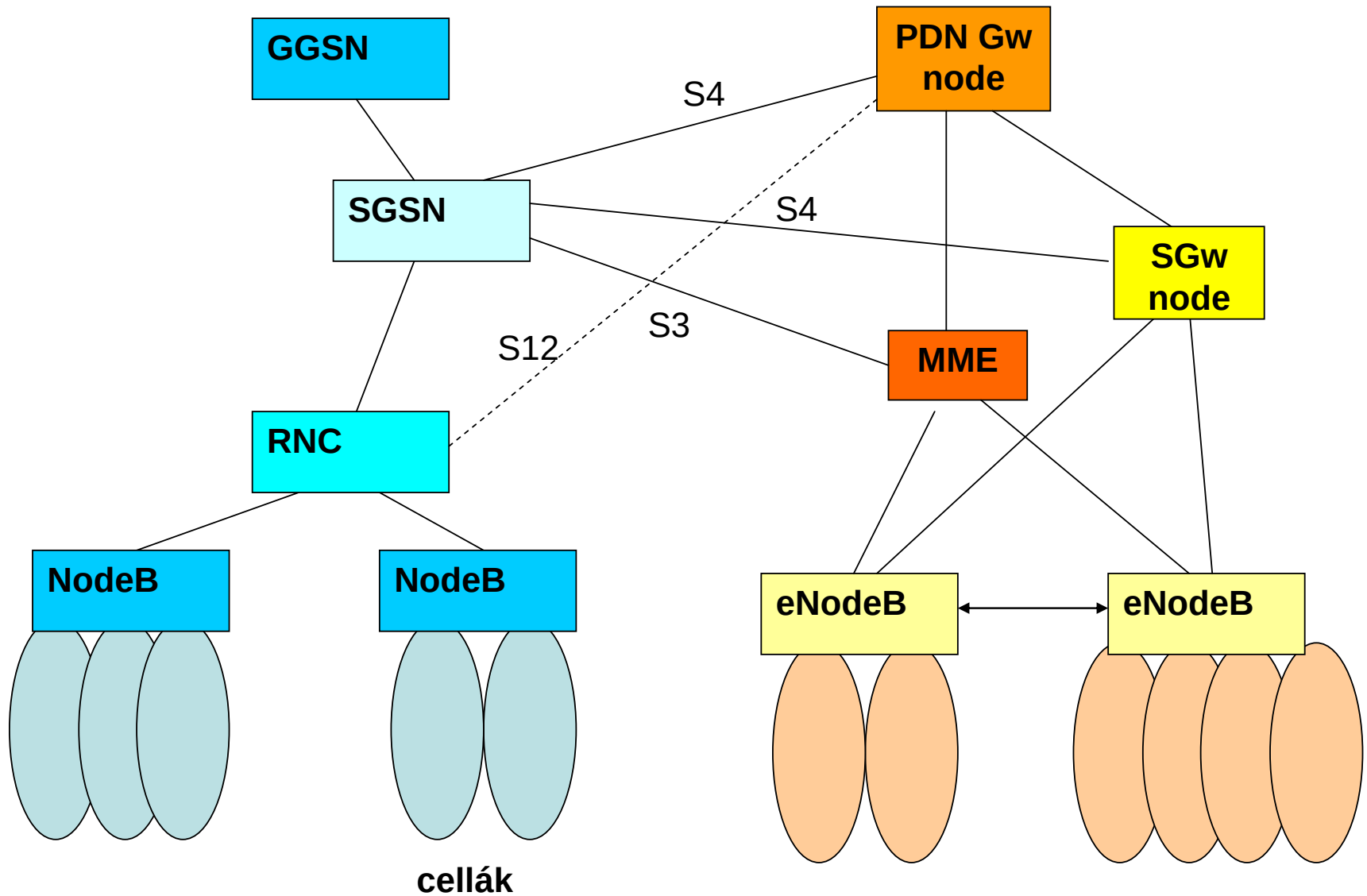
- a vezérlő sík megvalósítója az EPC-ben
- mobilitás támogatás
- előfizető helyének lekérdezése
- paging megfelelő helyre küldése
- útvonalválasztás az előfizető pozíciójának megfelelően
- minden egyéb vezérlési feladat: hordozó felépítése, hitelesítés, titkosítási kulcsok cseréje stb.

- 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

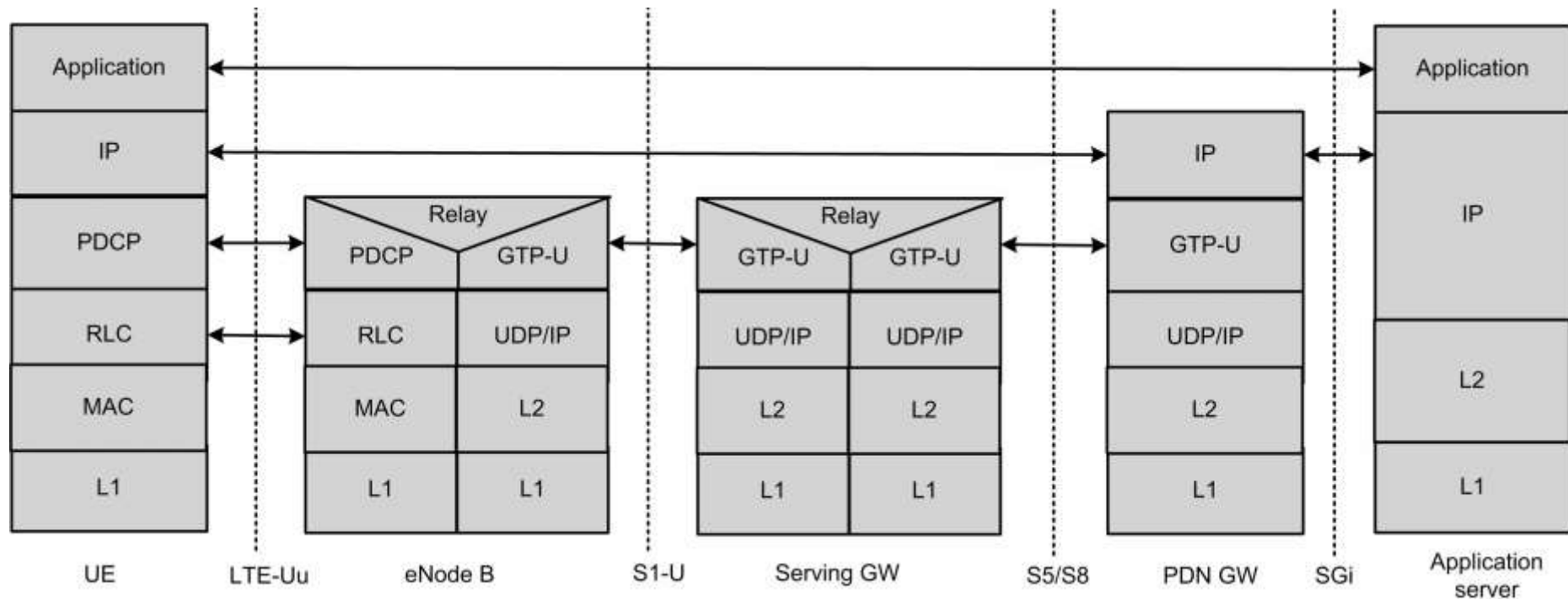
- az interfész a külső csomagkapcsolt hálózatok felé
 - Internet, más szolgáltató hálózata, nem LTE hálózat
- az LTE mobilitás gyökere
 - az SGw továbbítja az IP csomagokat a kiszolgáló eNodeB felé
 - a maghálózatban látszik a mobilitás
 - minden cellaváltásnál új „alagútban” megy a forgalom az eNodeB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

- Követelmény:
 - Hálózatok közti handover 3G és LTE között
 - előfizető nem tudja milyen hálózatban, milyen készülékkel van
 - lokális LTE indulás
 - kétmódú készülékek kellenek

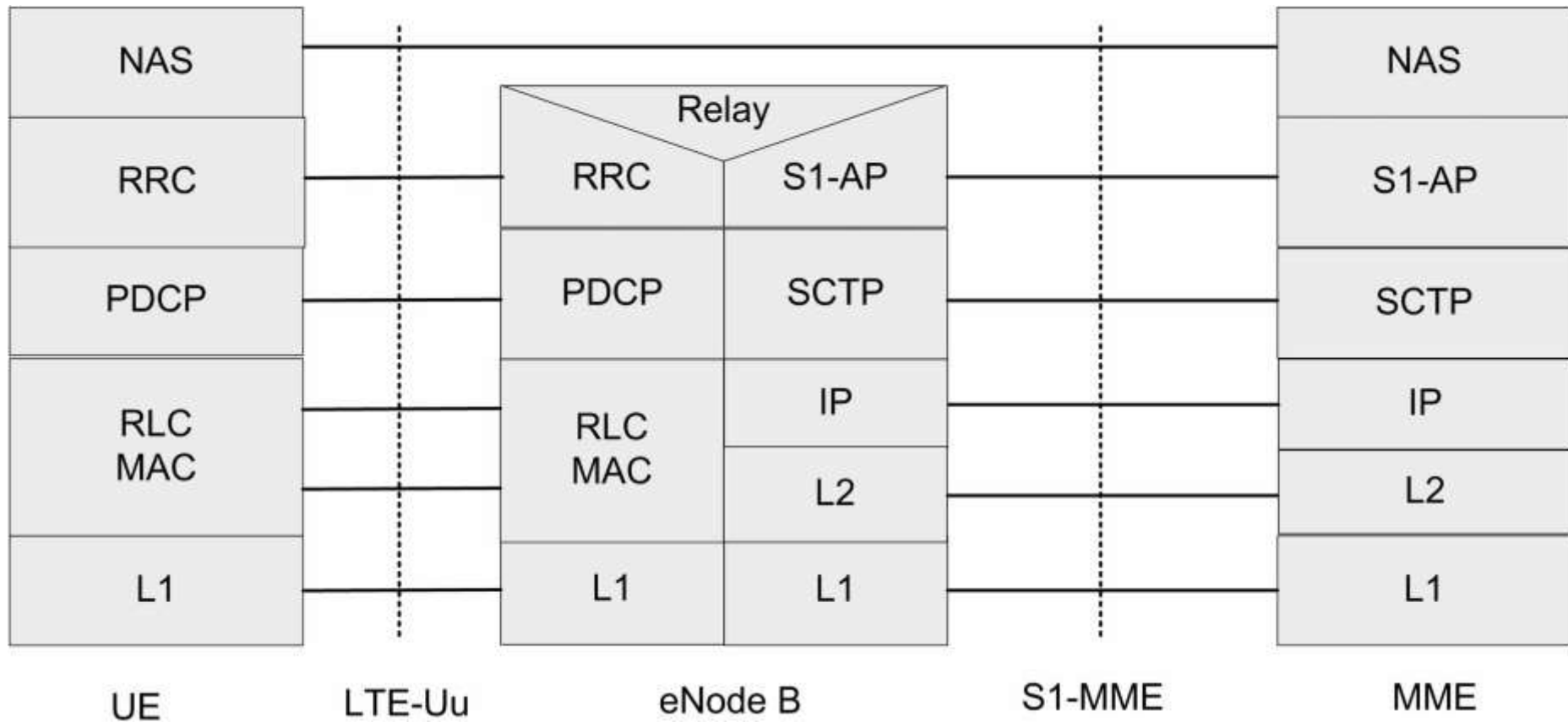
LTE-3G EGYÜTTMŰKÖDÉS



FELHASZNÁLÓI SÍK PROTOKOLL STACK



VEZÉRLŐ SÍK PROTOKOLL STACK

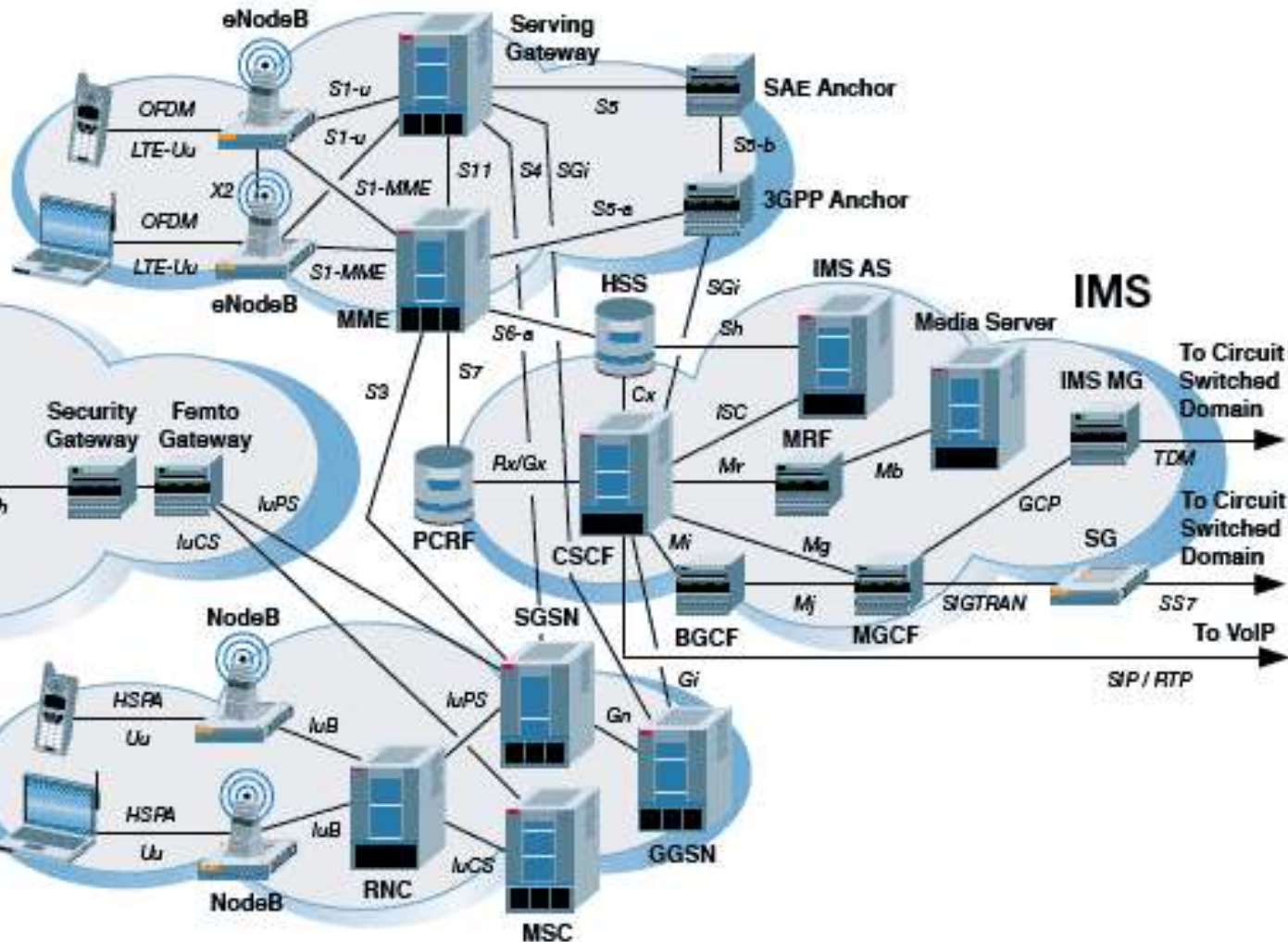


3GPP ARCHITEKTÚRA R8-TÓL

4G (3G LTE / SAE)

Femtocell

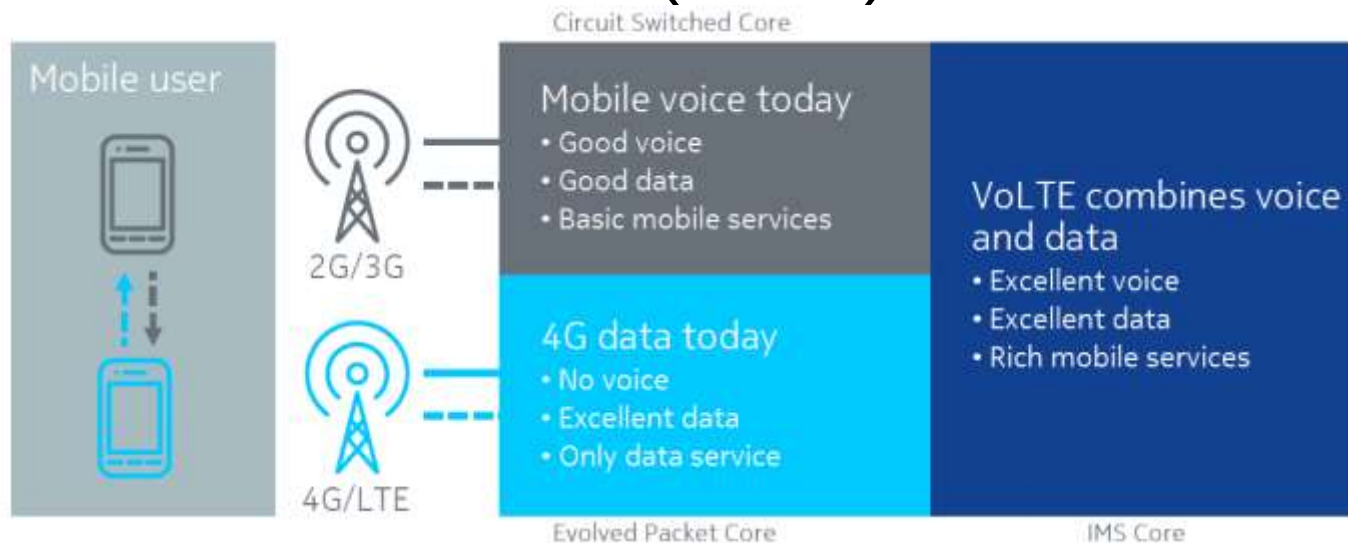
3G / 3.5G





Voice over LTE

- A Voice over LTE (VoLTE) az IP-alapú távközlés fő technológiája lesz
 - 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).

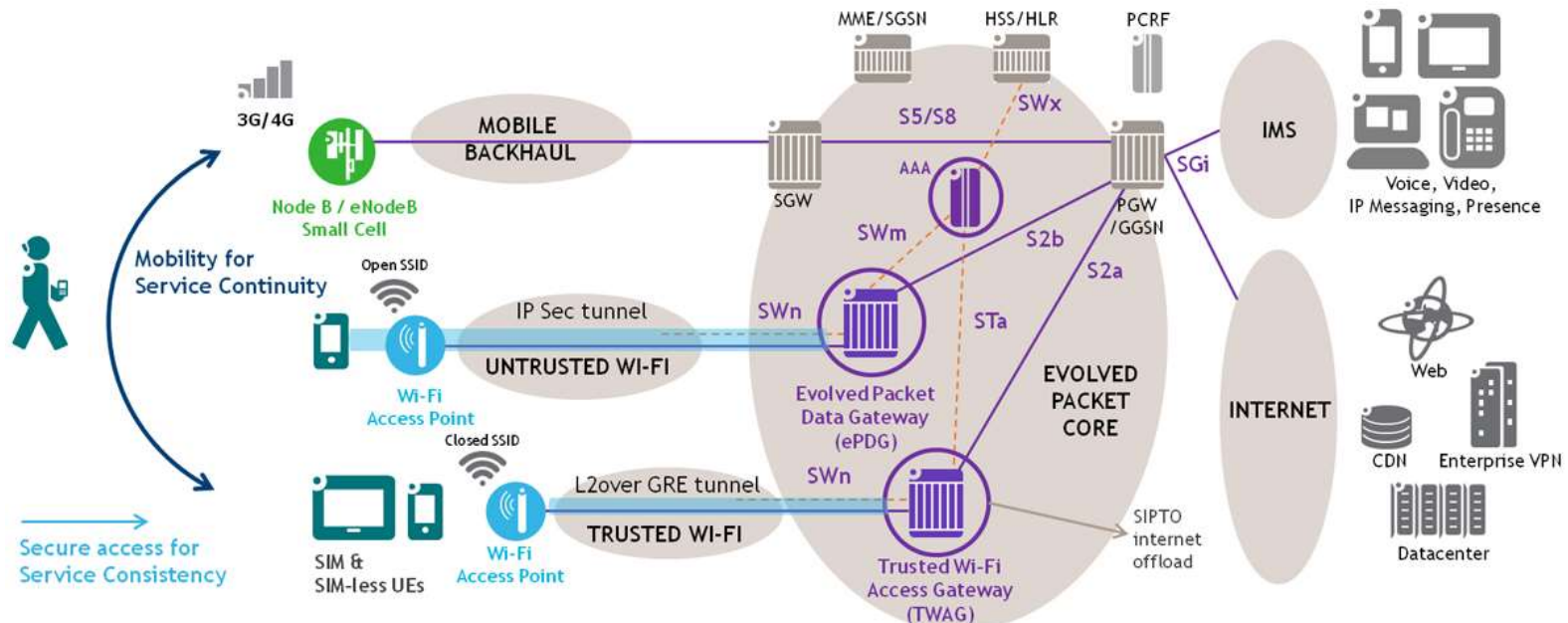
- Lehetséges technológiák hangátvitelre 4G felett:
 - Voice over LTE (VoLTE)
 - Circuit Switched Fallback (CSFB)
 - az LTE-n belüli hang- és üzenetküldési szolgáltatások esetén a leggyakrabban alkalmazott megoldás.
 - Handover mechanizmus segítségével megoldható a hívás CS hálózaton történő folytatása.
 - 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





HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK

