

VIZSGA kérdések a Mobil és vezeték nélküli hálózatok c. Tárgyhoz (BMEVIHIMA07)

1. Ismertesse a kapcsolatminőség (QoS) paramétereit (késleltetés, jitter, csomagvesztes, throughput, rendelkezésre állás, tapasztalt minőség), írja le a videóátvitel legfőbb jellemzőit, valamint különféle videóátviteli szolgáltatások minőségi követelményeit!

a szolgáltatás minősége (QoS): csomagvesztési arány, rossz csomagsorrend, duplikált csomag, átlagos késleltetés, 90%-os késleltetés, késleltetés-ingadozás, stb.

Adatvesztés

- Tipikus: tolerálható IP csomaghiba-valószínűség: 0.01
- Csomaghiba: csatornahiba miatt elvesztett csomag; torlódás miatt elvesztett csomag; timeout miatt eldobott csomag; hibás, nem visszaállítható csomag; rosszul visszaállított csomag; sorrenden kívül érkező/rossz sorszámú csomag; duplikált csomag; stb.

Késleltetés

- Videotelefon: 300 ms már zavaró az emberi kommunikációban, tipikus ~100 ms (egyirányú)
- Valós idejű vezérlés videó alapján: néhány x 10 ms
- Online játék: ~ 100 ms
- Streaming video: több sec is lehet
- A késleltetés összetevői:
- Video betömörítés: -> pl. VLC full HD videó szoftveres tömörítési késleltetés 10 sec -> professzionális videorendszerekben ezért van célhardveres támogatás;
- Értelmszerűen előre felvett, vagy számítógéppel generált tartalmaknál nem értelmezzük
- Hálózati késleltetés -> ezt tárgyaljuk a tárgyban
- Lejátszóban bufferelés -> az alkalmazástól függ a megengedhető buffer méret, hiszen ennyi késleltetés hozzáadódhat a többihez; a bufferméretet ezért gyakran idő mértékegységben tárgyalják -> átviteli sebességtől függő adatmennyiség
- Nem élő streamingnél a bufferméretet, mint késleltetést befolyásoló tényezőt nem értelmezzük -> adott buffertelítettség után indul a lejátszás
- Jellemző mértékek:
- Egyirányú késleltetés; kétirányú késleltetés (round trip time); átlagos késleltetés; X%os késleltetés; stb.

Késleltetés-ingadozás (jitter)

- Korlátja: a lejátszó buffer ne ürüljön ki, megengedett mértéke a buffer mérettől függ
- Videotelefon: tipikus ~50 ms
- Valós idejű vezérlés videó alapján: ~5-10 ms
- Online játék: ~ ~10-20 ms
- Streaming video: több sec is lehet
- Többféle értelmezését használják, pl.
 - Késleltetés szórása
 - Késleltetés szórásnégyzete
 - Mért késleltetési értékek különbségei abszolút értékeinek maximuma
 - Mért átlagos késleltetés és maximális késleltetés érték különbsége

2. Hívásátadás típusai, ping-pong hatás, vertikális hívásátadás, hívásátadás az LTE-ben.

Hívásátadás típusai:

- Kemény/hard („breakbeforemake”): rövid szakadás a kapcsolatban; előfordulhat, hogy elvesznek csomagok „onthefly”; ha a BS-ek különböző frekvencián üzemelnek és a készülék csak egyen tud forgalmazni; pl. GSM
- Puha/soft („makebeforebreak”): rövid ideig több BS-hez is csatlakozik; párhuzamos kapcsolat; ha a BS-ek ua. frekvencián működnek; pl. UMTS
- Veszteséges vagy veszteségmentes
- Bázisállomások száma szerint
- Kezdeményező fél szerint:
 - Mobil terminál vagy hálózat indítja
 - Az általános megoldás a kereskedelmi hálózatokban: hálózat által kezdeményezett, készülék által asszisztált hívásátadás
- Horizontális:
 - Ugyanazon rendszer két cellája között
- Vertikális:
 - Két különböző rendszer cellái között
 - Pl. UMTS-WLAN, LTE-HSPA
- Magasabb szintű mobilitás: mobil IP

Ping-pong effektus:

- Cellák közötti gyors és szükségtelen oda-vissza váltás
- Nagy overhead-et okozhat, csökkenti a QoS-t

Vertikális hívásátadás:

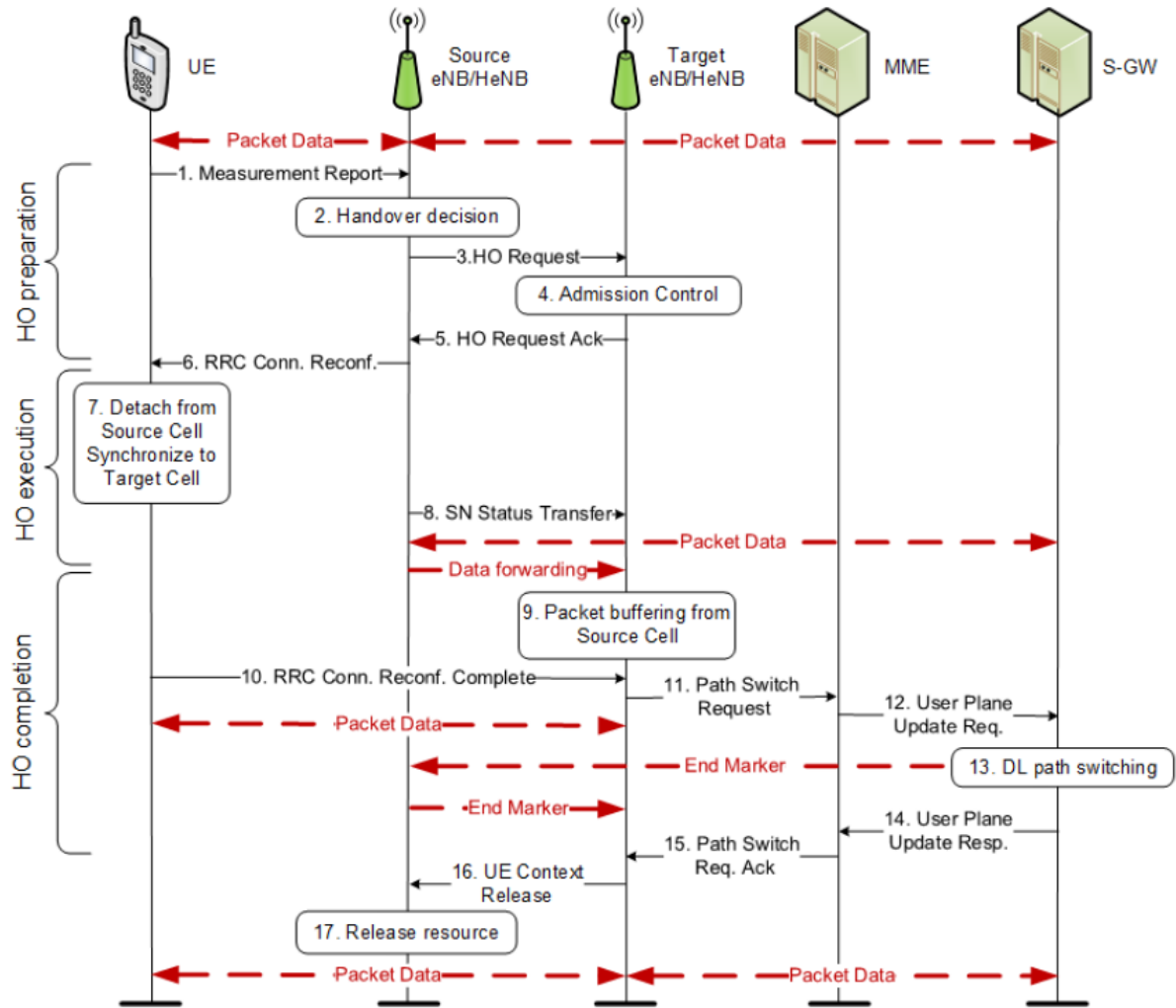
Szükséges:

- Rossz jelerősség
- Költség (fizetős → ingyen)
- Teljesítmény, pl. nagy sávzélesség, alacsonyabb késleltetés kell
- Energiafogyasztás: akkumulátor kímélés miatt

Kihívások:

- Több módú készülékek: GSM/3G/LTE/Wifi
- Energiafogyasztás
- QoS, elérhető kapacitás
- Biztonság
- Session folytonosság
- Üzleti modell: legyen eladható

Hívásátadás az LTE-ben:



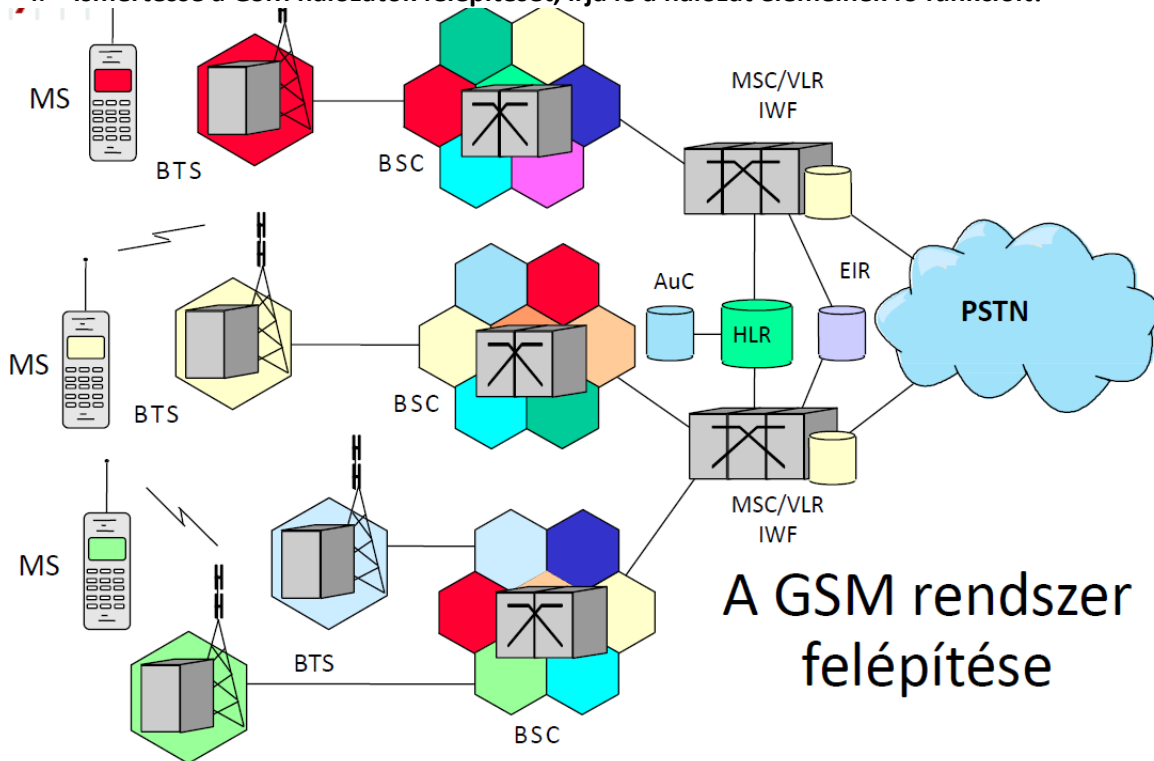
3. A mobil hálózatokra jellemző kihívások és problémák, cellás mobil hálózatok felépítése, cellás elv.

- 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
- Helyzetfrissítés:
 - A hálózat ún. Location area-kra osztva. Location area: cellák egy --tipikusan, de nem kötelezően –összefüggő csoportja.
 - Ennek azonosítóját a hálózat mindenkinek szóló jelzéscsatornán 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 jelzéscsatornán, 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
- Hasonló koncepció: ún. Routing area, a location area-nak felel meg

Általános cellás mobilhálózat elemei:

- mobil terminál
- bázisállomás (BS): mobil terminálok ezzel kommunikálnak közvetlenül
- cella: a BS egy adó-vevője által lefedett terület (lefedett: a terminál képes a BS jelét venni, a BS képes a terminál jelét venni)
- kapcsolóközpont, vagy csomagtovábbító központ, többféle is lehet, hierarchikusan
- átjárók: a mobil hálózat kapcsolódási pontja külső hálózatok felé

4. Ismertesse a GSM hálózatok felépítését, írja le a hálózat elemeinek fő funkcióit!



A GSM rendszer felépítése

Bázisállomás (BTS)

- a digitális beszédcsatornából előállítják a rádiós interfészen küldött fizikai jelet és vissza

Bázisállomás vezérlő (BSC)

- a rádiós erőforrás menedzsment, valamint a kapcsoló funkció az NSS és a BSS között

Mobil Kapcsolóközpont (MSC)

- alapvető kapcsolás és irányítási funkciókért felel az NSS-en belül, NSS-ben lehet több MSC is, beszédflowokat irányítja, egyéb szolgáltatásokat is támogat, amik szükségesek a GSM hálózatban (ettől eltekintve nem sokban különbözik egy hagyományos telefonközponttól)
- Az MSC egyben átlépő központ is az olyan hálózatokkal való kommunikáció vonatkozásában, amelyek adaptálást igényelnek. Ezt az együttműködési funkciók (IWF-ek) végzik.

Előfizetői Azonosító Központ (AuC)

- az előfizetők azonosítására szolgáló biztonsági adatokat tárolja, minden regisztráláskor bejelentkezünk rá, minden szolgáltatónak egy van!

Készülék Azonosító Regisztert (EIR)

- Ez egy adatbázis, amely a mobil készülékek főbb adatait tárolja. Az EIR három különböző listán tárolja az IMEI-eket (fekete, szürke, fehér).

Honos Előfizetői Helyregiszter (HLR)

- A HLR egy olyan adatbázis, amely az előfizető helyére és a számára nyújtható távközlési szolgáltatásokra vonatkozó információt tartalmaz.

Látogató Előfizetői Helyregiszter (VLR)

- A VLR-ek általában egy MSC-hez kapcsolódnak. Feladatuk, az MSC szolgáltatási területén tartózkodó előfizetők adatainak átmeneti tárolása, valamint az előfizető helyének a HLR-nél pontosabb ismerete.

5. Ismertesse a GSM rádiós interfész jellemzőit!

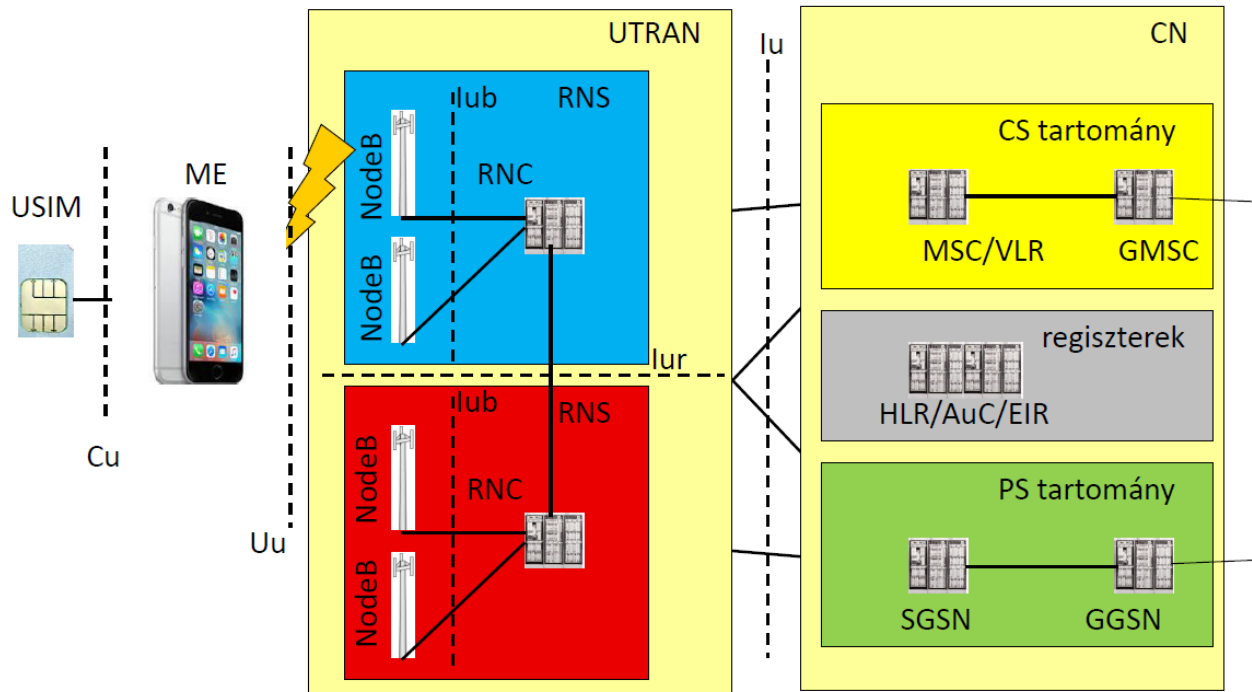
GSM interfészek:

- Um rádió interfész (MS–BTS)
- Abis interfész (BTS–BSC)
- A interfész (BSC–MSC)

GSM működése:

- Frekvenciaosztás: 200 kHz széles sávok
 - Frekvencia duplexitás: letöltési (bázisállomás->mobil) és fel feltöltési (mobil->bázisállomás) kommunikáció két külön frekvenciasávban
- Időosztás: 8 időrészből álló keretek (egy 200 kHz széles vivőn)
- Időrésben: a fizikai bört szállítás az információt
 - Időrés tartalma: beszédkapcsolat (1 időrés per keret per kapcsolat)
 - Kontroll csatornák információja
- Adatátvitel: max14.4 kbps egy időréssel
- Két állapotú frekvenciamoduláció (1 bit/csatornaszimbólum átvitel): GMSK (gaussian Minimum Shift Keying)

6. Ismertesse a 3G hálózatok felépítését, írja le a hálózat elemeinek fő funkcióit!



SGSN: (Serving GPRS Support Node)

- a csomagkapcsolt kommunikáció „központja”
- mobilitás menedzselés: a mobilokhelyzetének követése
- titkosítás, adat tömörítés (opcionális): a GSM-mel ellentétben a gyökérhálózatban
- cellaváltás: aktív állapotú mobiloknál általános, függetlenül attól, hogy van-e aktuálisan adatforgalom

GGSN:

- átjáró a külső adathálózatok (IP, X.25) felé
- csomagformátum konverzió, címkonverzió a mobil és a külső hálózat között

UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network

- feladata: rádiós hozzáférés biztosítása a maghálózat (CN) és az felhasználói készülék (UE) között

Node B (megfelel a GSM BTS-nek, de újak kelleneek)

- más moduláció, más közeghozzáférés, más frekvenciasávok és sűrűbben kell elhelyezni
- feladatai: OSI fizikai réteg a rádiós interfészen

RNC: Radio Network Controller, rádióhálózat vezérlő

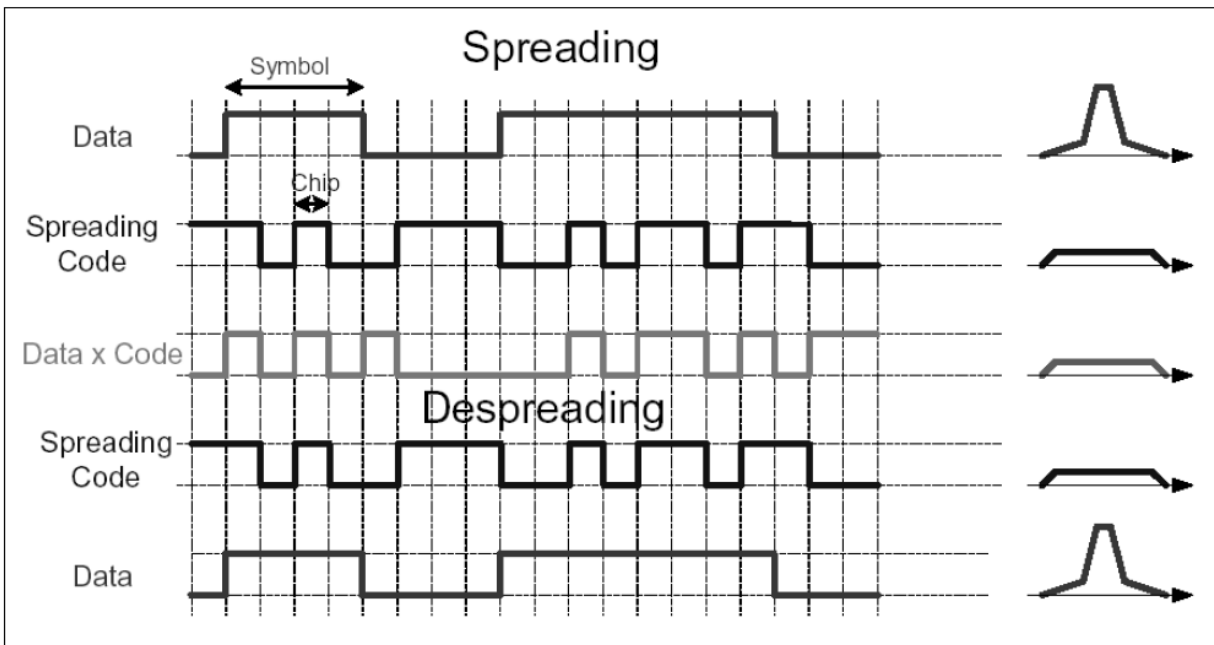
- új elem, funkciója hasonló a GSM BSC-éhez
- egy RNC a NodeB-kegy csoportját vezérli
- adatok továbbítása a bázisállomásokhoz (kapcsoló funkció)

A többi marad: UE (ME), MSC, VLR, HLR, AuC, EIR.

7. Mi a kódosztásos többszörös hozzáférés elve, hol alkalmazzák?

WCDMA: WidebandCodeDivisionMultipleAccess

- 5 MHz széles frekvenciasávok használata
- Minden felhasználó ugyanazt a frekvencia sávot használja ugyanazon időben
- Kódosztásos hozzáférés: A felhasználók adatait egymásra ortogonális kódokkal választjuk szét:
- egy bit (szimbólum) helyett azonos idő alatt egy kódsorozatátvittele
- A csatornán a felhasználói biteket reprezentáló kódsorozatok összege
- azonos frekvenciasávot egy időben használnak a felhasználók
- bitek helyett kódsorozatot visz át egy felhasználó
- ezek egy átvitelhez egyediek, sok ilyen összegéből mindegyik különválasztható a vevő oldalon
- a vevő oldalon: a teljes jelet a saját kóddal korreláltatja
- chipenként szorozza a vett jelet a kóddal és integrálja
- az integrátor kimenete ha eléri egy küszöböt, döntés az átvitt bitről
- ezt azért lehet megtenni, mert a különböző kódok ortogonálisak
- két kód közti korreláció nulla
- gyakorlatban használatos más kódok: nem teljesen ortogonálisak: a gyakorlatban interferenciát jelent. „Lágy korlát” a felhasználók maximális számára



3G kommunikációban alkalmazzák.

8. UMTS rádiós interfész jellemzői, elérhető sebességek.

NodeB

- Uu fizikai biztosítása, Iub kommunikáció

RNC

- Iu(PS és CS): ennek segítségével csatlakozik a gyökerhálózathoz
- Iur: két RNC között
- Iub: BS és RNC között

UMTS jellemzők:

- Teljesen új rádiós interfész, új módszer: kódosztásos többszörös hozzáférés (WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access)
 - A maghálózat marad a GPRS-é
 - A bázisállomások és rádióhálózat vezérlők hálózat az új
- UMTS-ben maximum 512 hosszú (29) Walsh-Hadamard kód
- Kódképzés: 2nhosszúságú kódok vannak
- Hadamard mátrix:

$$\mathbf{H}_0 = 1 \qquad \mathbf{H}_1 = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -1 & -1 \end{pmatrix} \qquad \mathbf{H}_n = \begin{pmatrix} \mathbf{H}_{n-1} & -\mathbf{H}_{n-1} \\ -\mathbf{H}_{n-1} & -\mathbf{H}_{n-1} \end{pmatrix}$$

- amilyen hosszú a kód, csak annyi db ortogonáliskódszó -> ennyi kapcsolat max. adott kódhosszal
- Probléma:
 - a rövidebb kódokkal gyorsabb átvitel érhető el, de ezekből kevés ortogonális van.
 - A kódok az önmaguk elcsúsztatottjával nem ortogonálisak. UL-ennem használhatók a késleltetés különbségek miatt.
- DL irányban: minden kapcsolat szinkronban megy, itt használják többszörös hozzáférésre
- UL irányban: vezérlős forgalmicsatornák szétválasztása egy felhasználónál, egy felhasználóhoz több fizikai csatorna rendelése

- Kódosztás: fix 3,84 Mcps (megachip per secundum) csatornasebesség
 - A user átviteléhez használt kódszó hosszából következik az adatsebesség
- Kódszóhossz: min 4, max512
 - Sebesség: 3.84/kódhossz*2 Mbps(a végén a 2-es szorzó: QPSK moduláció van, így minden szimbólum két egység információt hordoz)
- Sebességek: 3.84/4*2=1.92 Mbps, 3.84/8*2= 0.96 Mbps... 3.84/512*2=15 kbps
- Ezek a sebességek: a fizikai réteg legalsó szintjén bruttó jelzési sebességek
- Tartalmaz: redundanciát a hibavédő kódolás miatt, kontroll csatornákat,

- Valós sebességek (UMTS hordozószolgáltatások (bearer) sebességei)
 - 384 kbps IP szinten (megvalósítás: 8 hosszú kóddal, 960 kbps bruttó fizikai sebesség)
 - 144/128 kbps(megvalósítás: 16 hosszú kóddal, 480 kbps bruttó fizikai sebesség)
 - 64 kbps(megvalósítás: 32 hosszú kóddal, 240 kbps bruttó fizikai sebesség)

- Adatátvitel: a rendszer ütemezője a kapcsolat igényeinek megfelelően 384/144/64 kbps bearerekre teszi az átvitelt, ez időben változhat
- Rádiós átvitel: dedikált csatornák a user átvitelhez (kódok)
- 10 ms keretek, 15 időrészből állnak

9. Mutassa be a HSDPA/HSUPA technológiák jellemzőit.

HSDPA:

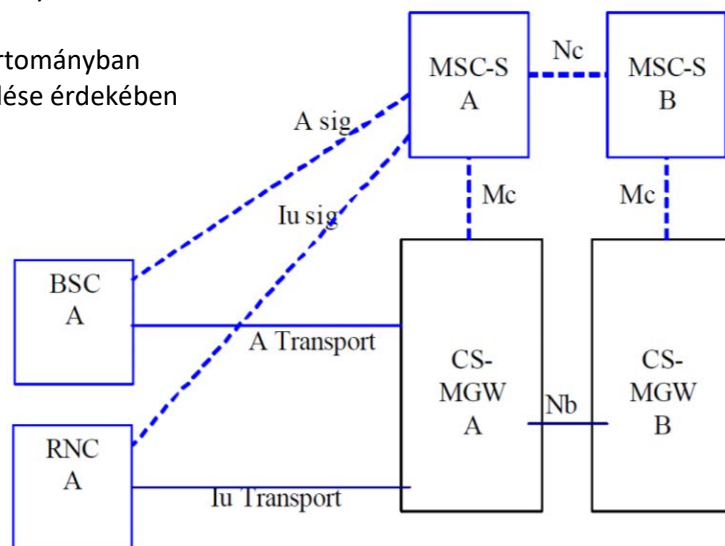
- cél: nagy adatsebesség, alacsonyabb késleltetés
- nagy sebesség: fizikai csatornák (kódok) összevonása egy csatornává
- fix, 16 hosszú kódok (QPSK-val 480 kbps per kód) használata, ebből max15 db lesz a HSDPA csatorna
- Újdonság:
 - 16 QAM használata jó csatorna esetén (4 bit per szimbólum)
 - 2 ms hosszú keret (3 UMTS időrés)
- elvi max sebesség tehát: $15 \times 480 \times 2 = 14400$ kbps a fizikai réteg legalján jó csatorna esetén, valójában maximum kb. 12,8 Mbps (ebből még lejönnek a felsőbb rétegek fejlécei)
- osztott csatorna (<--> UMTS dedikált csatorna): a HSDPA csatornát minden HS előfizető látja és használja, ütemezéssel megosztva az előfizetők között -> külön kontroll csatornán mondja meg a rendszer, hogy mikor kié az osztott csatorna
- Kód multiplexálás lehetősége: egy keretben több előfizető is kaphat csomagot egyszerre, különböző kódokkal elválasztva ütemezés (erőforrás menedzsment) a NodeB feladata (UMTS-ben az RNC csinálja)
- először a közcélú hálózatokban intelligencia a bázisállomásban
- link adaptáció: a készülék folyamatosan méri a pilot csatornán a csatorna minőségét -> egy CQI (Channel Quality Indicator) 0...30 értéket riportol
- alap HSDPA esetén 12 féle készülék osztály: a készülék képességei szerint (tud-e 16 QAM-et, hány összevont kódot képes venni, hány keretként képes venni)
- a riportolt CQI és a készülék osztály egyértelműen meghatározza, hogy milyen transzport formátumban adjon a bázisállomás (moduláció, kódolás, összevont kódok száma hasznos bitek száma)
- olyan CQI-t kell riportolnia, amivel a kerethiba valószínűség max 0.1
- ha mégis elvész a keret, akkor gyors Hibrid újraküldés (HARQ) a NodeB-ből (<--> UMTS újraküldés az RNC és mobil között)
- maradék erőforrás használat: a Release99 forgalom által szabadon hagyott kódokat és teljesítményt használhatja, ennek mennyiségét az RNC jelzi
- a gyakorlat: UMTS forgalom alig-alig van, a teljes erőforrás HSDPA

HSUPA (High Speed Uplink Packet Access):

- marad a dedikált kapcsolat és a teljesítményszabályozás
- kódok összevonása: 2xSF4 (2x960 kbps) és 2xSF2 (2x1920 kbps) kóddal fizikai réteg legalján elvi max 5760 kbps sebesség
- 5 ms vagy 2 ms keretformátum
- HARQ és ütemezés a NodeB-ben
- készülék kategóriák képességek szerint

10. Vivőfüggetlen maghálózat, felépítése, elemei.

- Vivő független maghálózat:
 - (rádiós vivő (bearer): a Layer 2 nyújtotta átvitel a magasabb rétegek felé)
 - Bearer Independent Core Network
 - Bearer Independent CS architecture
- 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
- Architektúra változik



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

- (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, payload feldolgozás

Külső interfészek változatlanok (amennyire lehetséges)

- Az új elemek közötti új interfészek:

○ Mc:

- (G)MSC server és CS-MGW között
- Támogatja a hívás vezérlő és hordozó vezérlő, valamint a transzport entitások szétválasztását
- H.248/IETF Megaco protokollt használja

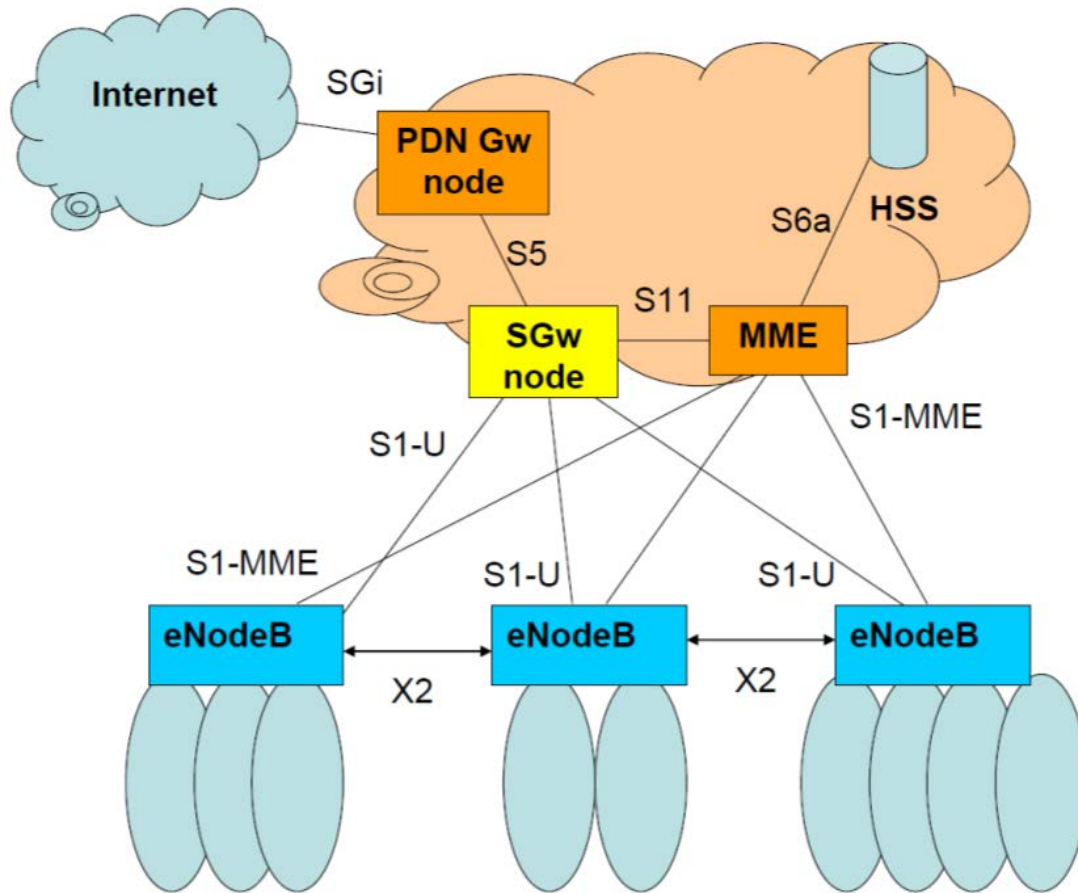
○ Nc:

- Hálózat-hálózat hívás vezérlés
- Támogatja a hívás vezérlő és hordozó vezérlő entitások szétválasztását

○ Nb:

- Hordozó vezérlés és transzport megy rajta

11. SAE EPC architektúra (rajz) és az egyes entitások funkciói.



eNodeB:

- Cellák egy csoportját menedzseli (nem feltétlenül egy helyen lenniük)
- Nincs fölötté vezérlő entitás (RNC) -> kisebb késleltetés

Mobility Management Entity (MME)

- Vezérlő síkot valósítja meg az EPC-ben
- Mobilitás menedzsment
- Előfizető helyének menedzsmentje
- Paging üzenet küldése a megfelelő eNodeB-nek
- Útvonalválasztás az előfizető helyzete alapján
- Minden egyéb vezérlési feladat

Serving Gateway (SGw)

- Felhasználói adatokat továbbít az EPC és az eNodeB-k között

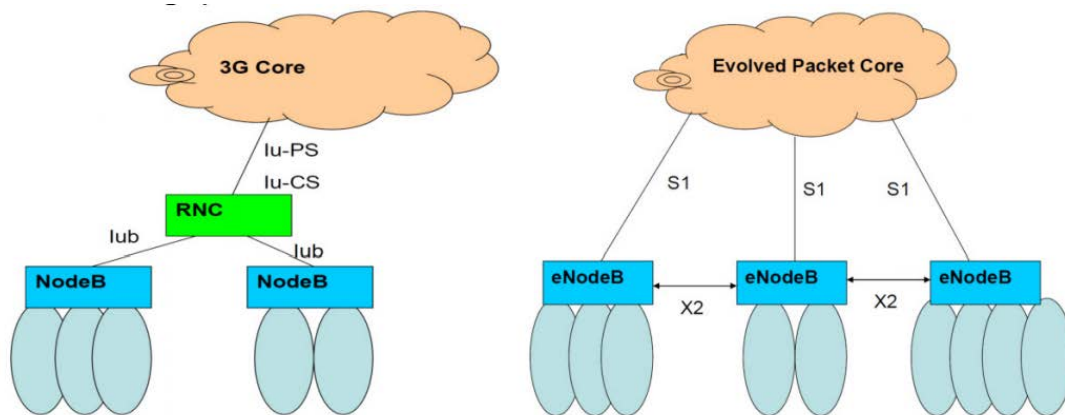
Packet Data Network Gateway, PDN Gw

- Átjáró külső, csomagkapcsolt hálózatok felé:
 - Internet, nem LTE hálózat, más szolgáltatók hálózata

Home Subscriber Server, HSS (= HLR + AuC)

- megmaradt a korábbi hálózatokból

12. SAE E-UTRAN architektúra - változások az UMTS-hez képest.



- E-UTRAN: Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network
 - Hívásátadás: adattovábbításon alapul
 - Rádiós erőforrás menedzsment és interferencia szabályozás miatt közvetlen kapcsolat szükséges a bázisállomások között
 - A megoldás az X2 interfész
 - A 3G-Iur interfészhez hasonló, amit az RNC-k között alakítottak ki
 - Topológiai vonatkozások
- E-UTRAN architektúra változások:
 - A központi (RNC) egység eltűnt
 - RNC funkciók átkerültek az eNodeB-be:
 - 3G NodeB is létezik (virtuális RNC)
 - HSPA+ szabványok definiálják
 - Biztonsági problémák
 - nincs makro diverziti
 - megoldható lenne, de nem hoz annyi nyereséget, mint komplexitást
 - nincs puha hívásátadás (soft handover)
 - Mobilitás menedzselés nehezebb központi egység nélkül:
 - A cellaváltást lehetőleg „elrejtetni” a maghálózat előtt
 - De az adatvesztés nem megengedett
 - Ezért csomagtovábbítás kell az eNodeB-k között
 - eNodeB:
 - Cellák egy csoportját menedzseli (nem feltétlenül egy helyen lenniük)
 - Nincs fölötte vezérlő entitás (RNC) -> kisebb késleltetés
 - Gyártók: megosztják az alapsávi és rádiós funkciókat az állomásokban
 - Elvileg: egy cella vagy antenna nagy távolságban is lehet az eNodeB-től
 - Ilyenkor figyelni kell az időzítési problémákra

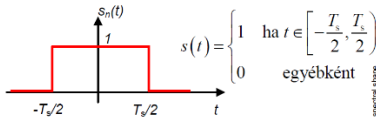
13. LTE rádiós interfész tulajdonságai (OFDMA működése, elérhető sebességek, PRB).



LTE rádiós interfész

OFDM alapú

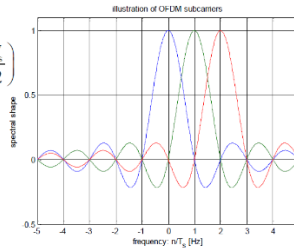
- Az időtartománybeli jelalak:



- A spektrális alak (Fourier-tr.-val):

$$S(f) = \mathcal{F}\{s(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-j2\pi ft} dt = \int_{-T_s/2}^{T_s/2} 1 \cdot e^{-j2\pi ft} dt = \left[\frac{e^{-j2\pi ft}}{-j2\pi f} \right]_{-T_s/2}^{T_s/2}$$

$$= \frac{e^{j2\pi f T_s/2} - e^{-j2\pi f T_s/2}}{2j\pi f} = \frac{\sin(\pi f T_s)}{\pi f} = T_s \frac{\sin(\pi f T_s)}{\pi f T_s} = T_s \text{sinc}(\pi f T_s)$$



- Vivőtávolság: $\Delta f_c = \frac{1}{T_s} \int_{-\infty}^{\infty} T_s \text{sinc}(\pi(f - iN_c)T_s) T_s \text{sinc}(\pi(f - jN_c)T_s) dt = 0, \quad i, j \in \mathbb{Z} \quad i \neq j$

OFDM paraméterek

- segédvivők távolsága 15 kHz (Δf)
- ennek megfelelően a szimbólumidő 66.67 μs
- ciklikus prefix (~védőidő): 5.2 μs az időrés első szimbóluma előtt, 4.7 μs a többi szimbólum előtt (normál prefix), vagy 16.7 μs (bővített prefix)
- $\Delta f = 7.5$ kHz is definiált, multicast hálózatokhoz (műsorszórás az LTE hálózaton)

Fizikai erőforrásblokk (PRB)

- 12 segédvivő (12 * 15 kHz = 180 kHz)
- egy időrésben (0.5 ms)
- a legkisebb egység, ami egy előfizetőnek adható, két ilyen van allokálva egyszerre legalább
- 12*6= vagy 12*7 szimbólum időrésenként
- kiosztás: egy előfizetőnek egy PRB egy alkeretben(2 időrés)
- összesen 144 vagy 168 szimbólum alkeretenként



LTE rádiós interfész

- Fizikai szintű pillanatnyi átviteli sebességek egy PRB-vel

	rövid prefix	hosszú prefix
QPSK	336 kbps	288 kbps
16 QAM	672 kbps	576 kbps
64 QAM	1008 kbps	864 kbps

- Sávszélesség kérdése:
 - Referencia: 1080p (HD) video: (7– 10) Mbps video+ (128, 384) kbps hang
 - egy bázisállomásnak 6 db PRB-t kell tudni kezelni
 - ez védősávokkal, DC vivővel 1.4 MHz
 - Sávszélesség többféle lehet, lásd táblázat

Sávszélesség [MHz]	1,4	3	5	10	15	20
PRB-k száma	6	15	25	50	75	100

elvi maximális fizikai sebesség: 100,8 Mbps

OFDMA (LTE, mobil Wimax):

- a segédvívök egy része (PRB-kegy része) juthat egy előfizetőnek
- a csatorna időben és frekvenciában megosztva

PRB:

- 1 adott időben és frekvenciában sugárzott információblokk
- minél több ilyen kap meg 1 felhasználó annál nagyobb lesz az adatátviteli sebessége.

14. LTE-Advanced rádiós interfész (MIMO):

Többantennás átvitel: (Multiple Input, Multiple Output)

- Adó-és vevő oldalanként kettőnél több antenna felhasználásával független adatfolyamokat vagyunk képesek átvinni ugyanazon a rádiós erőforráson, vagyis
 - Azonos frekvencián
 - Azonos időben
- Főbb átviteli módok
 - Diverziti: azonos adatfolyamok átvitele a különböző antennákon
 - Térbeli multiplexálás:
 - különböző adatfolyamok
 - Az átviteli sebességet többszörözni tudjuk min (NT,NR) szerint. Pl.: 2x2, 4x2-es átvitelnél 2-szeres, 4x4, 4x6: 4-szeres, stb.

LTE-Advanced:

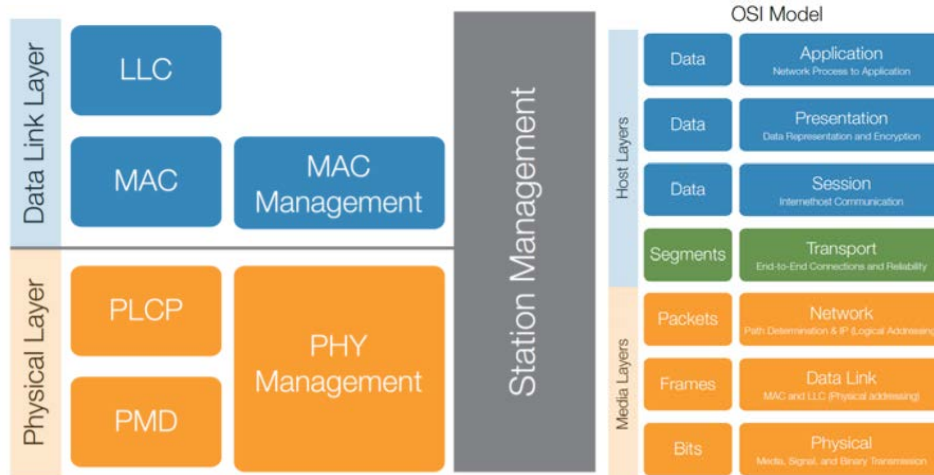
- Az LTE kiterjesztése. Az ITU-T által megfogalmazott 4G követelményeknek (IMT Advanced) (2009) ez a szabvány hivatott megfelelni.
- Ez lesz a „valódi” 4G. Az LTE csak „3,9G” volt.
- 3GPP Rel10 (2011), lásd: <http://www.3gpp.org/specifications/67-releases>
- Főbb követelmények, kiterjesztések
 - Átviteli sebesség:
 - csúcs: DL: 3 Gbps, UL: 1,4 Gbps
 - nagyobb spektrális hatékonyság: 30 bps/Hz (vagyis 100 MHz-es vivő esetén 3 Gbps)
 - Referencia: 1080p HD video: (7–10) Mbps video + (128, 384) kbps hang
 - (Rel8-ban 16 bps/Hz)
 - 2 x 2 MIMO esetén cellahatáron 2,4 bps/Hz
 - Vivő összefogás (carrier aggregation): 20 MHz-es (folytonos és nem folytonos) egységeként összesen 100 MHz-ig.
 - Fejlett MIMO megoldások:
 - Kognitív rádió
 - Fejlett interferencia menedzsment (kis cellák)

LTE-A MIMO:

- Újdonságok a MIMO átvitelben
 - DL: 8x8(TM9), UL: 4x4(TM2).
 - Eddig (R9-ig), DL: TM1-7, UL: TM1
- MIMO támogatására új referenciajelek bevezetése: Cell-specific Reference Signal (CRS) or Demodulation Reference Signal (DM-RS) a hatékonyabb előkódoláshoz.
 - Előkódolás: A csatornára való kibocsátás előtt a MIMO átvitelben résztvevő jelek kódoljuk a csatorna aktuális állapotának megfelelően. Ennek segítségével javíthatjuk a vételi oldalon az SNR-t.
- Új kategóriák bevezetése a felhasználói készülékekben (UE): 6, 7 ill. 8
 - A 8-as támogatja a maximális CC (Component Carrier) számot, és a 8x8-as MIMO-t.

15. Ismertesse az IEEE 802.11 szabvány és az OSI modell közötti kapcsolatot, valamint mutassa be a 802.11 szabványban definiált rétegek és alrétegek fő feladatait!

Kapcsolat: A 802.11 szabványok az OSI modell két alsó rétegét, a fizikai és az adatkapcsolati (más néven közeghozzáférési) rétegeit definiálják



MAC alréteg:

- Közeghozzáférési megoldások
- Csomagformátumok

MAC Management alréteg:

- Teljesítmény menedzsment
- Roaming (cellaváltás)
- Szinkronizálás
- Biztonsági szolgáltatások

Physical Layer Convergence Protocol (PLCP):

- „illesztési” feladatokat lát el, vagyis a MAC kereteket (MPDU) fizikai csomagokká alakítja (és vissza)
- A különféle PHY-k számára megfelelő csomagokat állít elő
- Felelős a Clear Channel Assessment jel előállításáért
 - Vivőérzékeléses közeghozzáférés -> detektálni kell, ha a csatorna foglalt/szabad

Physical Medium Dependent (PMD) alréteg:

- Moduláció és kódolás
- Különböző fizikai médiumok és alpműködéstől függő fizikai keretformátum

PHY Layer Management:

- Management funkciók ellátása, pl. csatorna minőség

Station Management:

- A MAC és a PHY rétegek együttműködését koordinálja

16. Mutassa be a DCF és a PCF működést!

802.11 (alap) két megoldást definiál (**közeghozzáférési mechanizmusok**)

- Distributed Coordination Function (DCF)
 - Kötelező minden eszközben implementálni
 - A Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA) közeghozzáférést használja
 - Versengéses időszak (Contention Period – CP) –ban zajlik a DCF
- Point Coordination Function (PCF)
 - Opcionális
 - Csatornahozzáférés központosított vezérléssel – polling
 - Versengésmentes időszak (Contention Free Period – CFP) –ban van ez
 - Opcionális: a gyakorlatban nem valósítja meg egyik eszköz sem

DCF

- CSMA az alapja
- „listen-before-talk” az alapelv
- Csomagküldés előtt az STA belehallgat a csatornába – vivő érzékelés (carrier sensing)
- Ha a csatorna legalább DIFS (DCF Inter-Frame Space) ideig szabad, az STA megkezdi az adást; többi STA várakozik (addig, amíg ismét legalább DIFS ideig szabad nem lesz a csatorna)
- Sikeres vétel esetén a fogadó SIFS (Short Inter-Frame Space) idő elteltével nyugtakeretet (ACK) küld
- A nyugta fogadása jelzi az adónak, hogy a küldés sikeres volt; ellenkező esetben újraküldés szükséges
- A SIFS hossza azért rövidebb, mint a DIFS, hogy egy harmadik STA a nyugta elküldése előtt ne kezdhessen bele az adásba

Collision Avoidance (ütközés elkerülés) – eddig egyidőben kettő állomás is tudott adni

- Az állomásnak egy további ideig várakoznia kell abban az esetben, ha
 - A DIFS periódus alatt foglalt volt a csatorna
 - A DIFS periódusnyi várakozás előtti pillanatban foglalt volt a csatorna
- Ebben az esetben az állomás elhalasztja a csatlakozást a csatornához
- Egy véletlen sorsolt ideig (random backoff time) még várakozik, miután DIFS ideig már szabad volt a csatorna
- DIFS idő után minden üres idő elteltével egyesével csökken a backoff time
 - Ha közben újra foglaltnak érzékeli a csatornát, felfüggeszti a visszaszámlálást, a foglaltság vége után DIFS idő elteltével folytatja
 - Ha elérte a 0-t, és szabad a csatorna, elkezd adni

PCF

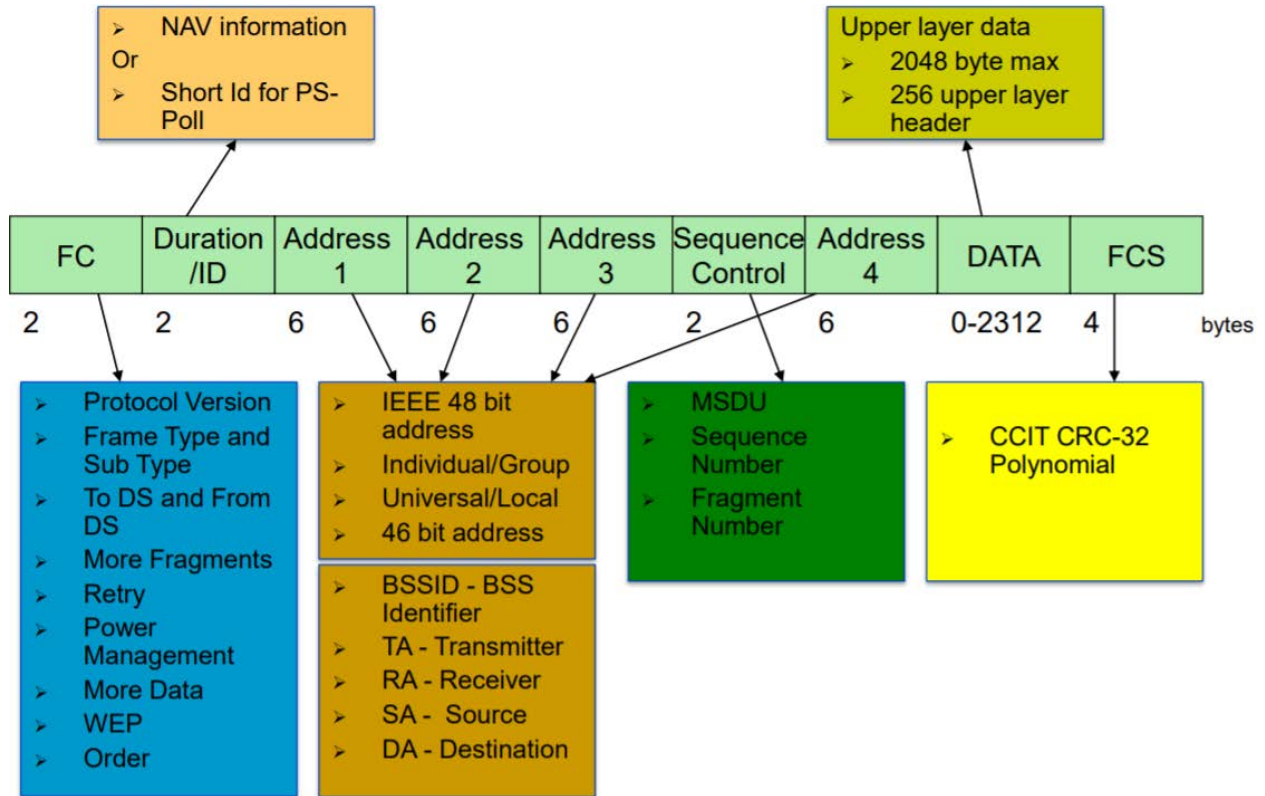
- A Point Coordinator (az AP) vezérli ezt a működést (PointCoordinator)
- A versengés elkerülése végett a PC lekérdezi azon STA-kat, aki képes a PCF működésre, hogy akar-e adni, vagy sem – polling
- STA válasza SIFS idő múlva
- Polling lista készítése és frissítése – kiosztják, ki, melyik idősrben adhat

17. Mutassa be a 802.11 szabványban definiált kerettípusokat, valamint definiálja az általános MAC keret felépítését!

Kerettípusok

- Adat keret (Data Frame)
 - Adatátvitel céljaira
- Vezérlő keret (Control Frame)
 - Közeghozzáférés vezérlés céljaira
 - RTS (Request to send)
 - CTS (Clear to send)
 - ACK (acknowledgement)
- Menedzsment keret (Management Frame)
 - Menedzsment információk kerülnek benne továbbításra
 - Hasonló módon, mint az adat keret, azonban nem továbbítódnak a felsőbb rétegekhez
 - probe request/resp. (AP infok lekérése)
 - (de)authentication (hitelesítési üzenetek)
 - (re)association request/resp. (adott APhez csatl. kér.)
 - disassoc. (kapcsolat lezáró, saját kapcsolódás befej.)
 - beacon (periodikus, AP lefont. adatai)

Általános MAC keret



18. Röviden mutassa be a 802.11n szabványt, különös tekintettel a nagysebességű adatátvitel megvalósításának lehetőségeire!

- Működési frekvencia: 2,4 GHz és opcionálisan 5 GHz
- Hagyományos 20 MHz sávszélesség mellett a szélesebb 40 MHz-es sávszélesség is használható (channel bonding, 2*20 MHz vivő)
 - 56 segédvivő 20 MHz, 114 segédvivő 40 MHz
- MIMO alkalmazása
 - "1x1"-től "4x4"-ig
- PHY és MAC rétegbeli javítások
 - PHY: hatékony jelfeldolgozás, fejlett modulációs technikák, többes antennák használata
 - MAC: protokoll kiegészítések a sávszélesség hatékony kihasználása szempontjából
 - Az eredeti 802.11 –hez képest nagyobb méretű keretek, illetve több keret együttes küldése
- Előbbi módosításoknak (High Throughput (HT) javítások) köszönhetően a sebesség elérheti a 600 Mbits/s értéket

19. Ismertesse a CSMA/CA és a CSMA/CD működését, valamint definiálja a felhasználási területeiket (melyik milyen környezetben használható)!

CSMA akkor hatékony, ha kicsi a közeg terheltsége

- Előfordulhat, hogy egyszerre több SA is szabadnak érzékeli a csatornát, így egyidejűleg kezdik meg az adást – ekkor ütközés lép fel
- Az ütközéseket kezelni kell
 - 802.3 (Ethernet) esetén ütközés detektálás (**Collision Detection – CD**) • Vezetékes esetben az eszköz egyidejűleg képes adásra és vételre is (full duplex működés)
 - Képes az ütközések detektálására
 - Rádiós: két hardver kéne a full duplexhez
 - Vezeték nélküli eszközök esetén általában half duplex a működés (egyszerre vagy ad, vagy vesz az állomás)
 - Ha képes is lenne a full duplex működésre, más jelet (az ütközést) nehéz lenne érzékelni, mivel a saját jel elnyomná
 - Ezért 802.11 esetén ütközés elkerülés (**Collision Avoidance – CA**)

Collision Avoidance (ütközés elkerülés) – eddig egyidőben kettő állomás is tudott adni

- Az állomásnak egy további ideig várakoznia kell abban az esetben, ha
 - A DIFS periódus alatt foglalt volt a csatorna
 - A DIFS periódusnyi várakozás előtti pillanatban foglalt volt a csatorna
- Ebben az esetben az állomás elhalasztja a csatlakozást a csatornához
- Egy véletlen sorsolt ideig (random backoff time) még várakozik, miután DIFS ideig már szabad volt a csatorna
- DIFS idő után minden üres idő elteltével egyesével csökken a backoff time
 - Ha közben újra foglaltnak érzékeli a csatornát, felfüggeszti a visszaszámlálást, a foglaltság vége után DIFS idő elteltével folytatja
 - Ha elérte a 0-t, és szabad a csatorna, elkezd adni

Collision Detection (ütközés detektálás)

- Ha két eszköz egyszerre ad, ütközés következik be, melyet minden adó érzékel. Ütközés esetén a kábelben megnő a jel amplitúdója, melyet minden a hálózathoz kapcsolt eszköz érzékel, akik véletlen ideig várnak, mielőtt újra próbálkoznának az adással.
- Ha azonos időpillanatban több gép kezdeményezne adást, akkor ütközés következik be. Ilyenkor mindkettő felfüggeszti a kezdeményezést és véletlenszerű idő után kezdi újra.
- Elektromos vezetékeknél általában úgy történik, hogy az adó veszi a saját jelét, és az adott és a vett jel összehasonlításával ellenőrzi, nem változott-e meg ütközésben.
- A protokoll legelterjedtebb megvalósítása az Ethernet.

20. Mi a funkciója, feladata a fronthaul és backhaul hálózatnak a korszerű mobil hálózatokban?

Backhaul:

- alapsávi egység és rádiós egység közti összeköttetés (LTE: RRH és BBU közti, CPRI)
- akkor vannak tényleges hálózatos vonatkozásai, ha az RRH és BBU különböző helyszíneken van (LTE: centralizált vagy felhő alapú RAN, C-RAN)
- *hagyományos architektúra: BS-től a hálózat többi része felé*
- *Backhaul link: összeköttetések*
- *backhaul hálózat: több BS bekötése a hálózatba*
- *elosztott architektúra: a Backhaul a BBU (Baseband Unit)-t köti a hálózatba*

Fronthaul:

- az alapsávi egység és a mobil maghálózati funkciók közti összeköttetés (LTE: BBU és EPC)
- mindig távoli helyszínek, megvalósítása hálózatos technikák alkalmazását igényli
- *A BBU és az RRH (Remote Radio Head) közti részt nevezzük így.*
- *Fronthaul hálózat: nincs akadálya, hogy egyetlen BBU-hoz több RRH-t kapcsoljunk*
- *(BBU + RRH = eNodeB)*

21. Ismertesse az 5G technológia lehetséges felhasználási területeit, forgatókönyveit, valamint ezek követelményeit!

Forgatókönyvek:

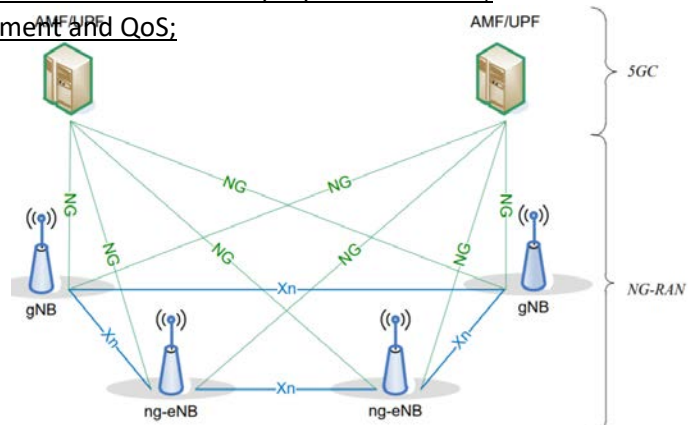
- High user density, broadband services
 - Video transmission
 - Person to person, person to group video sharing
 - High resolution videos
 - 3D/360°video related throughput requirements
 - Media sharing in stadiums, from big events (Ten thousands of connection per km²)
 - Smart office (Remote workstations, Teleconferences)
 - Games, Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR)
 - Cloud services
- User mobility
 - High speed trains
 - Mobile hotspots, moving network (Public transportation)
 - 3D connectivity (Airplanes, drones)
- Massive IoT
 - Wearable devices (Sport/fitness/Healthcare)
 - Sensor networks (Smart cities: infrastructure, public utilities, transportation Critical infrastructures)
 - Vehicle-to-Everything communication
- (Extreme) real time applications
 - Real time remote control, remote healing
 - Less than 1ms latency
- Public safety and natural disaster applications
 - Voice transmission
 - Broadband video and data transmission
 - Rapid service installation
- Ultra high reliability
 - Together with 1ms latency requirement
 - Controlling autonomous and cooperative vehicles
 - Control network of cooperative robots
 - Healthcare related services (Monitoring, intervention)
 - Police, fire service, ambulance
- Broadcast-like services
 - News, events
 - Local, regional, national
- Smart Cities, GSMA, 3GPP

User experienced data rate DL: 100Mbps – 1Gbps UL: 50Mbps – 500Mbps **Peak data rate** DL: 20Gbps UL: 10Gbps **Peak spectral efficiency** DL: 30bit/s/Hz UL: 15bit/s/Hz **Bandwidth** 100MHz – 1GHz **Mobility** Up to 500km/h **Latency** URLLC: 0.5ms (radio interface) eMBB: 4ms (radio interface) **Connection density** 250 000 users/km² **Energy efficiency** 100x IMT-Advanced **Area traffic capacity** 15Mbps/m²

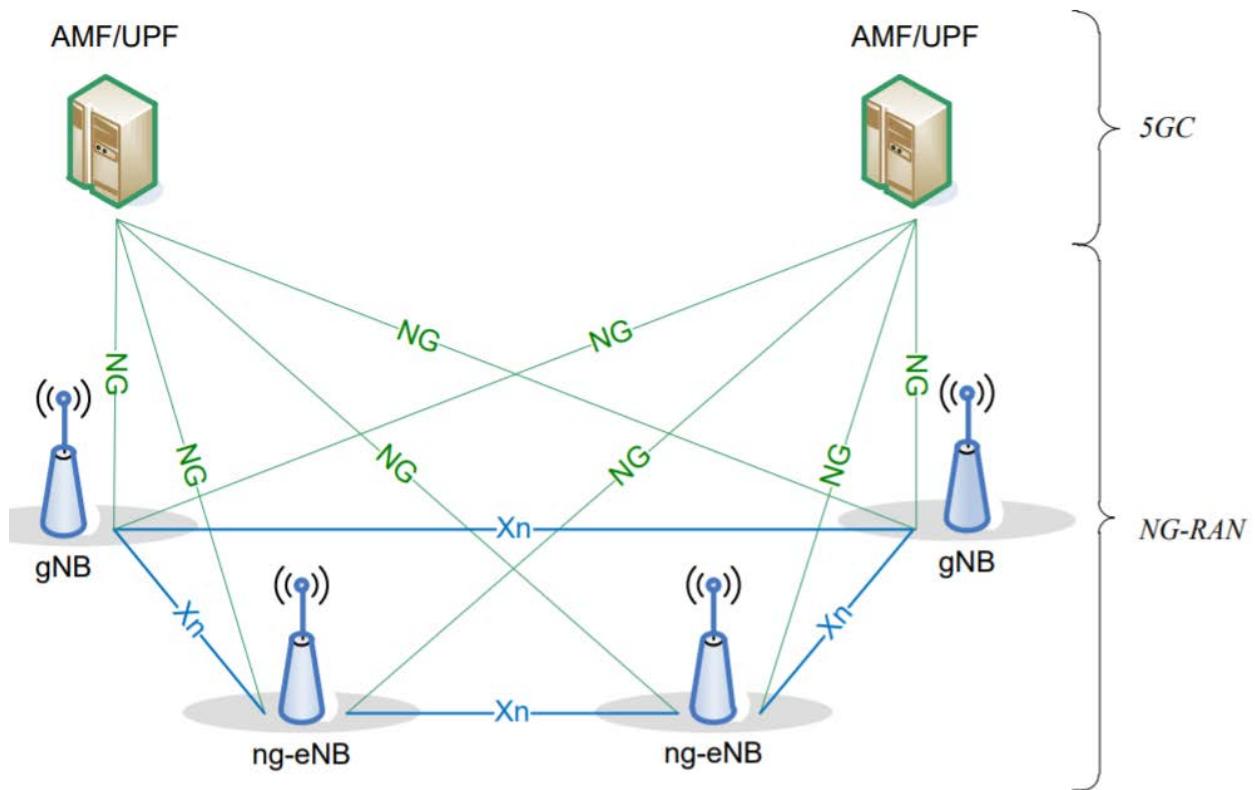
22. Ismertesse az 5G hálózati architektúráját, röviden mutassa be a hálózati elemek funkcióit, valamint a 4G és 5G közötti különbségeket!

Overall Architecture

- NG-RAN:
 - Two type of (logical) nodes:
 - gNB
 - providing NR user plane and control plane protocol terminations towards the UE
 - ng-eNB
 - providing E-UTRA user plane and control plane protocol terminations towards the UE
 - IP header compression, encryption and integrity protection of data
 - Routing of User Plane data towards UPF(s)
 - Routing of Control Plane information towards AMF
 - Connection setup and release
 - Scheduling and transmission of paging messages
 - (logical) Interfaces:
 - Xn interface: between gNB and ng-eNB
 - NG interface: between 5G core and nodes (gNB, ng-eNB)
- 5G core network (5GC):
 - AMF: Access and Mobility Management Function
 - Registration Area management;
 - Mobility management control (subscription and policies);
 - Access Authentication and Authorization including check of roaming rights;
 - Support of Network Slicing;
 - UPF: User Plane Function
 - Packet routing & forwarding;
 - Packet inspection and User plane part of Policy rule enforcement;
 - Traffic usage reporting;
 - Uplink Traffic verification (SDF to QoS flow mapping);
 - Downlink packet buffering and downlink data notification triggering.
 - (SMF: Session Management Function)
 - UE IP address allocation and management;
 - Selection and control of UP function;
 - Configures traffic steering at UPF to route traffic to proper destination;
 - Control part of policy enforcement and QoS;
 - Downlink Data Notification



23. Röviden ismertesse az 5G rádiós interfészét, mutassa be azt a technológiát, mely lehetőséget biztosít az alvívők közötti távolság változtatására!



- (logical) Interfaces:
 - Xn interface: between gNB and ng-eNB
 - NG interface: between 5G core and nodes (gNB, ng-eNB)
- The radio interface is the interface between the User Equipment (UE) and the network.
- The physical layer offers data transport services to higher layers.
- The radio interface is composed of the Layer 1, 2 and 3.
- multiple access and modulation - similar to 4G.
- There will be distinct frequency bands ranging from sub 6GHz all the way up to the much higher millimeter wave (mmW) bands. - require new frame structure, new OFDM.
- Frequency range from below 1GHz to 100GHz.
- 5G NR continues to support a basic sub-carrier spacing of 15kHz, but will now allow this to be expanded in multiples of 2 (flexible frame structures)
 - Increasing sub carrier spacing enables shortening of the OFDM symbol duration, which in turn enables lower latency communication.
- 5G NR introduces a new subslot the so-called “mini-slot”
 - In LTE seven OFDM symbols = 1slot
 - A “mini-slot” is a collection of two- or more symbols

24. Foglalja össze a fontosabb megbízhatóság növelési eljárásokat!