

# GSM HÁLÓZATOK

# GSM történeti áttekintés, előzmények

- Az 1980-as évek elején az analóg celluláris telefon rendszereknél gyors növekedés
- Egymással nem kompatibilis rendszerek
- 90-es évek kezdetén az NMT450 rendszerek terjedtek el a volt szocialista országokban, az analóg rendszerekre nem volt jellemző, hogy az országhatárokon kívül is lehetett volna használni. Ezért az üzleti élet elvárásai, az Európai Közösség célkitűzései szükségessé tették egy új, egységes páneurópai mobiltelefon rendszer kifejlesztését
- Új rendszer
- Elsőként digitálisan a rádiós interfészen
- Jobb minőség, hatékonyabb



# GSM történeti áttekintés, az indulás

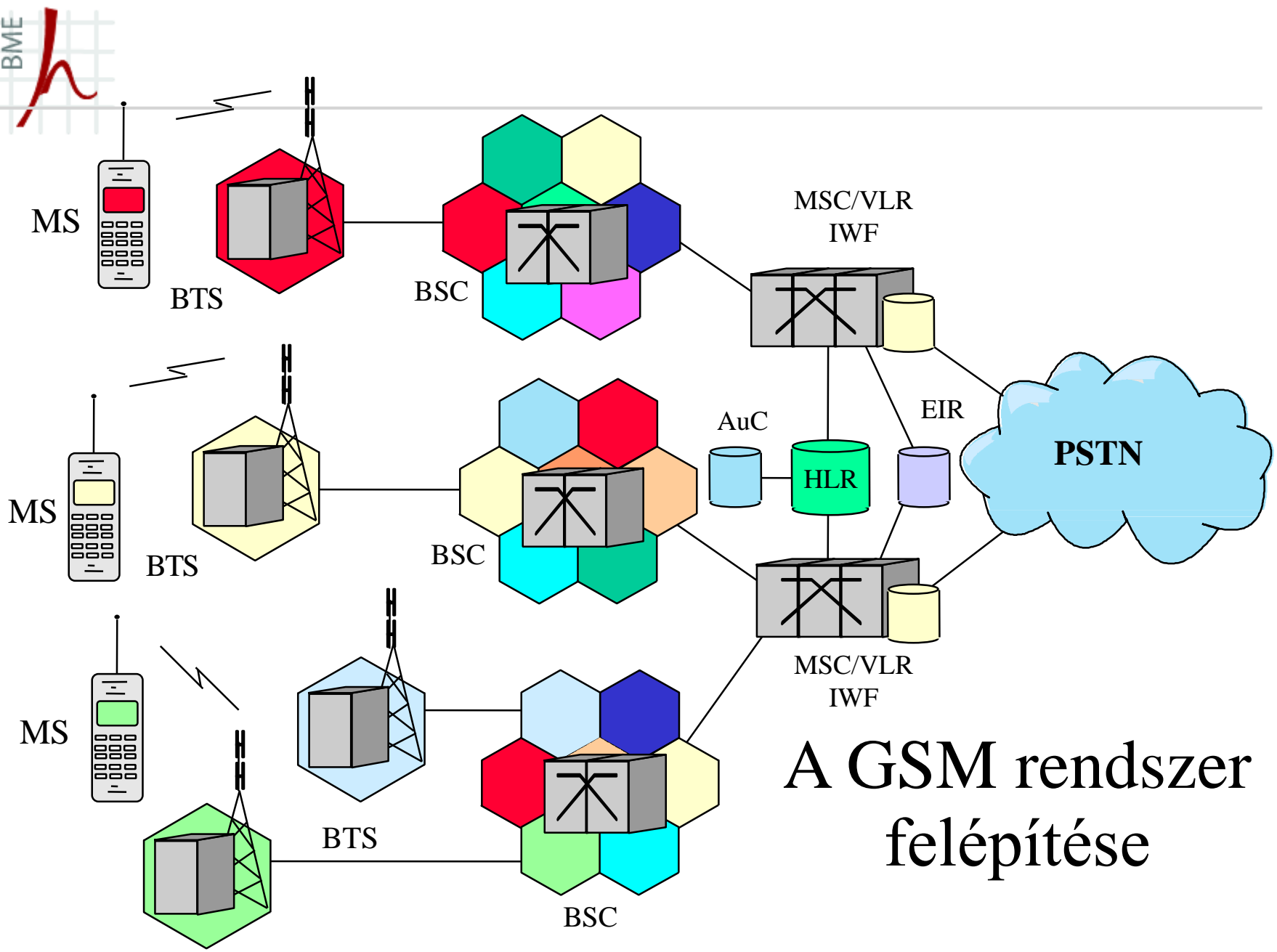
- 1982-ben a Conference of European Post and Telegraph (CEPT) alakított egy vizsgálati csoportot, Groupe Spécial Mobile (GSM)–t, fejlesszen ki egy pán-európai nyilvános földi mobil rendszert.
- A tervezett rendszernek meg kell felelnie bizonyos kritériumoknak:
  - Jó hangminőség
  - Alacsony kezelőfelület és szolgáltatási költség
  - Nemzetközi roaming támogatása
  - Kézi kezelőfelületek támogatásának képessége
  - Új szolgáltatások bevezetésének támogatása
  - Sáv szélesség hatékony kihasználása és ISDN kompatibilitás

# GSM történeti áttekintés, a fejlődés

- 1986-ban Szakértői központot hoztak létre Párizsban
- 1987-ben aláírták a GSM-Memorandumot
- 1989-ben a GSM kötelező részeinek leírását átadták az European Telecommunication Standards Institute (ETSI)-nek, megalakul az ETSI TC-GSM, és a GSM specifikációjának 1. fázisát 1990-ben publikálták.
- 1991-ben a TC-GSM-t átnevezik TC-SMG-nek. A kereskedelmi szolgáltatás 1991 közepén indult és 1993-ra 36 GSM hálózat volt 22 országban, 25 további ország már fontolóra vette a GSM-et.
- 1992-ben Európa-szerte indul a GSM. 1993-ban indul az első DCS1800 rendszer.

# A GSM meghódítja a világot

- A GSM hamar átlépte az európai határokat. Dél-Afrika, Ausztrália, és a közép- és távol-keleti országok is a GSM-et választották.
- 1994 elejére 1,3 millió előfizetője volt világszerte.
  - 2010-re már 4100 millió világszerte, 220 országban
  - 2017-ben 5000 millió mobil előfizető, ebből a 2G körülbelül 40%
- Magyarországon is sikeres: több mint 10 millió előfizetés:
  - T-mobile: kb. 45 százalék
  - Telenor: kb. 30 százalék
  - Vodafone: kb. 20 százalék
- A magyar penetráció több mint 100 %-os!



# A GSM rendszer felépítése

# A GSM rendszer felépítése

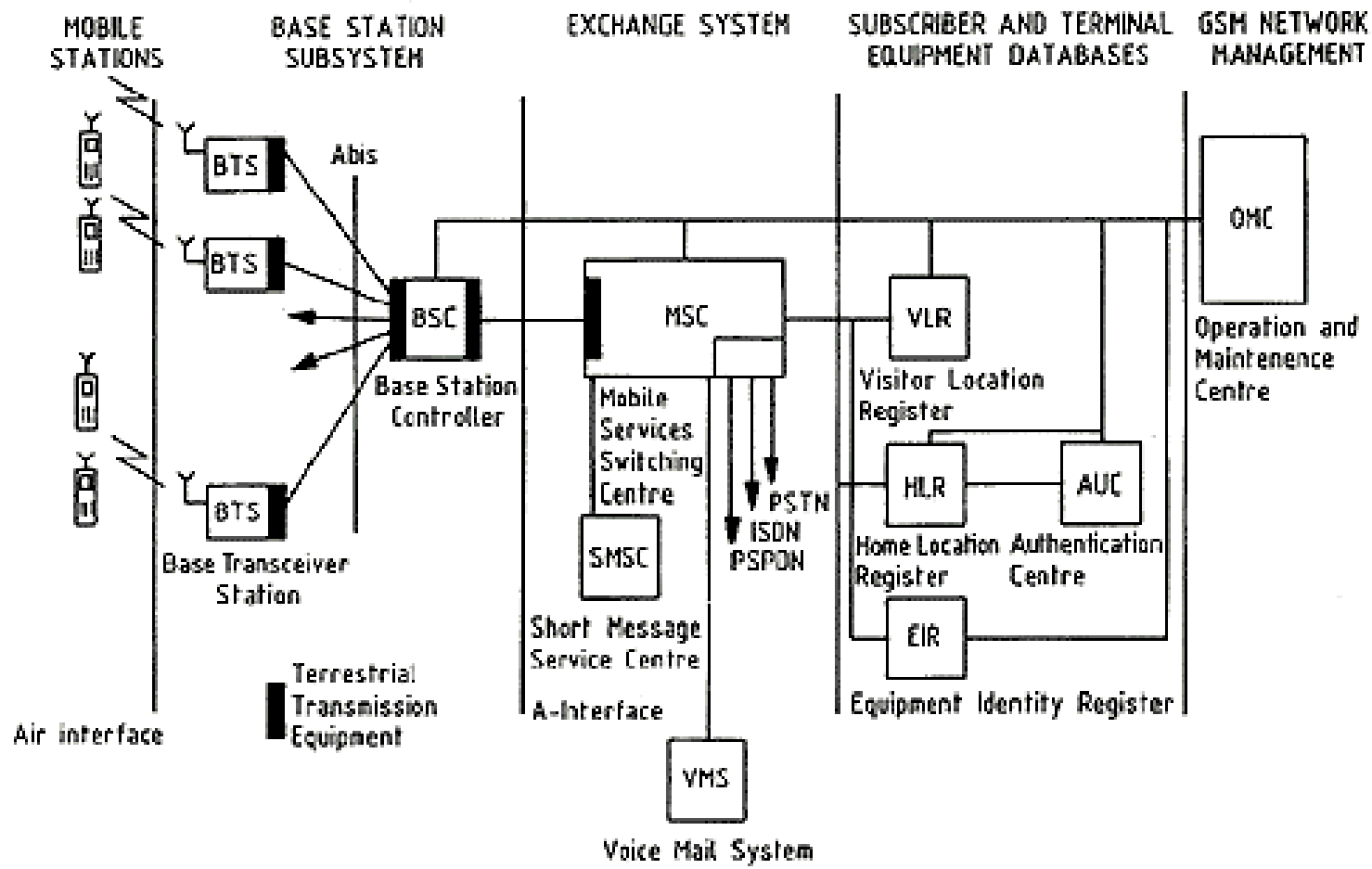


Fig. 1. GSM network architecture

# A GSM rendszer felépítése

---

- A GSM hálózat négy alrendszerből áll:
  - a Mobil Állomás (MS),
  - a Bázisállomás Alrendszer (BSS),
  - a Hálózati és Kapcsoló Alrendszer (NSS) és
  - az Üzemeltetési Alrendszer (OSS).
- A rendszer funkcionális egységeit interfészek választják el. Ezek az interfészek
  - az Um rádió interfész (MS–BTS),
  - az Abis interfész (BTS–BSC) és
  - az A interfész (BSC–MSC).





# A bázisállomás alrendszer

## BSS, Base Station Subsystem

- A bázisállomás alrendszer tartalmazza a cellás hálózat kialakításához szükséges adó-vevő és vezérlő berendezéseket.
- Három fő funkcionális elemet foglal magában:
  - a Bázis Adóvevő Állomást (BTS – Base Transceiver Station),
  - a Bázisállomás Vezérlőt (BSC – Base Station Controller) és
  - a transcodert (TC-k).



# Bázisállomás (BTS)

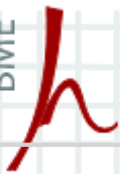
- A bázisállomások a rádió interfészen keresztül közvetlen kapcsolatban vannak a mobil állomásokkal.
- Főbb feladataik:
  - elvégzik a csatorna kódolást és dekódolást,
  - megvalósítják az ún. interleaving és de-interleaving funkciókat,
  - a titkosítást és a titkosított jel visszaalakítását,
  - a beszéd- és adatsebesség adaptálását,
  - a modulációt, a teljesítmény erősítést és
  - az RF jelek egyesítését,
  - fenntartják a szinkronizációt a BTS és az MS között,
  - valamint vezérlik a logikai csatornák időzítését és
  - továbbítják a BSC felé az MS és a BTS méréseit.
- Összefoglalva: a digitális beszéd sorozatból előállítják a rádiós interfészen küldött fizikai jelet és vissza



# Bázisállomás (BTS)

---

- A BTS-ek főbb elemei:
  - rádió adók és vevők,
  - antennák és antenna kábelek,
  - duplexerek
  - esetenként splitterek.
- A BSC-khez tipikusan  $n \cdot 2$  Mbit/s-os PCM vonalakon keresztül csatlakoznak, melyeket mikrohullámú, vagy optikai összeköttetésekkel valósítanak meg.
- A lehetséges BTS-BSC átviteli megoldások
  - pont-pont,
  - többleágazású-lánc és
  - többleágazású-hurok összeköttetések lehetnek.



# Bázisállomás vezérlő (BSC)

- A BSC – Base Station Controller feladatai,
  - hogy konfigurálja és vezérelje a rádió interfészt és
  - hogy a transcodereken keresztül kapcsolatot tartson a hálózat és kapcsoló alrendszer központjaival.
- Távvezérli a hozzá tartozó bázisállomásokat és ezáltal vezérli
  - a forgalmi és jelzésátviteli csatornák lefoglalását,
  - a forgalmi csatornák minőségét és térerősségét,
  - a BTS-ek és MS-ek teljesítményszintjét,
  - az előfizetők megtalálását (paging) és
  - a frekvencia ugratást.
  - az egy BTS kiszolgálási területe alatt történő cellaváltást (handovert)
- Emellett részt vesz a BSC és MSC közti földi átviteli vonal vezérlésében.
- Összefoglalva: fő feladat a rádiós erőforrás menedzsment, valamint a kapcsoló funkció a



# Transzkóder (TC)

- A transzkóder funkcionálisan a bázisállomás része.
- GSM-specifikus kódolást és dekódolást és adatátvitel esetén sebesség adaptálást végez.
- Feladatai közé tartozik a downlink (BTS-MS irányú) beszédintenzitás érzékelése is.
- A transzkóderek telepíthetők a BTS-ekben vagy tőlük távol is így pl. a BSC-ben vagy akár az MSC-ben.
- A transzkóderek BSC-be vagy MSC-be való áthelyezésével az üzemeltetők megtakarítást érhetnek el a földi átviteli összeköttetések árában, mivel a TC-k összekötő (gateway) funkcióval rendelkeznek a 16 és 64 kbit/sec átvitel között; így a csatornánkénti BTS és TC közti átviteli kapacitást 16 kbit/sec-ra csökkenthető.



# Hálózat és kapcsoló alrendszer

## NSS, Network and Switching Subsystem

- A Hálózat és Kapcsoló Alrendszer fő feladata, hogy irányítsa a GSM felhasználók és az egyéb távközlési hálózati rendszerek felhasználói közötti kommunikációt.
- Két funkcionális része van:
  - a kapcsoló rendszer valamint
  - az előfizetői és végberendezés adatbázisok.
- A kapcsoló rendszer
  - a Mobil Szolgálati Kapcsolóközpontból (MSC),
  - egyéb szolgálati központokból, mint pl. a Rövid Üzenet Szolgálati Központ (SMSC) áll.

# Hálózat és kapcsoló alrendszer

- Az előfizetői és végberendezés adatbázisok tartalmazzák
  - a Látogató Előfizetői Helyregisztert (VLR – Visitor Location Register),
  - a Honos Előfizetői Helyregisztert (HLR – Home Location Register),
  - az Előfizetői Azonosító Központot (AUC – Authentication Center) és
  - a Berendezés Azonosító Regisztert (EIR – Equipment Identity Register).
- Az Hálózat és Kapcsoló Alrendszer további funkcionális egysége a Hangposta Rendszer (VMS), mely tulajdonképpen nem illik bele a GSM specifikációk által definiált fenti funkcionális egységek egyikébe sem.



# Mobil Szolgálati Kapcsolóközpont MSC, Mobile Switching Center

- A Mobil Szolgálati Kapcsolóközpont alapvető kapcsolási és irányítási funkciókat hajt végre az NSS-en belül.
- Legfontosabb feladata, hogy a szolgáltatási területén található mobil állomások mobil kezdeményezésű, illetve mobil végződésű hívásainak felépülését koordinálja.
- Az MSC és egy közönséges telefonközpont között az a fő különbség, hogy az MSC olyan többletfunkciókkal rendelkezik, melyek segítségével kezelni tudják az előfizetők mobilitását.





# Mobil Szolgálati Kapcsolóközpont (MSC)

- Az MSC egyben átlépő központ is az olyan hálózatokkal való kommunikáció vonatkozásában, amelyek adaptálást igényelnek. Ezt az együttműködési funkciók (IWF-ek) végzik.
- Az IWF egy átviteli protokoll adaptáló berendezés, amely a GSM adatátvitel sajátosságait illeszti a partner-hálózatok, mint pl. PSTN, ISDN, PSPDN vagy CSPDN, protokolljaihoz.
- E funkciók magukba foglalják
  - a helyregisztrálást,
  - az előfizető hívását,
  - a hívásátadást és
  - a titkosítási paraméterek átvitelét és a DTMF jelzésátvitelt

# Mobil Szolgálati Kapcsolóközpont (MSC)

- Az Hálózat és Kapcsoló Alrendszer általában egynél több MSC-t tartalmaz. Ez esetben egy vagy több MSC-t átlépő központnak (Gateway MSC, GMSC) jelölnék ki, melyek feladata az előfizető helyének megállapítása és a hívás továbbítása azon MSC illetve külső hálózat (pl. PSTN) felé, mely a felhasználót kiszolgálja.



# Készülék Azonosító Regisztert EIR, Equipment Identity Register

- A GSM specifikáció definiál egy mobil állomások azonosítására szolgáló hálózati elemet, a Készülék Azonosító Regisztert (EIR).
- Ez egy adatbázis, amely a mobil készülékek főbb adatait tárolja.
- Az EIR-ben az MS-ekre a Nemzetközi Mobil Készülék Azonosítóval (IMEI) hivatkoznak.
- Az EIR három különböző listán tárolja az IMEI-eket.
  - A fehér lista a típus engedélyezett berendezések IMEI számait tartalmazza,
  - a szürke listán a megfigyelés alatt álló készülékek vannak és végül
  - a fekete lista azon mobil állomások IMEI számait tartalmazza, amelyeket le kell tiltani, vagy azért, mert ellopták őket vagy súlyos működési zavarok miatt.

# Előfizetői Azonosító Központ AuC, Authentication Center

- Az előfizetők azonosítására szolgáló biztonsági adatokat az Előfizetői Azonosító Központ (AuC) kezeli.
- A hálózat illetéktelen használata elleni védelme céljából lehetőség van a GSM előfizetők azonosítására
  - minden regisztráláskor,
  - minden hívás-felépítési kísérlet alkalmával és
  - a kiegészítő szolgáltatások aktiválása, deaktiválása, regisztrálása vagy törlése alkalmával.

# Előfizetői Azonosító Központ (AuC)

- A hitelesítés lényege a hálózati oldalon lévő előfizetői azonosító kulcs (az úgynevezett Ki szám összehasonlítása) a SIM-en tárolt Ki számmal anélkül, hogy az valaha is kiküldésre kerülne.
- A hálózati oldalon az AuC tárolja a Ki számot. Emellett tárol rejtjelezési paramétereket és tartalmaz egy véletlen szám generátort is.
- Az AuC lényegében a HLR funkcionális alosztálya, de különálló hálózat elem is lehet.
  - A HLR és AuC általában integráltan jelenik meg, HSS (Home Subscriber System) elnevezéssel

# Honos Előfizetői Helyregiszter

## HLR, Home Location Register

- A Honos Előfizetői Helyregiszter egy olyan adatbázis, amely az előfizető helyére és a számára nyújtható távközlési szolgáltatásokra vonatkozó információt tartalmaz.
- A HLR azonosítja, hogy a felhasználó megkaphatja-e az adott táv- vagy hordozó szolgáltatást.
- A kiegészítő szolgáltatásokra vonatkozó információkat nem feltétlenül tárolja.
- A Honos Előfizetői Regiszterben két szám tartozik minden felhasználóhoz:
  - a Mobil Állomás Nemzetközi ISDN Száma (MSISDN)
  - és a Nemzetközi Mobil Állomás Azonosító (IMSI).

# Honos Előfizetői Helyregiszter (HLR)

- Az MSISDN az előfizető telefonszáma, melyet a mobil állomás hívásakor tárcsáznak. Szemben a hagyományos telefonhálózatban megszokottakkal az MSISDN az előfizető szolgáltatását definiálja, nem pedig az előfizető telefon készülékét. Ez azt jelenti, hogy az előfizetők a különböző szolgáltatásokhoz különböző MSISDN-t kapnak.
- Az IMSI a SIM kártya hálózaton belül használt egyedi azonosító száma. Ezt a számot az előfizető aktiválásakor definiálják és összekapcsolják az MSISDN-nel.
- Az IMSI-t a HLR az AuC-ban és a SIM kártya is tárolja.

# Honos Előfizetői Helyregiszter (HLR)

- A HLR lehetővé teszi a hívások átirányítását azon MSC/VLR szolgáltatási területére, amelyben a mozgó felhasználó éppen elhelyezkedik azáltal, hogy az előfizető helyére vonatkozó információkat tárol, beleértve legalább a látogatott MSC/VLR címét, azonosítani képes a mobil állomásokat, valamint megkéri a látogatott MSC/VLR-től a Mobil Állomás Roaming Számot (MSRN).





# Látogató Előfizetői Helyregiszter VLR, Visitor Location Register

- A HLR-en kívül egy másik adatbázis funkciót is megvalósítanak a GSM-ben: a Látogató Előfizetői Helyregiszter (VLR).
- A VLR-ek egy vagy több MSC-hez kapcsolódnak. Mindegyikük több cellát vezérel, feladatuk, az MSC(-k) szolgáltatási területén tartózkodó előfizetők adatainak átmeneti tárolása, valamint az előfizető helyének a HLR-nél pontosabb ismerete.
  - Location Area szinten ismert helyzet
- A GSM cellák egy-egy csoportja forgalmi területet képez (Location Area). Valahányszor a mobil állomás átlépi két forgalmi terület határát vagy más helyen kapcsolják be, mint ahol utoljára sikeresen regisztrálásra került, a VLR megkísérel végrehajtani a helyregisztrációs eljárást (location updating).



# Látogatói Előfizetői Helyregiszter (VLR)

- A legutolsó helyregisztrációs kísérlet eredményét a SIM is tárolja. A helyregisztráció során az előfizető adatai áttöltődnek a HLR-ből a VLR-be. Ezáltal a VLR részt vesz
  - az előfizető azonosításában,
  - a hívásátadásban,
  - támogatja a titkosítást és
  - a rövid üzenetek továbbítását.



# Rövid Üzenet Szolgálati Kapcsolóközpont, SMS Center

- A Rövid Üzenet Szolgálati Kapcsolóközpontnak ugyanaz a szerepe az írott üzenetek továbbításában mint az MSC-nek a bejövő beszéd- és adathívások lekezelésében.
- A GSM specifikációk nem definiálják pontosan az SMSC-re vonatkozó összes protokollt ezáltal némi szabadságot hagynak a gyártónak.
- Mindazonáltal minden SMSC-nek tartalmaznia kell
  - az alacsony szintű protokollokat, amelyek lehetővé teszik a rövid üzenetek továbbítását a mobil állomás és az SMSC között,
  - továbbá olyan protokollokat, amelyek lekérdezik a HLR-t és kikeresik az előfizető címét, amikor az elérhető, illetve értesítik az SMSC-t, ha a felhasználó ismét elérhetővé válik.



# SMS központ

---

- Érdeemes megemlíteni, hogy a rövid üzenetek átvitele az egyetlen olyan szolgáltatás a GSM rendszerben, amely nem követeli az átviteli vonal két végpont közti felépítését.
- A rövid üzenetek a jelzésátviteli csatornákat veszik igénybe (nevezetesen az SDCCH vagy az SACCH csatornákat), ezért akkor is átvihetők (SACCH-n), amikor a mobil állomás hívást bonyolít le.



# Üzemeltetési alrendszer OSS, Operation Subsystem

- Az üzemeltetési alrendszer lehetővé teszi hogy a hálózat fenntartó nyomon kövesse és vezérelje a GSM hálózatot.
- TMN feladatok: hiba-, konfiguráció-, számlázás-, teljesítőképesség-, biztonság-menedzselés.
- A szabványos TMN koncepció alapelveinek megfelelően
  - egyrészt az OSS olyan főbb hálózati elemekhez csatlakozik, mint az MSC, a BSC, a HLR és egyébek (a BTS-eket a BSC-ken keresztül lehet elérni)
  - másrészt ember-gép interfészt biztosít az üzemeltető személyzet számára.

# Üzemeltetési alrendszer (OSS)

- Az OSS lehetővé teszi hogy az üzemeltető folyamatosan ellenőrizze a felhasználónak nyújtott szolgáltatás minőségét olyan paraméterek mérésével, mint a forgalom, a torlódás, a hívásátadások, az eldobott hívások, az interferencia, stb.
- Ez a lehetőség segít a rendszer szűk keresztmetszeteinek és problematikus területeinek feltárásában.
- Ugyancsak lehetőséget biztosít a rendszerbe történő beavatkozásra egy-egy probléma megoldása során.



# Üzemeltetési és Karbantartó Központ

## OMC, Operation and Maintenance Center

- A BSS valamint a Hálózati és Kapcsoló Alrendszer gépeivel kapcsolatban levő hálózati elem az Üzemeltetési és Karbantartó Központ (OMC).
- Egy OMC tipikusan a hálózati adatbázisból és egy néhány munkaállomásból áll, melyek az OMC adatbázist menedzselik és egyéb hálózati elemekkel vannak kapcsolatban. A GSM hálózat több OMC-t tartalmazhat, ez esetben az OMC-k össze vannak kapcsolva.

# Üzemeltetési és Karbantartó Központ (OMC)

---

- Az OMC-nek (Operation and Maintenance Center) fontos szerepe van a napi karbantartásban is.
- Összegyűjti és kijelzi a hálózatelemek által kibocsátott riasztásokat és ezáltal lehetővé teszi az operátor számára, hogy
  - feltárja,
  - behatárolja és
  - korigálja a rendszerben fellépő hibákat és leállásokat.