

RÁDIÓS INTERFÉSZ ALAPOK ÉS KÓDOSZTÁS AZ UMTS-BEN. HSPA

WCDMA rendszer alapok

- Alap paraméterek
 - Direct sequence (DS) spreading technique
 - FDD/TDD duplexing lehetőség, 10 msec keret
 - 3,840 Mchip/sec
 - Bázisállomások közötti szinkronizálás (FDD nem pontos, TDD pontos)
 - Változtatható szórési faktor
 - Forward error correcting (CRC, konvolúciós kódoló, turbó kódoló)
 - Nagy és változtatható adat sebesség

Rendszer jellemzők (folyt.)

- A fizikai csatornák főbb karakterisztikái
 - Fő struktúra
 - 10 msec frame, 15 slots (0,667 msec), power control time interval: teljesítményszabályozási parancs slotonként (1500x másodpercenként)
 - Kontroll infó és adat: időben multiplexált downlink és kód multiplexált uplink csatornában
 - QPSK moduláció 0,22-es roll-off paraméterrel
 - Kód típusok
 - Channelization code, variable spreading factor, orthogonal codes (SF=4–256(512))
 - Scrambling codes (length is 38400 chips; B-M, a segment of a Gold code of length of $10^{18}-1$; M-B, short spreading code (short Kasami code (256 chips) repeated 150 times), or long spreading code (a segment of a Gold code of length $2^{18}-1$))

■ Kapacitás

- Adatsebesség követelmények/elképzelések
 - Rural: 144 kbit/sec (384 kbit/sec), 500 km/h
 - Suburban: 384 kbit/sec (512 kbit/sec), 120 km/h
 - Indoor, local: 2 Mbit/sec, 10 km/ó
 - További lehetőségek az adat sebesség növelésére
- **Megvalósított adatsebességek**
 - 12.2 kbps beszédátvitel
 - 64, 144 (128), 384 kbps adatátvitel (RAB, radi access bearer, rádiós hordozó): ez hasznos adatátviteli sebesség
 - gyakorlati megoldás: a buffer telítettségétől függően kapcsolgatja a rendszer az egyes sebességű bearereket az előfizetők között
 - a sebességekhez tartozó fizikai SF downlinkben: 64 (beszéd), 32, 16, 8
- Flexibilitás
 - Változtatható adat sebesség (BER, késleltetés)
 - Keverhető szolgáltatások
 - Áramkör és csomagkapcsolt mód

Kódok az UMTS-ben

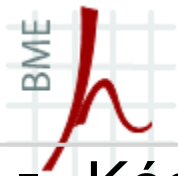
- A W-H kódok csak akkor ortogonálisak, ha chip – szinkronban vannak
- néhány chip eltolással két W-H kódszó nem ortogonális
- chip-szinkronitás UL irányban nem biztosítható, a távolságkülönbségek miatt
- DL esetben természetesen az összes kódszó egyszerre, párhuzamosan érkezik

Kódok az UMTS-ben

- ezért: különböző előfizetők csatornáinak elválasztására a W-H kód downlinkben alkalmas, UL-ben nem
- a DL –en tehát egy W-H kódfa az erőforrás egy cellában
- az egyes kódok egyes csatornákat jelölnek ki
 - lehetnek kontroll csatornák, vagy
 - különböző, vagy azonos előfizetők különböző adatcsatornáit
- a W-H kódokat UL rányban *egy előfizető* különböző csatornának (adat, többféle adat és kontroll) megkülönböztetésére használjuk

Kódok az UMTS-ben

- hogyan választjuk el az UL irányban az egyes előfizetők jeleit?
- hasonlóan: hogyan választjuk el DL irányban az egyes cellák jeleit?
- megoldás: zagyváló kódok
 - nagyon hosszú álvéletlen ± 1 sorozatok, ezekből 38400 chip hosszú (1 keret, 10 ms) sorozat egy kód
 - Gold kód
 - egy álvéletlen ± 1 sorozatot önmagával szorozva csupa 1 sorozat adódik
 - egy másik álvéletlen ± 1 sorozattal szorozva: álvéletlen ± 1 sorozat adódik
- vannak még szinkronizációs kódok



Kódok az UMTS-ben

- Kódolás tehát:
 - kétszeres kódolás: bitek besorozva először a W-H kód chipjeivel (csatornaképző kód)
 - DL irányban a usert/csatornát azonosító W-H kódszóval
 - UL irányban egy user valamelyik csatornáját azonosító kódszóval
 - aztán a scrambling kód chipjeivel
 - DL irányban a cellát azonosító scrambling kóddal
 - UL irányban az előfizetői készüléket azonosító scrambling kóddal

Használt kódok

	Synchronisation Codes	Channelisation Codes	Scrambling Codes, UL	Scrambling Codes, DL
Type	Gold Codes Primary Synchronization Codes (PSC) and Secondary Synchronization Codes (SSC)	Orthogonal Variable Spreading Factor (OVSF) codes sometimes called Walsh Codes	Complex-Valued Gold Code Segments (long) or Complex-Valued S(2) Codes (short) Pseudo Noise (PN) codes	Complex-Valued Gold Code Segments Pseudo Noise (PN) codes
Length	256 chips	4-512 chips	38400 chips / 256 chips	38400 chips
Duration	66.67 μ s	1.04 μ s - 133.34 μ s	10 ms / 66.67 μ s	10 ms
Number of codes	1 primary code / 16 secondary codes	= spreading factor 4 ... 256 UL, 4 ... 512 DL	16,777,216	512 primary / 15 secondary for each primary code
Spreading	No, does not change bandwidth	Yes, increases bandwidth UL: to separate physical	No, does not change bandwidth	No, does not change bandwidth
Usage	To enable terminals to locate and synchronise to the cells' main control channels	data and control data from same terminal DL: to separate connection to different terminals in a same cell	Separation of terminal	Separation of sectors

Downlink fizikai adatsebesség

Spreading factor	Channel symbol rate (kbps)	Channel bit rate (kbps)	DPDCH channel bit rate range (kbps)	Max. user data rate with ½ rate coding (approx.)
512	7.5	15	3-6	1-3 kbps
256	15	30	12-24	6-12 kbps
128	30	60	42-51	20-24 kbps
64	60	120	90	45 kbps
32	120	240	210	105 kbps
16	240	480	432	215 kbps
8	480	960	912	456 kbps
4	960	1920	1872	936 kbps
4, with 3 parallel codes	2880	5760	5616	2.3 Mbps

Uplink adat sebesség

$$3.84 \text{ Mcps} / 256 = 15 \text{ kbps}$$

DPDCH SF	DPDCH channel bit rate (kbps)	Max. user data rate with 1/2 rate coding (approx.)
256	15	7.5 kbps
128	30	15 kbps
64	60	30 kbps
32	120	60 kbps
16	240	120 kbps
8	480	240 kbps
4	960	480 kbps
4, with 6 parallel codes	5740	2.3 Mbps

Jel-interferencia+zaj viszony

- ahhoz, hogy az i . user szolgáltatás működjön az x, y pozícióban a jel-zaj viszonynak meg kell haladnia egy küszöböt
- $SINR_i \geq \varepsilon_i$
- Uplink SINR

$$SINR_i(x, y) = SF \frac{P_i^{\text{vett}}(x, y)}{\sum_{j \in \text{többiuser a cellaban}} P_j^{\text{vett}}(x, y) + \sum_{k \in \text{többiuser a szomszedban}} P_k^{\text{vett}}(x, y) + P_{zaj}}$$

- P^{vett} számítása P^{adott} szorozva csatorna csillapításával (korábbi előadáson pl.)

Jel-interferencia+zaj viszony

- Downlink SINR

$$SINR_i(x, y) = SF \frac{P_i^{\text{vett}}(x, y)}{(1 - \rho)P_0^{\text{vett}}(x, y) + \sum_{k \in \text{szomszédos cellák}} P_k^{\text{vett}}(x, y) + P_{\text{zaj}}}$$

- P_0^{vett} : a kiszolgáló cella összes vehető teljesítménye, P_i^{vett} : az i . user kapcsolatra jutó teljesítmény vehető szintje, P_k^{vett} a k . interferáló cella összes teljesítménye véve
- itt is $P_x^{\text{vett}} = P_x^{\text{adott}} \cdot PL$, ahol PL a csatorna erősítése adott távolságra, lineáris skálán

Következmények

- egy sáv alkalmazható szomszédos cellákban -> szomszéd jele zavar, de elviselhető
- folyamatosan minden előfizető adóteljesítményét szabályozni kell, minden kapcsolatra az SNR követelményt kell tartani
- ha valaki a teljesítményét felemeli: minden más előfizető SNR-jében a nevezőt növeli, ezért nekik is kellene növelni a teljesítményüket
- minden forgalom mindenkinek zajt jelent
- lélegző cellák: néhány forgalom bekapcsol, a BS-től távoli előfizetők már max teljesítmény adásával sem tudják az SNR szintet elérni a BS-nél: gyakorlatilag kikerülnek a lefedettségből!
- a lefedettség is függ a forgalomtól!
- lefedettség/forgalom/kapacitás összefügg
- puha kapacitás: a kiszolgálható forgalomnak nincs éles korlátja, egy újabb forgalom csak interferencia növekedést jelent
- + soft handover: másik cella/előfizető jele -> másik scr kóddal szorzás
 - digitális jelfeldolgozással megvalósítható
 - mivel egy sávban, azonos vivőn: nem kell külön rádiós egység, modulátor, szűrők, stb.

High Speed Downlink Packet Access

- cél: nagy adatsebesség, alacsonyabb késleltetés
- nagy sebesség: fizikai csatornák (kódok) összevonása egy csatornává
- fix, SF=16 kódok (QPSK-val 480kbps per kód) használata, ebből max 15 db lesz a HSDPA csatorna
- 16 QAM használata jó csatorna esetén
- új, 2ms hosszú keret (3 slot)
- elvi max sebesség tehát: $15 \times 480 \times 2 = 14400$ kbps a fizikai réteg legalján jó csatorna esetén, valójában CQ=30 és legjobb készülék esetén RLC réteg kb. 12.8 Mbps-t lát
- osztott csatorna (\leftrightarrow UMTS dedikált csatorna): a HSDPA csatornát minden HS előfizető látja és használja, ütemezéssel megosztva az előfizetők között
- Kódmultiplexálás lehetősége: egy keretben több előfizető is kaphat csomagot egyszerre, különböző W-H 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 0...30 értéket riportol

High Speed Downlink Packet Access

- 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 BS (moduláció, kódolás, összevont kódok száma → hasznos bitek száma)
- olyan CQI-t kell riportolnia, amivel a kerethiba valsége max 0.1
- ha mégis elvész a keret, akkor gyors Hibrid újraküldés (HARQ) a NodeB-ből (↔ UMTS újraküldés az RNC és mobil között)
 - chase combining: a hibás és az újraküldött keret összekombinálásával nagyobb eséllyel jó a vétel
 - incremental redundancy: újraküldés erősebb hibavédelemmel
- ütemezők: pl. Round Robin (ez igazságos időben), max CQI (ez maximálja a cella összes átvitelét), Proportional Fair (ez igazságos throughputban, de „bünteti” a jó csatornájú, jó képességű készülékeket a rosszak miatt), vagy saját, gyártóspecifikus titkos ütemező
- maradék erőforrás használat: a Release 99 forgalom által szabadon hagyott kódokat és teljesítményt használhatja, ennek mennyiségét az RNC jelzi
- a gyakorlat: UMTS forgalom alig-alig van, a teljes erőforrás HSDPA

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

High Speed Packet Access = HSDPA+HSUPA

- további adatsebesség növelés a cél
- 64 QAM DL és 16 QAM UL irányban → adatsebesség másfélszerese DL, kétszerese UL irányban, de csak rendkívül kedvező csatorna esetén
 - sőt, HSDPA esetén kissé rosszabb csatornán (CQI=25..26) a 64 QAM képes készülék kisebb átviteli sebességű transzport formátumot használhat mint a „hagyományos”
- MIMO: maximum 2 adatstream párhuzamos átvitele, ez is dupláz, de csak erős többutas terjedés, független csatornák esetén (sűrű beépítettség, beltér) → ez nem kedvez az SNR-nek, így nehéz a 64 QAM
- 64 QAM + MIMO
- dual cell, vagy dual carrier: egyszerre két vivőfrekvencián az átvitel, ez újabb kb. duplázás, de kétszeres hardver kell
- dual cell + 64 QAM
- dual cell + MIMO + 64 QAM
- elvi leglegmax a fizikai réteg legalján: 2x2x1.5x14.4 Mbps