

10. gyakorlat: GSM hívásfogadás, SMS

P.10.1. Hívásfogadás GSM-készülékkel

Feladat: Nézzük végig, hogyan fogadunk a GSM készülékünkkel egy másik hálózathoz beérkező hívást!

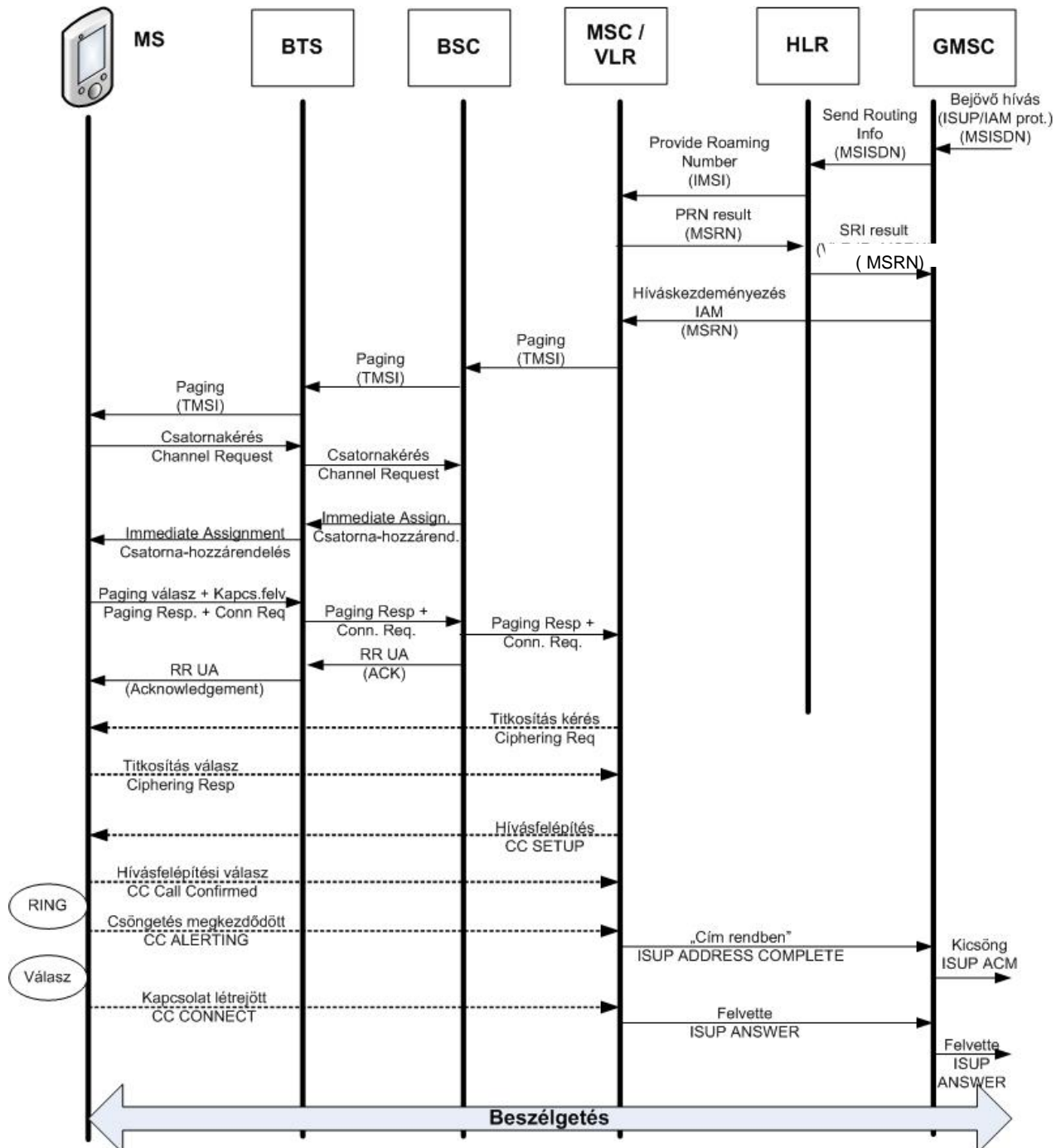
Rövid megoldás: Ha készülékünk kicsöng, nyomjuk meg a hívásfogadás (általában zöld) gombját!

Bővebb megoldás: Az, hogy egy másik hálózathoz érkezik a hívás, most egyszerűsítést jelent: úgy tekintjük, hogy a hálózatunkba érkező hívásról a határponti MSC (GMSC, Gateway Mobile Switching Center) értesül a központok közötti jelzésrendszer (SS7, Signaling System 7) hívásfelépítő üzenet segítségével.

A hívás felépülése a következő lépéseken keresztül valósul meg:

- 0) A híváskezdeményezés beérkezik a GMSC-be
- 1) A készüléket kiszolgáló MSC/VLR beazonosítása a HLR lekérdezésével
 - a. GMSC -> HLR lekérdezés: hivatkozás MSISDN-nel
(minden hálózatban logikailag egyetlen HLR (Home Location Register) van, ez tartalmazza az adott hálózat előfizetőinek a hálózat szempontjából fontos adatait)
 - b. HLR <-> MSC/VLR: időszakos, MSC/VLR-re „belső” roaming szám beszerzése
(Ennek semmi köze a külföldi barangoláshoz; ellenben mivel az MSC/VLR címe nem utazik direktben a PRN üzenetben, az MSRN alapján tudjuk a megfelelő MSC/VLR felé irányítani a hívást.)
(Az MSC és a VLR logikailag külön funkciók: az MSC kapcsolóközponti funkciót lát el, a VLR pedig az azon a geográfiai területen ebbe a hálózatba bejelentkezett előfizetők (tehát saját is, roamingoló is) mobilitását vezérli.)
 - c. HLR -> GMSC válasz: a cél MSC/VLR címének és a roaming számnak a megadása
- 2) A GMSC továbbítja a hívásfelépítési igényt a megcélzott MSC-be
- 3) Az MSC-nek meg kell keresnie a készüléket (paging folyamat): a BSC(k)-től kéri, kezdjék a keresést
- 4) A BSC(-k) megkéri(k) a BTS-eket, hogy indítsák a paging-et
(egy BSC (Base Station Controller) számos BTS-t (Base Station Transceiver) kezel, és vezérli a BTS-ek közötti átjárást is). Normál esetben egy BSC kérdez, és az is csak a Location Area-n (LA) belül.
- 5) A BTS-ek a külön erre a célra fenntartott „paging” rádiócsatornájukon kéri a készüléket (MS-t), hogy válaszoljon
- 6) Az MS a cellájához tartozó BTS-től megkapja a „paging”-et, az abban megadott időszakos azonosító (TMSI) alapján ismeri fel magát. Az MS a BTS-nek adott válaszában rögtön saját kommunikációs csatorna hozzárendelését kéri.
- 7) A BTS megkapja a csatorna-kérést
 - a. BTS -> BSC – a csatornát a BSC jelöli ki
 - b. BSC-> BTS – a BTS megkapja a kijelölt csatorna azonosítóját és
 - c. BTS-> MS – továbbadja az MS-nek

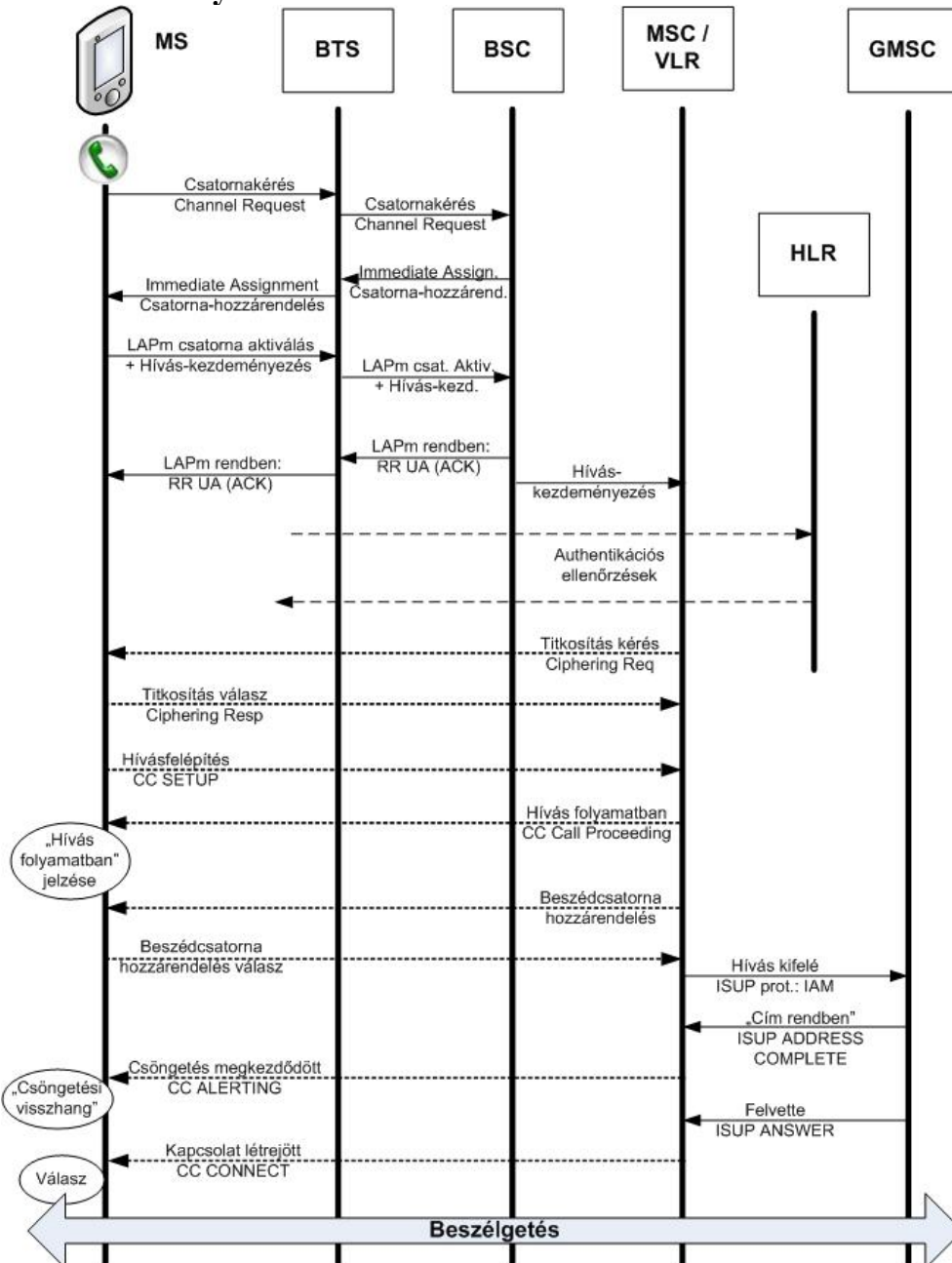
- 8) Az MS a kialakult BTS-BSC-MSC útvonalon keresztül jelzi az MSC/VLR-nek, hogy megvan, és várja az utasításokat; az MSC tulajdonképpen itt kap választ a „paging” kérésére.
- 9) Az MSC a BSC-BTS-MS útvonalon keresztül titkosítja a kommunikációt („ciphering”)
- 10) Az MS belegegyező válasza megérkezik az MSC/VLR-hez
- 11) Az MSC továbbítja a híváskezdeményezést az MS felé
- 12) Az MS visszaigazolja ezt és elkezd kicsöngeni
- 13) Az MSC a GMSC-n keresztül jelzi a hívó oldalnak, hogy megkezdődött a kicsöngetés



- 14) Ha a hívott felveszi a telefont (megnyomja a zöld gombot), a hívásfogadási üzenet az MS-től eljut az MSC-ig
- 15) Az MSC ezt is átfordítja központok közötti (SS7) üzenetté, és jelzi a hívó felé, hogy a hívott megválaszolta a hívást.
- 16) Megindul a beszélgetés

A fenti ábrán az MT (Mobile Terminated) hívásfolyamat diagramja látható. A pontozott vonalak mindössze egy-egy egyszerűsítést jeleznek az MS-BTS-BSC-MSC útvonalon, azaz az ábrán ezeken a helyeken a korábbiaktól eltérően nincs külön jelezve a berendezésenkénti dialógus.

P.10.2. Híváskezdeményezés GSM-hálózaton



„Az ábra magyarázata triviális.” ☺

P.10.3. SMS-küldés és fogadás

Feladat: Nézzük végig, hogyan jut el egy jókívánság esemes az Ausztriában síelő Westel (T-Mobile) előfizető készülékéről a Görögországban karácsonyozó “06-70”-es Pannon GSM (Telenor) előfizető készülékére!

Megoldás, magyarázattal:

Az SMS-ek útja alapvetően két szakaszra bontható: feladás (submit) és kézbesítés (deliver); nézzük őket ebben a sorrendben. (Megjegyzés: mindkét operator neve “T-vel kezdődik; rövidítsük őket régi neveikkel.)

A feladást természetesen példánkban a Westel (T-Mobile) előfizető kezdeményezi: üzenetének begépelése után a “Send” művelet kiválasztásával. Mivel ő most Ausztriában (szép magyar szóval élve) “rómingol”, ezért küldeménye az ottani BTS+BSC+MSC-ken keresztül jut Magyarországra, majd immár itthon a közvetítő MSC-ken (vagy más átviteli utakon) keresztül a honos szolgáltatójának SMS-eket kezelő központjába (röviden: SMSC-jébe). Az ideérkezéshez a készülékben (legalább egyszer) be kellett állítani az SMSC címét¹; a címzett hívószámát (meg persze a tartalmat) a küldő üzenetenként módosíthatja.

A második lépésben az SMSC ütemezetten próbálkozik a kézbesítéssel, azaz ha elsőre nem sikerül (mert például a címzett pillanatnyilag nem elérhető, vagy esemesládája betelt), akkor a siker eléréséig (vagy a validitás lejártáig) időnként újra és újra megpróbálja.

Egy kézbesítési kísérlet két allépésből áll:

- először az SMSC megkérdezi a HLR-t (“SendRoutingInfoForSM”), hogy melyik MSC-ben² van a címzett jelenleg regisztrálva, valamint hogy mi az ő IMSI-je. Az SMSC természetesen továbbra is a küldőé³ (SMSC_W), a HLR-re pedig a címzett hívószáma alapján tippel a rendszer - ami tipp itt a “06-70”-ből következően a VRAM (Vodafone) lesz. Ez a HLR_{VRAM} viszont a rendelkezésére álló adatbázisából (FNR) kideríti, hogy az előfizető elhordozta a hívószámát a PGSM-hez, és ezért továbbítja a kérdést a HLR_{PGSM}-nek. Jó esetben a HLR_{PGSM} megválaszolja az SMSC_W kérdését, azaz a “SendRoutingInfoForSM” válaszában (immár ő) visszaküldi a keresett MSC címét és a címzett előfizetőhöz tartozó IMSI-t (ami alapján ott ismerik); ezek után

¹ Ez olyan mint egy normál hívószám, a külföldről történő célzáshoz célszerűen nemzetközi formátumban; például: +36-31-9888111.

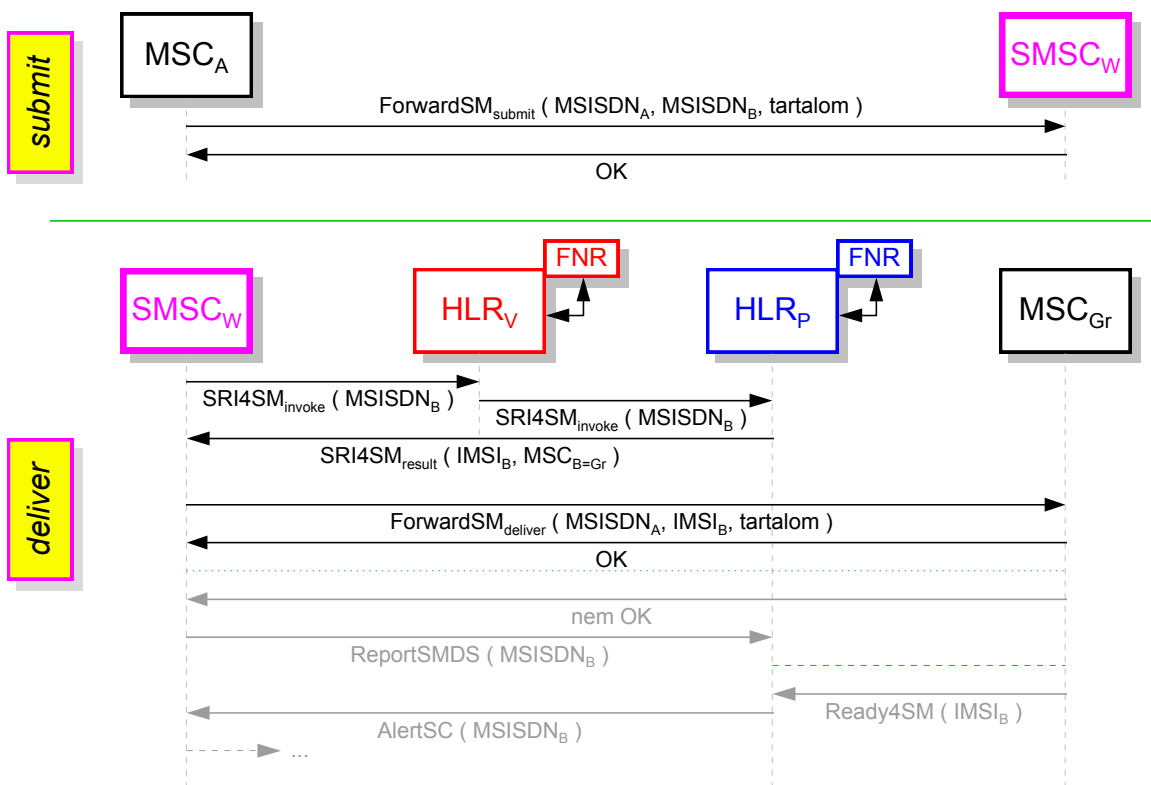
² Pontosabban melyik MSC-hez tartozó VLR-ben - de madártávlati nézőpontunk miatt a precízkedéstől itt alapvetően eltekintünk. A globális rálátáshoz (és ez végülis a GSM első betűjében is benne van!) fenti pontosság elegendő, az apróbb részletek ismertetésére rámenne a teljes gyakorlat ideje.

³ Régen más SMSC-ken keresztül is lehetett küldeni, de a prepaid koncepció bevezetésével ez megszűnt - érdemes végiggondolnunk, hogy miért!

- a második lépésben az $SMSC_W$ elküldi ("ForwardSM") az MSC-nek (ami most egyébként Hellas-ban van, tehát nyilván megint közvetítők segítségével), illetve az ő BSC-jén keresztül az ott tartózkodó előfizetőnek a neki szóló SMS-t.

Végül, ha minden sikeres volt, akkor a pozitív visszajelentésekkel itt le is zárul a küldés folyamata.

Ha viszont a kézbesítés valamiért nem járt sikerrel, akkor egyrészt az $SMSC_W$ is lelkesen ismételgetheti a próbálkozásait időnként, másrészt megkérheti ("ReportSMDeliveryStatus") a HLR_{PGSM} -et, hogy jelölje be az előfizetőjéhez, hogy önála ($SMSC_W$) van számára várakozó üzenet, és amikor az előfizető majd újra elérhetővé válik (vagy beteltség esetén töröl), akkor a HLR_{PGSM} e jelölést észrevéve üzenetet ("AlertServiceCentre") küld a $SMSC_W$ -nek, hogy most érdemes újra próbálkozni.



Felmerülhet még az a kérdés is, hogy hogyan jut vissza a küldőhöz a "Delivery report". Erre a válasz - első közelítésben - egyszerű: az $SMSC$, ha az eredeti feladó a feladáskor megkérte, a sikeres kézbesítést követően a már megismert módon visszaküld a feladónak egy speciális tartalmú esemest (postások szakszavával élve: a térivevényt), amiben visszaigazolja a kézbesítést - de ennek megérkezése persze nem jelenti azt, hogy a címzett el is olvasta (vagy hogy meg is értette...) rövid üzenetünk tartalmát.

P.10.4. Késleltetés a GSM rendszerben

Feladat:

A 30 Celsius fokos kánikulában a Balaton közepén álló vitorlásunkból a 200 méterre lévő sógorral kommunikálunk, aki épp a csónakjában horgászik. GSM mobiltelefonon beszélünk ugyanannál a szolgáltatónál, és azt figyeljük meg, hogy ekkora távolságból a levegőben terjedő hangját is halljuk. Mégis, melyik irányból halljuk meg előbb, hogy „ne zavarj horgászás közben”: ami a mobiltelefonon át érkezik, vagy ami a nyílt, alapsávi terjedéssel?

Megoldás, magyarázattal:

Az egyszerűbb oldal: a hang 200 m-re, 350 m/s sebességgel 0.57 s alatt terjed. Ha a példa lékhorgászról és álló korcsolyázóról szólna, akkor számolhatnánk 325 m/s-os hangsebességgel, pl. - 10 Celsius fokon. A hang terjedési sebessége ennyire hőmérsékletfüggő.

A GSM-es kommunikációnál is vannak javasolt határértékek. Ökölszabályként azt mondjuk, hogy az interaktív beszélgetés 150 ms-os késleltetésnél még kényelmes, 250 ms felett pedig már nagyon kényelmetlen, mondhatni szétesik fél-duplex beszélgetéssé, amikor a felek inkább megvárják, hogy a másik befejezze, és csak aztán kezdenek beszélni. A GSM 03.50 ajánlás 180 ms-os határértéket fogalmaz meg. Az ITU-T G.114 ajánlása alapján a mobilos kommunikáció egyirányú késleltetésére (Annex A, Table A.1) bár célként tűzi ki a 40 ms-ot, megengedő módon 80-110 ms-ot ír.

A feladat rövid megoldásaként tehát mondhatjuk, hogy a GSM-es kommunikációnk a Balatonon (esélyes, hogy ugyanazt a cellát, valószínűleg ugyanazt a BSC-t, biztosan ugyanazt az MSC-t használva) 150 ms-on bőven belül van a kapcsolat késleltetése. Ez azt jelenti, hogy már 200 méteres távolságban is hamarabb halljuk a telefonban a hangot (max 150 ms késleltetés), mint a szabadtéri terjedéssel (570 ms).

Hosszabb megoldás GSM-re:

A GSM-es kommunikációnál a beszélgetés közbeni késleltetéssel kapcsolatban a következőket érdemes figyelembe venni:

A kodekek – a Full Rate, a Half Rate és az Adaptive Multirate (AMR) is) 8kHz-es mintavételezéssel és 13 bites beszédmintákkal dolgoznak, ebből hoznak létre 20 ms-onként egy-egy 160 mintányit tartalmazó keretet ($160 / 8\text{kHz} = 20\text{ ms}$). Tehát összevárunk 20 ms-nyi adatot, és azon tovább dolgoznak.

A packetizing delay: ami alatt a kodekek elvégzik a tömörítési, hibavédő kódolási és csomagolási feladatot erre a mintasorozatra: 5-20 ms. Összesen tehát 25-40 ms késleltetéssel számolhatunk eddig.

A GSM keretezés és csatornakiosztás miatti késleltetés rossz esetben akár (8 TDMA-keret + 1 időrés) 37.5 ms is lehet.

A rádiós csatornában a terjedési sebesség nagyságrendileg $3 \cdot 10^8$ m/s. Ha azzal számolunk, hogy a GSM antennák a Balaton körül viszonylag sűrűn vannak elhelyezve, nem tévedünk nagyot, ha a „worst case”-t 10 km-nyire vesszük. Ekkor is csak $33 \mu\text{s}$, azaz 0.033 ms; esetünkben ez elhanyagolható. Az GSM maghálózati elemeken történő terjedés (pl. az MSC kapcsolási késleltetése) is néhány ms csak – számoljunk 5 ms-al.

A legrosszabb eset tehát „uplink” és „downlink” is külön-külön $40 + 37.5 = 77.5$ ms körül van.

Végponttól végpontig tehát legrosszabb esetben is $77.5 \text{ ms} + 77.5 \text{ ms} + 5 \text{ ms} = 160 \text{ ms}$.

Ez valóban worst case, hiszen lassú kodekkel, és a lehető legrosszabb keret-időzítéssel számoltunk.

P.10.5. SMS kódolási sémák

Feladat:

Mennyit kell fizetni ezért az SMS-ért:

“Teszteljük, hogy az árvízűtűró tükörfűrógép és the quick brown fox jumps over the lazy dog mennyi € értékben küldhető át SMS-ben.”

Megoldás, magyarázattal:

Ez a szöveg az idézőjelek nélkül 128 karakter.

A GSM 03.40 (vagy 3GPP TS 23.040) ajánlás alapvetően háromféle kódolást támogat az SMS tartalomhoz:

- “GSM-7-bit”, 127 előre definiált karakterrel, vagy
- UCS-2 (2-byte Universal Character Set), vagy
- 8 bites adat.

Más kódformátumok is vannak, valamint lehet nemzeti nyelvi eltolási táblákat (saját kódolásokat) is használni; ezek a részletezése túlmutat a tantárgy keretein.

Az ajánlás 160 db 7-biten kódolt (GSM-7-bit), vagy 70 db 16 biten kódolt (UCS-2) karakter átvitelét engedélyezi egy üzenetben. Ez mindkettő 1120 bit.

A mobiltelefonokon általában ki lehet választani a kódolást; típusonként más-más módon érhető el ez a lehetőség. Gyakori az is, hogy ha egy készüléken akár csak 1 karaktert is nem a GSM-7 kódtáblát figyelembe véve írunk, akkor az egész üzenet UCS-2 szerint kódolódik. Az üzenetek írása közben a készülék ki is jelzi, hogy hány darab SMS-ként less elküldve az üzenet; és ilyen, a GSM-7-be nem tartozó karakterek használata esetén tipikusan azt vesszük észre, hogy drasztikusan leesik a beírható karakterszám, vagy épp máris több SMS-re tördelődik az üzenet. Más készülékek bár megengedik, hogy a GSM-7 kódtáblán kívüli (UCS-2-ben meglévő) karaktereket írjunk, de a háttérbeállítás miatt ezeket átkódolja valamilyen, a karakterhez közeli “értelmű” GSM-7-ben is meglévő karakterre, és így küldi el az SMS-t.

A kérdésre a válasz tehát: attól függ. (Milyen készülékünk van? Milyen szolgáltatónál vagyunk? Roaming-olunk? Európán kívül roaming-olunk? ..és így tovább ☺)

P.10.6. GSM hívásátadás (handover) és helyzetinformáció-frissítés (location update)

A GSM architektúrára ránézve is látható, hogy a felhasználó bolyongása során ha „kilép a cellájából”, különféle folyamatoknak kell lejátsszódnia attól függően, hogy milyen felségterületek határát lépi át. Handover-ről akkor beszélünk, ha folyamatban lévő hívás közben van szükség cellaváltásra. Az okok különfélék lehetnek: uplink vagy downlink jelerősség esetleg downlink QoS (Quality-of-Service, szolgáltatás-minőség) nem megfelelő (pl. nagy a hívás-eldobás vagy blokkolás valószínűsége), alacsony akkumulátor-töltöttség, stb. Ha van a közelben jobb mért jelerősséggel (és/vagy „QoS”-sel) rendelkező cella, akkor megkezdődik a hívásátadás folyamata.

A következők történhetnek (Cellákat, BTS-eket, BSCk-eket, MSCk-eket megjelenítő ábrán szemléltetve):

- Intra-BTS handover – ugyanazon BTS más cellájába. Ezt a folyamatot is a BSC vezérli.
- Intra-BSC handover – a szomszédos cellák más-más BTS-hez tartoznak, de ugyanazon BSC felségterületén. Ezt a folyamatot is képes ugyanaz a BSC levezényelni. Több BTS területét együttesen „Location Area”-nak is hívják; egy BSC több ilyen „Location Area”-t is kezelhet.

Két jellemző azonosító itt a CI (Cell Identifier), és a LAC (Location Area Code).

Az LA-váltásról utólag a HLR is értesül.

- Intra-MS handover – a szomszédos cellák nemhogy külön BTS-hez tartoznak, de épp más-más BSC-hez is. Ez esetben (bár a jelerősség-mérések továbbra is a BTS és MS között zajlanak, és ezt továbbra is a BSC értékeli ki) az MSC vezérli a hívásátadás folyamatát. Neki nem csak tisztában kell lennie, hogy az előfizető hívás közben BSC-t váltott – de a fogadó BSC erőforrásait ismerve engedélyeznie is kell a váltást.

A fenti típusú „cellaváltások” során mindig ugyanazon MSC/VLR területén maradtunk, és tulajdonképpen csak a rádiós hálózat csatornái (vivők és időrések) változtak az átadáskor a CI (és a LAC) mellett.

- Inter-MS handover – hazai viszonyok közepette könnyen előfordulhat, hogy a budai alsórakparton haladva, telefonbeszélgetés közben Inter-MS handover-ben lesz részünk. A Batthyány-tér környékén a budai antennák nem „látanak le” az alsó rakpartra, így átkerülünk valamelyik pesti BTS cellájába; ez pedig más MSC-hez tartozik, mint a budai párja. Mivel itt egyik MSC-ről átadjuk a másik MSC-re a hívást, a hozzárendelt lokális azonosítók is megváltoznak. Itt a hívásfelépítéskor használt „ISUP” protokoll üzeneteit is segítségül hívjuk. A két MSC tehát közösen beszélgetve vezényli le a handover-t.

Ha nem hívás közben vagyunk, akkor a rendszer nem követi folyamatosan az MS helyzetét. Vannak ún. periodikus location update procedúrák, amelyek (operátortól függő beállítási gyakorisággal) tipikusan 15-120 perc közötti periodicitással lezajlanak azért, hogy az MS helyzetinformációja (LAC) frissüljön a HLR-ben.

Hívás közbeni operátor-váltásra jelenleg nincs lehetőség. Ha tehát a határon vagyunk és az erősebb jelű cella egy másik operátoré, akkor inkább nincs cellaváltás (és ha a kritikus alá csökken a jelszint, akkor a hívás eldobásra kerül).

Egy másik operátor hálózatához történő csatlakozáskor (roaming) a cellát kiszolgáló BTS-t vezérlő BSC-hez tartozó MSC/VLR kéri az otthoni HLR-t, hogy engedje fel az előfizetőt az ő területére. Ez azonban már egy másik történet...