



**BME**



**KJIT**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

# Irányító és kommunikációs rendszerek III.

## Előadás 12

# Történeti áttekintés

- A rádiózás az 1930-as években forradalmi változásokon ment keresztül, megjelentek az első nem helyhez kötött, általában járműben szerelt mobilállomások és hordozható adó-vevő berendezések. A legelső felhasználó a katonaság volt.
- A háború utáni időszakban a mobilállomások zártkörű hálózatának kiépítése volt jellemző. A technika fejlődésével a mobiltávközlés a civil élet területén is elterjedt. Így felmerült a normál, vezetékes hálózathoz kapcsolódás igénye is.
- A következő lépcső a közcélú kapcsolt rádiótelefon rendszerek megjelenése volt, először az USA-ban, majd a 70-es évektől Európában is. Ezek a telefonok már a hagyományos vezetékes készülékek szolgáltatásait nyújtották, saját telefonszámuk volt, és hívni lehetett általuk bármilyen telefonszámot.



- Annak érdekében, hogy a szolgáltatást megfelelő nagyságú területen igénybe lehessen venni, átjátszó adók tömegét kellett a területen elhelyezni. A Magyarországon elsőként használatos analóg rendszert legelőször Svédországban és Norvégiában helyezték üzembe 1981-ben.
- A 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. Azért, hogy ezt az új rendszert a piac is kedvezően fogadja, merőben újjal kellett előrukkolni.
- Az új rendszer átütő sikerét annak köszönheti, hogy elsőként alkalmazza a mobiltelefoniaiában a digitális technikát.

# Mi a mobil hálózat különlegessége?

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

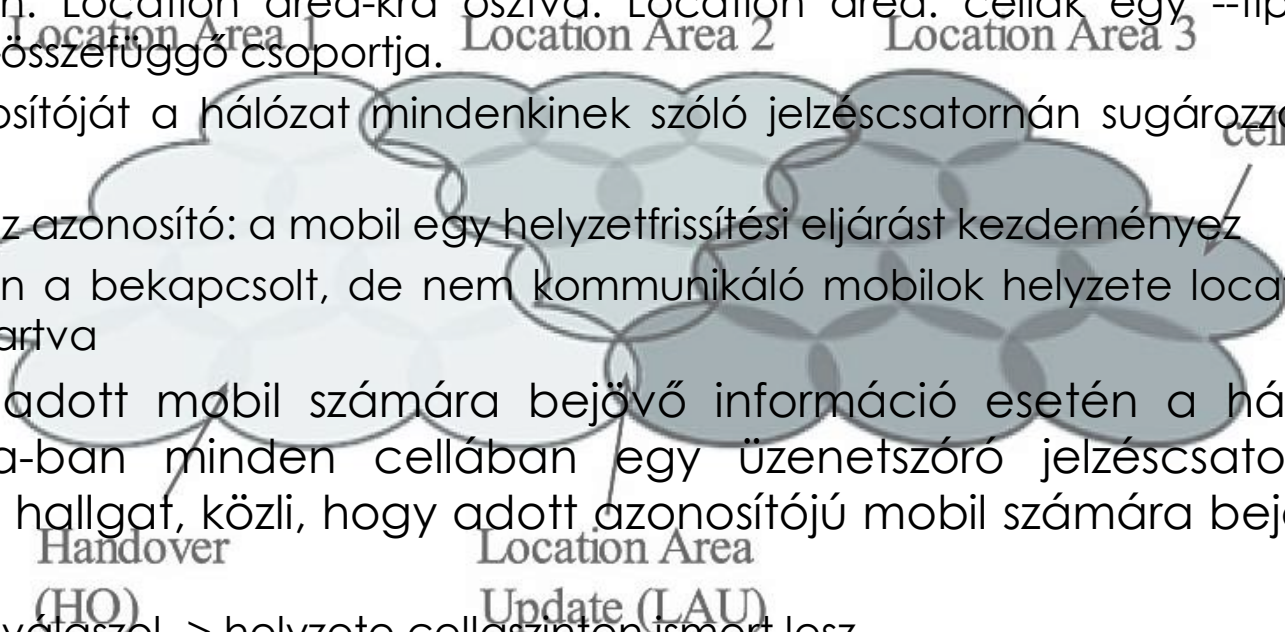
Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- A végpontok mobilok
- Fizikai csatlakozási helyük változik, akár átvitel közben:
  - Handover, hívásátadás, átkapcsolás, közben:
    - A kiszolgáló rádiós összeköttetés új lesz, másik cellán keresztül, összetett folyamat
    - A mobilt elérő hálózati útvonal változhat
- Fizikai helyük változik, kommunikáció nélkül
  - Ahhoz, hogy számára bejövő információ továbbítható legyen, ismerni kell a mobil helyét (melyik cella ellátási területén van)
  - Ez a folyamat általában: location management, amely
    - Location update (helyzetfrissítés): mobil jelenti a helyzetét
    - Paging (lekérdezés): a hálózat találja meg a mobilt
- Ezek extra funkciókat igényelnek, a maghálózatban is



# Mi a mobil hálózat különlegessége?

- Helyzetfrissítés:
  - A hálózat ún. Location area-kra osztva. Location area: cellák egy –tipikusan, de nem kötelezően –összefüggő csoportja.
  - Ennek azonosítóját a hálózat mindenkinek szóló jelzescsatornán sugározza, ezt a mobilok olvassák
  - Ha változik az azonosító: a mobil egy helyzetfrissítési eljárást kezdeményez
  - A hálózatban a bekapcsolt, de nem kommunikáló mobilok helyzete location area szinten van nyilvántartva
- Paging: egy adott mobil számára bejövő információ esetén a hálózat az adott location area-ban minden cellában egy üzenetszóró jelzescsatornán, amelyet minden mobil hallgat, közli, hogy adott azonosítójú mobil számára bejövő információ van
  - A mobil erre válaszol -> helyzete cellaszinten ismert lesz
- Pillanatnyilag aktív, le/feltöltő mobil helyzete cellaszinten ismert



# Mobilhálózatok

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- Nyilvános földi mobil hálózatok (PLMN):
  - Public Land Mobile Network
  - Egy adott szolgáltatási területen használható, megfelelő rádiós (mobil) eszközzel
  - Összeköttetést biztosít a PSTN-hez
  - Cellás hálózatok
- Zárt célú földi mobilhálózatok
  - Csak arra jogosultak használhatják (pl.: belügyi szervek)
  - MPT1327 (1G), TETRA (2G) Személyhívó hálózatok
- Személyhívó hálózatok
  - Egyirányú, szöveges kommunikáció
- Műholdas hálózatok
  - Ugyanazokat a szolgáltatásokat nyújtják, mint a PLMN, csak műholdon keresztül
  - Globális szolgáltatási terület



# Mobil hálózatok generációi

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- 1G (analóg rendszerek)
  - Analóg rádiótechnikai eszközökre épül
  - A kapcsolás- és átviteltechnika már digitális
  - 450 MHz
- 2G (GSM rendszerek: Global System for Mobile Communications)
  - Teljesen digitális
  - Egységes európai szabvány (900 és 1800 MHz)
  - Észak-Amerikában 850 és 1900 MHz
- 2,5G (GSM rendszerek)
  - Adatátviteli fejlesztések
- 3G (IMT-2000: International Mobile Telecommunications-2000)
  - Európában (valamint Kínában és Japánban) UMTS (Universal Mobile Telecommunications Systems) rendszer
  - Észak-Amerikában CDMA2000
  - Európában 2100 MHz
  - AZ USA-ban bonyolult a helyzet (1900 MHz-en 2G, 2100 MHz-en műholdas kommunikáció), ezért megosztották a használt frekvenciákat (1700, 1900, 2100 MHz)
- 4G LTE (Long Term Evolution)
  - Észak-Amerikában, 700/800 és 1700/1900/2100, 2500, 2600 MHz, Dél-Amerikában 2500 MHz, Európában 700, 800, 900, 1800, 2600 MHz, Ázsiában 800, 1800 and 2600 MHz, Ausztráliában 1800 és 2300 MHz



# GSM hálózatok felépítése

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- A GSM hálózat négy alrendszerből áll:
  - a Mobil Állomás (MS, Mobile Station)
  - a Bázis állomás 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).

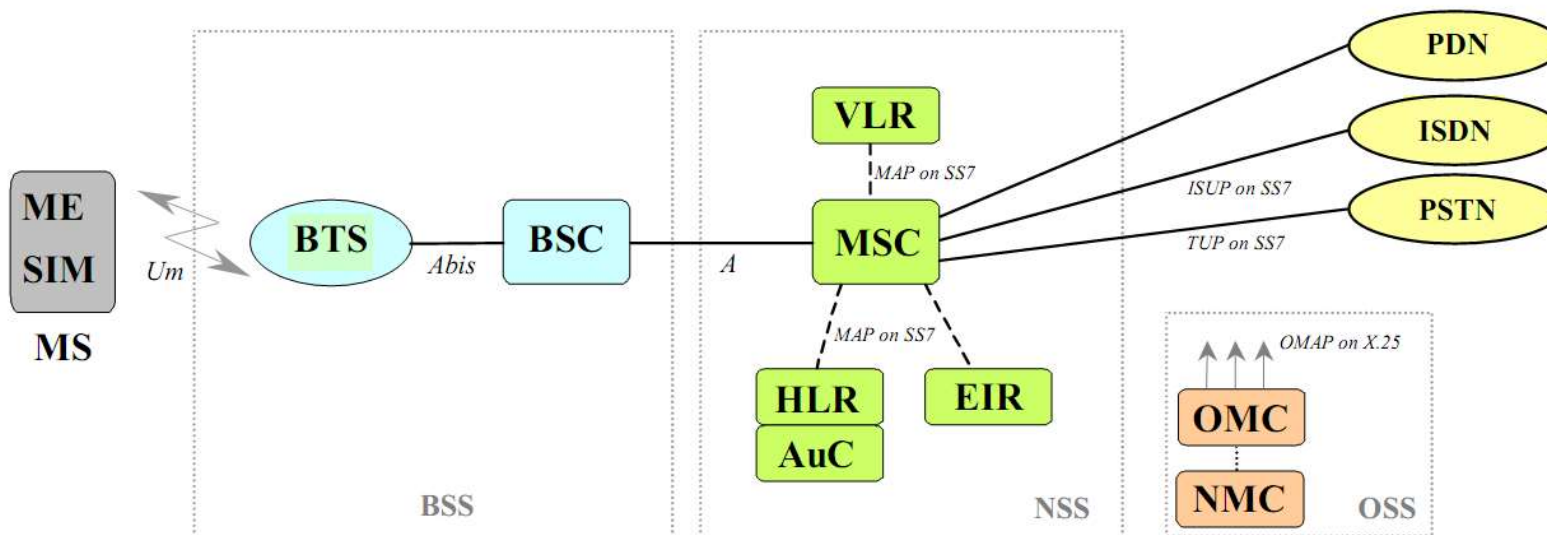




# GSM hálózatok felépítése

- A GSM hálózat négy alrendszerből áll:
  - a Mobil Állomás (MS, Mobile Station)
  - a Bázis állomás Alrendszer(BSS),
  - a Hívásirányítási Alrendszer (NSS),
  - Az üzemeltetési Alrendszer (OSS).

- A rendszer interfészei:
  - az üzemeltető és az állomás közötti (Um)
  - az állomás és a BSS közötti (Abis)
  - az állomás és a NSS közötti (A)
  - az állomás és az OSS közötti (OMAP on X.25)



--- jelzés

— jelzés és adatforgalom

# GSM hálózatok elemei I.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- Mobil állomás (MS, Mobile Station)
  - Az előfizető által használt készülék, amely rádiós interfészen keresztül hozzáférést biztosít a hálózat szolgáltatásaihoz
  - Része az előfizetéshez tartozó chip-kártyás előfizetői azonosító modul, a SIM (Subscriber Identity Module)
    - Szolgáltatási adatokat tárol
    - Biztonsági feladatokat lát el (titkosítás)



# GSM hálózatok elemei II.

- Bázisállomás alrendszer (BSS, Base Station Subsystem)
  - Biztosítja a mobil állomás számára a folyamatos rádiós kapcsolatot a hálózat eléréshez
  - Bázisállomás (BTS, Base Transceiver Station)
    - Egy adott területen (cellában) biztosítja a rádiós ellátottságot
    - Rádió adó-vevő, antenna
    - Csatorna kódolás, tikosítás

Összefoglalva: a digitális beszédorozatból előállítják a rádiós interfészen küldött fizikai jelet és vissza
- Bázisállomás-vezérlő (BSC, Base Station Controller)
  - Kisebb kapacitású kapcsolóközpont (több BSS-t vezérel)
  - Irányítja a csatornafoglalást és a cellák közötti hívásátadást (handover)
  - Mikrohullámú vonal a BTS-ek felé

Összefoglalva: fő feladat a rádiós erőforrás menedzsment, valamint a kapcsoló funkció az NSS és a BSS között



## GSM hálózatok elemei III.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- Hálózati és kapcsoló alrendszer (NSS, Network and Switching Subsystem)
  - Kapcsolási feladatok, hívások felépítése
  - Illesztés egyéb hálózatokhoz (pl. PSTN)
    - GMSC (Gateway MSC) végzi
- Mobil Szolgálati Kapcsolóközpont (MSC, Mobile services Switching Centre)
  - Alapja egy ISDN központ
  - Kiegészítve a rádiós erőforrások és az előfizetői mobilitás kezeléséből származó funkciókkal (pl. helyzetregisztráció, handover stb.)
- Előfizetői és végberendezés-adatbázisok
- Rövid Üzenet Szolgálati Központ (SMSC)



# GSM hálózatok elemei IV.

- Látogató Előfizetői Helyzetregiszter (VLR, Visitor Location Register)
  - Nyilvántartja, hogy aktuálisan mely előfizetők tartózkodnak az MSC szolgáltatási területén
- Honos Helyzetregiszter (HLR, Home Location Register)
  - A szolgáltató itt tartják nyilván az előfizetőit és az előfizetésekre vonatkozó adatokat (előfizetői azonosítók, szolgáltatási jogosultságok, stb.)
  - A HLR azonosítja, hogy a felhasználó megkaphatja-e az adott táv- vagy hordozó szolgáltatást.
  - HLR-ben az előfizető helyéről információ
    - Melyik MSC/VLR-felé kell irányítani a hívást

# GSM hálózatok elemei IV.

- Előfizető Hitelesítő Központ (AuC, Authentication Center)
  - Előfizetőkhez tartozó azonosító kulcsok hitelesítéshez és titkosításhoz
  - 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.
  - 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 külön álló hálózati elem is lehet.
    - A HLR és AuC általában integráltan jelenik meg, HSS (Home Subscriber System) elnevezéssel későbbi szabványokban

# GSM hálózatok elemei IV.

- Készülék Azonosító Regiszter (EIR, Equipment Identification Register)
  - Készülékek főbb adatait, IMEI (International Mobile Equipment Identity) számait 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
    - a fekete lista azon mobil állomások IMEI számait tartalmazza, amelyeket le kell tiltani, vagy azért, mert ellopták őket vagy súlyos működési zavarok miatt.



## GSM hálózatok elemei IV.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- Üzemviteli és karbantartó alrendszer (OSS, Operation & maintenance SubSystem)
  - Hálózatfelügyelet, -irányítás
  - Szolgáltatás minőségének ellenőrzése
  - Összeköttetésben áll az MSC-vel, a teljes hálózat elérhető, megfigyelhető
  - Karbantartások, javítások szervezése, irányítása, felügyelete
  - Biztonsági felügyelet





# GSM rendszer rádiós interfésze I.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- Frekvenciatartomány
  - GSM900 elsődleges: 890-915 / 935-960 MHz
  - GSM900 kiterjesztett: 880-915 / 925-960 MHz
  - GSM1800: 1710-1785 / 1805-1880 MHz
  - GSM1900 (USA): 1850-1910 / 1930-1990 MHz
- Csatornaosztás
  - 200 kHz
- Többszörös csatornaosztási eljárás
  - Kombinált frekvencia és időosztás (FDMA/TDMA)
  - 8 időrés minden vivőfrekvencián
- Moduláció
  - GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying)



# GSM rendszer rádiós interfésze II.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- Maximális cellasugár
  - 35 km-ig kiküszöböli a terjedési késleltetést
- Maximális sebesség
  - 250 km/h-ig korrigálja a Doppler eltolódást
- Szaggatott adásmód
  - Akkumulátor kímélése
  - Mesterséges zaj előállítása a háttérzaj alapján
- Teljesítményszabályozás
  - A mobil és a bázisállomás szabályozását is a BSS végzi



# Digitális jelfeldolgozás

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- Beszédkódolás
  - LPC-LTP-RPE (Linear Predictive Coding - Long Term Prediction - Regular Pulse Excitation)
  - Analóg beszéd szegmentálás 20 ms-os részekre, 260 biten kódolva
- Csatornakódolás
  - Hibajavító kódolás, összesen 456 bit / 20 ms
- Összekeverés
  - Egy beszédmintához tartozó blokkokat összekeverik
  - Cél, hogy ne egy minta sérüljön visszaállíthatatlanul, hanem több minta kisebb mértékben
- Titkosítás
- Moduláció



# Beszédkódolás

Az első lépés a **beszédkódolás** (speech coding), melynél az analóg beszédjelet szegmentálják (darabolják) és a 20 milliszekundumos (0,02 másodperc) szegmenseket 13 kbit/másodperces digitális információfolyammá alakítják, egy szegmenseket 260 biten kódolnak. Mivel a rádiófrekvenciás spektrum elég korlátozott, speciális beszédkódolási algoritmust használnak, melynek neve LCP-LTP-RPE.

A második lépés a **csatornakódolás** (channel coding), melynek során az eredeti információhoz (tehát a digitalizált hanghoz) redundáns biteket adnak abból a célból, hogy a jeltovábbítás közben keletkezett hibák megtalálhatók és korrigálhatók legyenek.

A harmadik lépés egy kicsit bonyolult dolog, a neve **interleaving**. Ezzel a rádiócsatornák által okozott hibákat tudják kiküszöbölni oly módon, hogy a bitfolyamot (tehát a digitalizált beszédet) blokkokra bontják, majd a blokkok sorrendjét egy előre meghatározott szabályrendszer szerint felcserélik. Így a rádiócsatornában egymás mellett fellépő bithibák az interleaving visszaállítása után nagyjából egyenletesen fognak eloszlani a bitfolyamban, ezzel lehetőséget adva a jobb hibadetektálásra és javításra.



# Beszédkódolás

A negyedik és az ötödik lépés sorrendje változhat. Az egyik az ún. **burstformázás**, ahol a biteket burst-ökbe csoportosítják. A másik lépés a **titkosítás** (cipherring), mely a felhasználói adatokat hivatott védeni a rádió-interfészen. Ez úgy módosítja a bitfolyamot, hogy kizáró "vagy" műveletet hajt végre a normál burst információs bitjei és egy véletlen bitsorozat között, amit a TDMA-keretszámból és a Kc-ból származtatnak.

Az utolsó lépés a **moduláció**, mely az átalakított, titkosított bitfolyamot nagyfrekvenciás rádióhullám fázistolásává alakítja át. A GSM-ben ez az eljárás GMSK, melyben a fáziseltolást "simítják" a szükséges sáv szélesség csökkentése érdekében. Ennek káros hatása a szimbólumközi interferencia: az egyes adatbitek a bitidőnél hosszabb ideig hatnak a kimenő jelre.

A modulált jelet ezt követően rádióhullámok formájában kisugározzák, majd a vevő oldalon a műveleteket újra végrehajtják, fordított sorrendben, így lesz belőle ismét beszéd.



# Mobilhálózatok szolgáltatásai

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

GSM alapkoncepció: „beszéd+adat”

- Párbeszéd alapú szolgáltatások
  - Távbeszélő szolgáltatás
  - Videotelefon szolgáltatás
- Rövid szöveges üzenet (SMS, Short Message Service)
- Adatátviteli szolgáltatások
  - WAP
  - MMS (Multimedia Message Service)
  - Internet elérés



# GSM hálózatok elemei V.

- 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.

# GSM hálózatok elemei V.

- Rövid Üzenet Szolgálati Kapcsolóközpont, SMS Center
  - 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 és az csatornákat), ezért akkor is átvihetők, amikor a mobil állomás hívást bonyolít le.





# Adatátviteli technológiák I.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- 2 G hálózatok
  - CSD (Circuit Switched Data)
    - beszédcsatorna sebességével megegyező (9,6 kbit/s)
    - Később új kódolás bevezetésével 14,4 kbit/s
  - HSCSD (High-Speed Circuit Switched Data)
    - 4 időrést fog össze (57,6 kbit/s)
  - Időtartam szerinti tarifa



# Adatátviteli technológiák II.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- 2,5 G hálózatok
  - GPRS (General Packet Radio Service)
    - A GSM architektúra kibővítésével és új csatornakódolási eljárások bevezetésével kialakított szolgáltatás
    - Csomagkapcsolt adatátvitel
    - Több időrés összefogása is lehetséges (max. 8)
    - Elméleti maximum: 171,2 kbit/s, gyakorlatban 40,2 kbit/s felett nem használják
    - Adatmennyiség alapú tarifa
  - EDGE (EGPRS, ECSD)
    - Új modulációs (8-PSK) és kódolási eljárások
    - Max. 384 kbit/s (EGPRS), 28,8 kbit/s időrésenként (ECSD)
    - Csak lassan mozgó felhasználók esetén (max. 100 km/h)



# Adatátviteli technológiák III.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- 3 G hálózatok (UMTS)
  - Alapkiépítésben max. 384 kbit/s
  - Nagysebességű technológiák bevezetése (HSPA)
  - HSPA (High Speed Packet Access)
    - Letöltési sebesség (HSDPA) max. 14 Mbit/s
    - Feltöltési sebesség (HSUPA) max. 5,76 Mbit/s
  - HSPA+
    - 42,2 Mbit/s (feltöltés max. 11,5 Mbit/s)
  - Dual-Cell HSDPA
    - 84,4 Mbit/s (feltöltés max. 23 Mbit/s)



# Adatátviteli technológiák IV .

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- Adatátviteli sebességet befolyásoló tényezők
  - Bázisállomás konfigurációja, kapacitása
  - Rádiós környezet (interferencia, jel-zaj viszony)
  - Mobil eszközök száma az adott cellában
  - Mobil eszköz típusa
  - Mobil eszköz távolsága az adótoronytól, illetve a az eszköz fizikai sebessége (a sebesség növekedésével csökken az adatátviteli sebesség)



# Egyéb szolgáltatások

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- Hívószámjelzés
- Hívástartás / Hívásvárakoztatás
- Díjinformációs szolgáltatások
- Hívásátirányítás
- Bejövő hívás letiltása (hazai hálózatban vagy külföldön)
- Több résztvevős hívás

## Virtuális Magánhálózat (VPN)



# GSM-R

- Vonatbefolyásoló rendszerek egységesítésre
- 900 MHz-es GSM technológián alapul
- 500 km/h-ig garantált a kommunikáció
- A specifikációt 2000-ben véglegesítették az EU MORANE projektjének keretein belül
- Az ERTMS (European Rail Traffic Management System) része (a másik rész az ETCS)
- Egymáshoz és a pályához közel elhelyezett bázisállomások biztosítják a megfelelő redundanciát
- Szolgáltatások
  - Legfontosabb a jármű és irányító központ közötti kommunikáció az ETCS rendszer keretein belül (ETCS 2. és 3. szint)
  - Beszédátvitel
    - párbeszéd
    - csoporthívás
    - „broadcast” hívás
    - vész hívás



# 4G LTE hanghívás

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- Csak csomagkapcsolt adatátvitel (hanghívás is)
  - Voice over LTE
    - IP alapú beszédátvitel.
    - 3x több hanghívást tud kezelni, mint a 3G és 6x többet, mint a GSM.
    - Alapból 3,5 kHz sávszélesség, de támogatja a HD Voice (7 kHz) és Full-HD Voice (20Hz – 20kHz) átvitelt is.
- Együttműködés a 2G/3G hálózatokkal hanghívásokhoz
  - Circuit-switched fallback
  - Simultaneous voice and LTE



# 4G LTE adatátvitel

- Maximum 299.6 Mbit/s letöltés és 75.4 Mbit/s feltöltés, eszközkategóriától függően
  - User Equipment category 1-5
  - 10-15-ig már LTE Advanced (elméleti max. Cat. 15: 4 Gbit/s és 1,5 Gbit/s)
  - Idehaza max. Cat. 5, Európában már megjelentek a Cat. 7-es hálózatok
- Alacsony késleltetés
  - <5 ms
- Az összes ITU-R által engedélyezett frekvenciát tudja használni
- Frekvenciától függően 350 km/h vagy 550 km/h sebességig működik
- Cellaméret támogatása néhány 10 m-től 100 km-ig
  - Városi területeken magasabb frekvenciákat és <1 km méretű cellákat alkalmaznak
- Többféle cellán belüli spektrális sáv szélességet támogat
  - 1.4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz és 20 MHz
  - Max. 200 kliens egy 5 MHz-es cellában
- Adatkapcsolat során is együttműködik a régebbi hálózatokkal
  - Az adatkapcsolat észrevétlenül átadódik





# Közlekedési felhasználás

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

- GSM-R
- Flottamenedzsment
- Mobil fizetési lehetőségek
  - Parkolási díj
  - Útdíj
- Valós idejű információs szolgáltatás
  - Közlekedési információk navigációs célokra
    - Egyirányú (csak letöltés)
    - Kétirányú (a járművek feltöltik saját pozíció és sebesség adataikat is, pl.: <http://www.mytraffic.hu>)



Köszönöm a figyelmet

**Vége az előadásnak!**

