

# RÁDIÓS INTERFÉSZ ALAPOK ÉS KÓDOSZTÁS AZ UMTS-BEN. JEL- ZAJ VISZONY EGYENLETEK ÉS KÖVETKEZMÉNYEI.

## 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

---

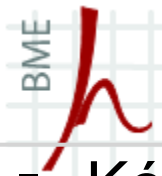
- A W-H kódok csak akkor ortogonálisak, ha chip – szinkronban vannak
- néhány chip eltolással két W-H kódszó nem ortogonális
- chip-szinkronitás UL irányban nem biztosítható, a távolságkülönbségek miatt
- DL esetben természetesen az összes kódszó egyszerre, párhuzamosan érkezik

# 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  $\pm 1$  sorozatok, ezekből 38400 chip hosszú (1 keret, 10 ms) sorozat egy kód
  - Gold kód
  - egy álvéletlen  $\pm 1$  sorozatot önmagával szorozva csupa 1 sorozat adódik
  - egy másik álvéletlen  $\pm 1$  sorozattal szorozva: álvéletlen  $\pm 1$  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

	<b>Synchronisation Codes</b>	<b>Channelisation Codes</b>	<b>Scrambling Codes, UL</b>	<b>Scrambling Codes, DL</b>
<b>Type</b>	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
<b>Length</b>	256 chips	4-512 chips	38400 chips / 256 chips	38400 chips
<b>Duration</b>	66.67 $\mu$ s	1.04 $\mu$ s - 133.34 $\mu$ s	10 ms / 66.67 $\mu$ s	10 ms
<b>Number of codes</b>	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
<b>Spreading</b>	No, does not change bandwidth	Yes, increases bandwidth  UL: to separate physical	No, does not change bandwidth	No, does not change bandwidth
<b>Usage</b>	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

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

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

# Jel-interferencia+zaj viszony

- Downlink SINR

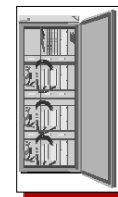
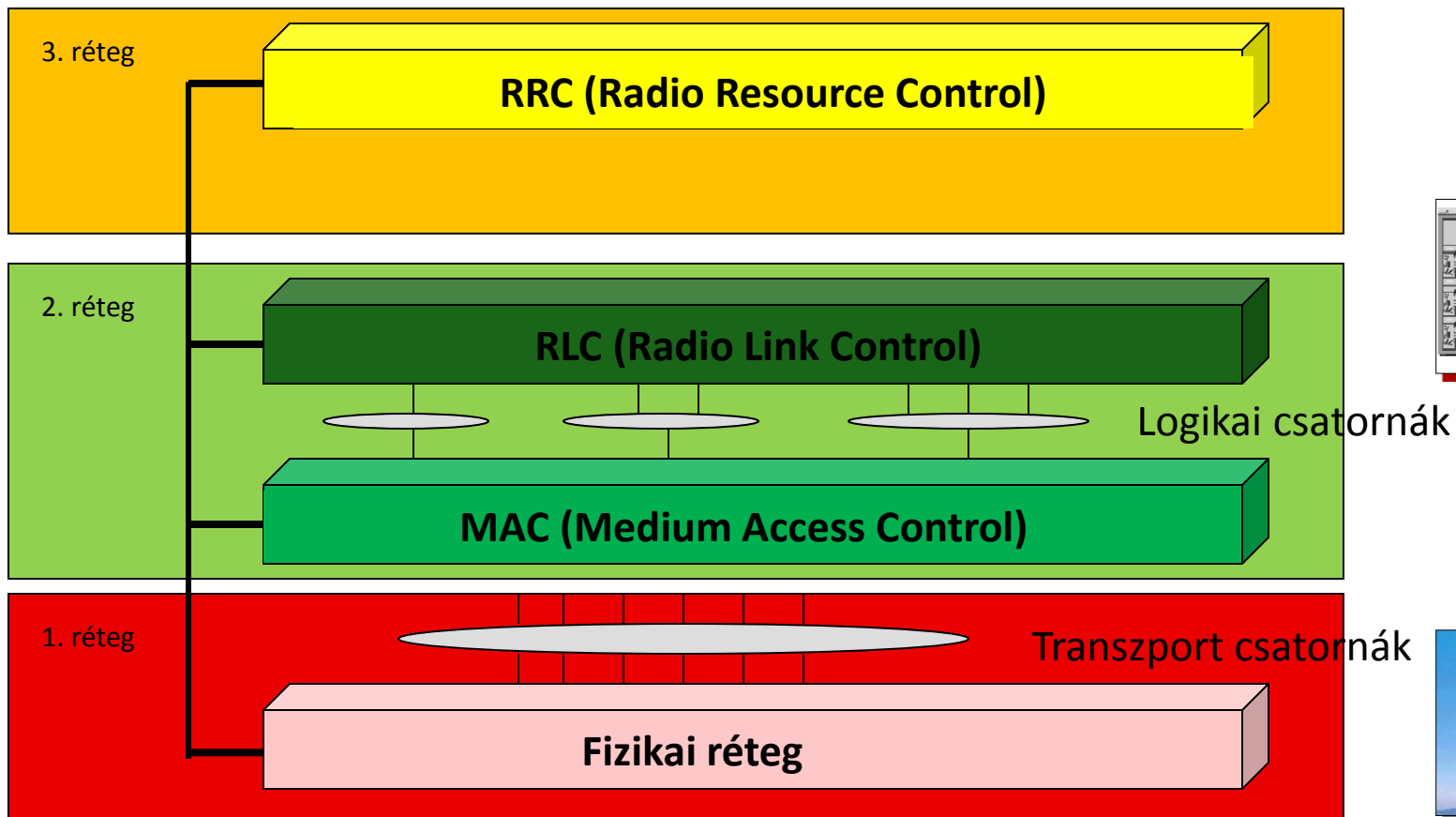
$$SINR_i(x, y) = SF \frac{P_i^{\text{vett}}(x, y)}{(1 - \rho)P_0^{\text{vett}}(x, y) + \sum_{k \in \text{szomszédos cellák}} P_k^{\text{vett}}(x, y) + P_{\text{zaj}}}$$

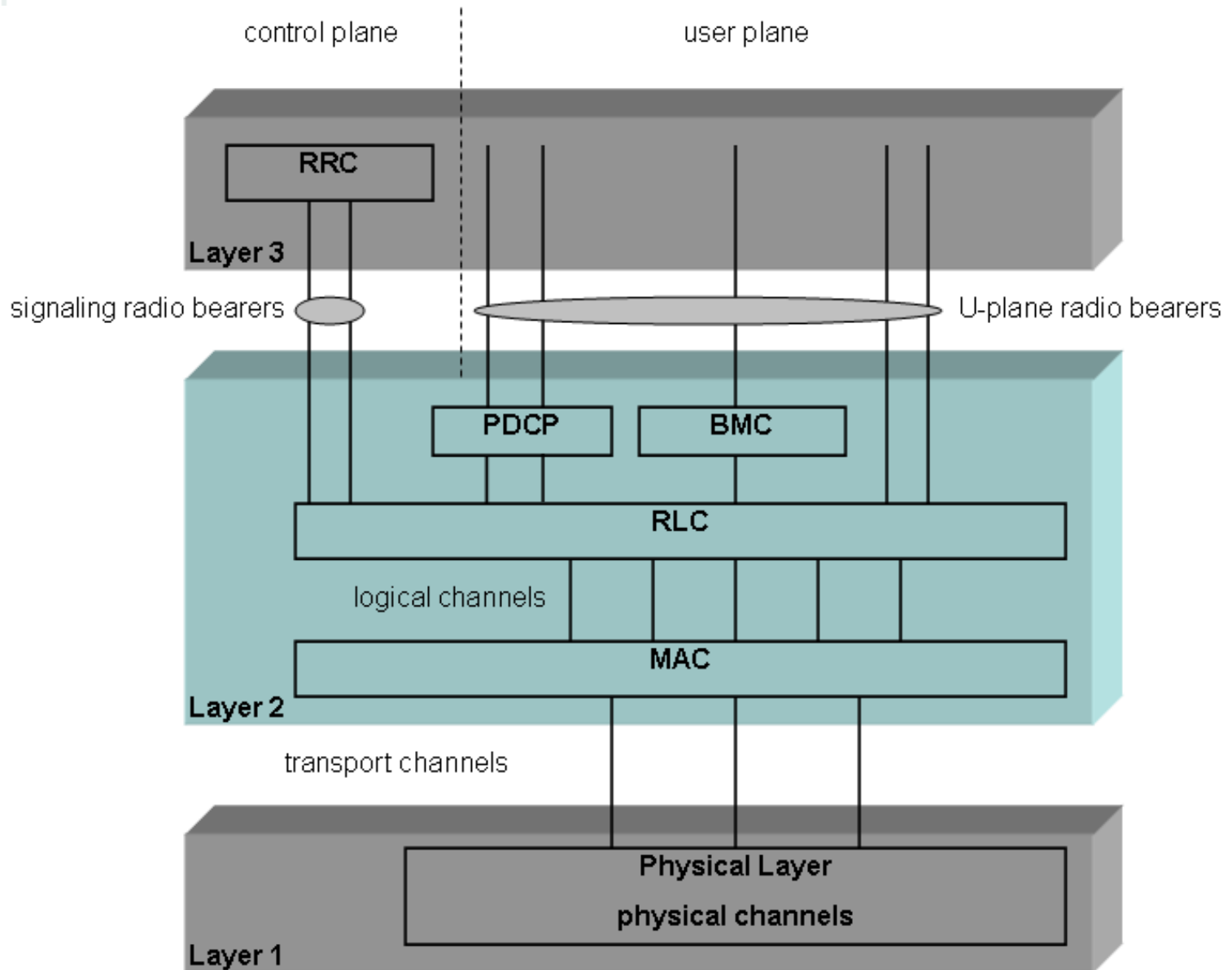
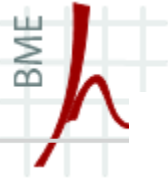
- $P_0^{\text{vett}}$  : a kiszolgáló cella összes vehető teljesítménye,  $P_i^{\text{vett}}$  : az  $i$ . user kapcsolatra jutó teljesítmény vehető szintje,  $P_k^{\text{vett}}$  a  $k$ . interferáló cella összes teljesítménye véve
- itt is  $P_x^{\text{vett}} = P_x^{\text{adott}} \cdot PL$ , ahol 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

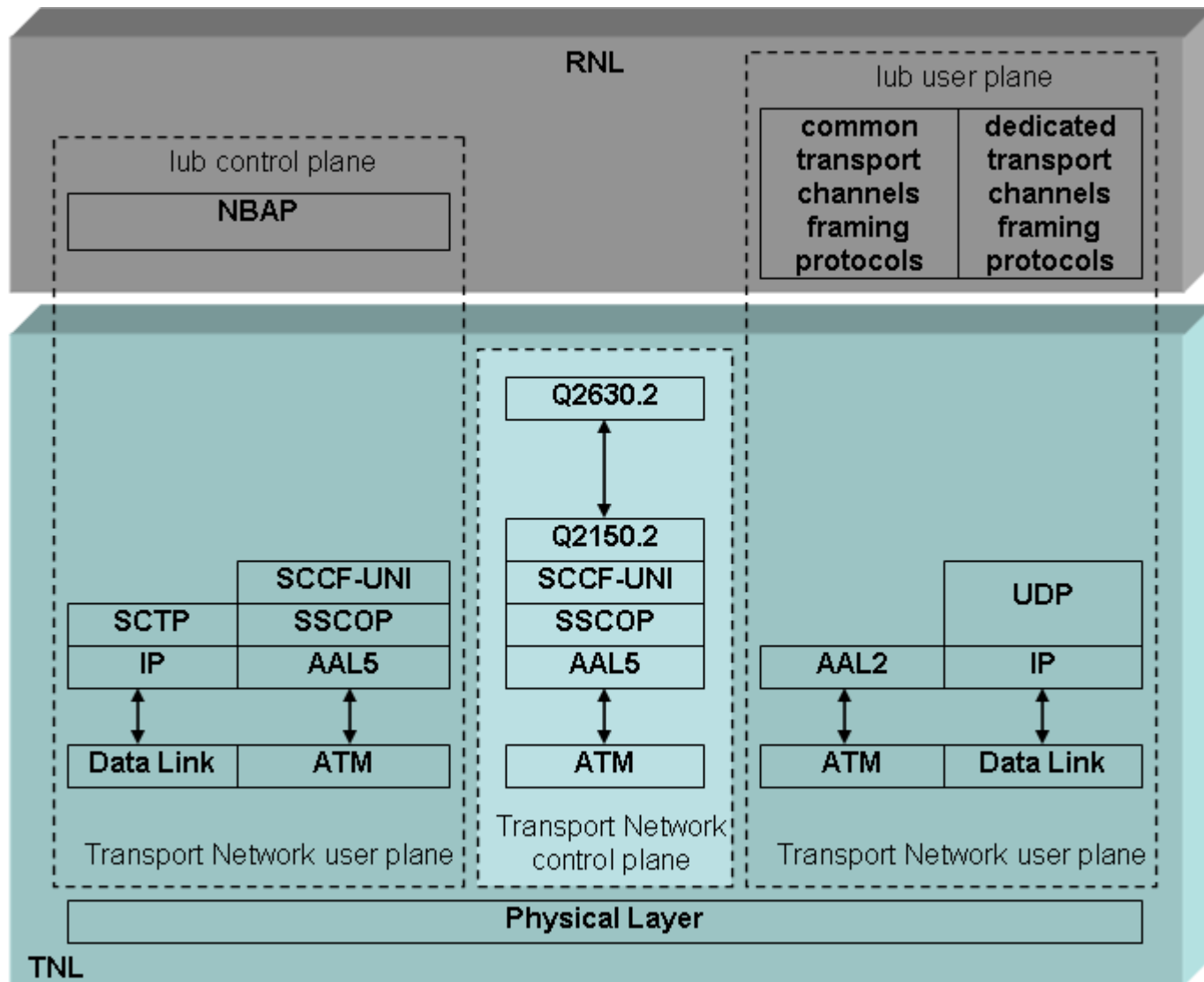
# Uu interfész







# lub interface – protocol stack

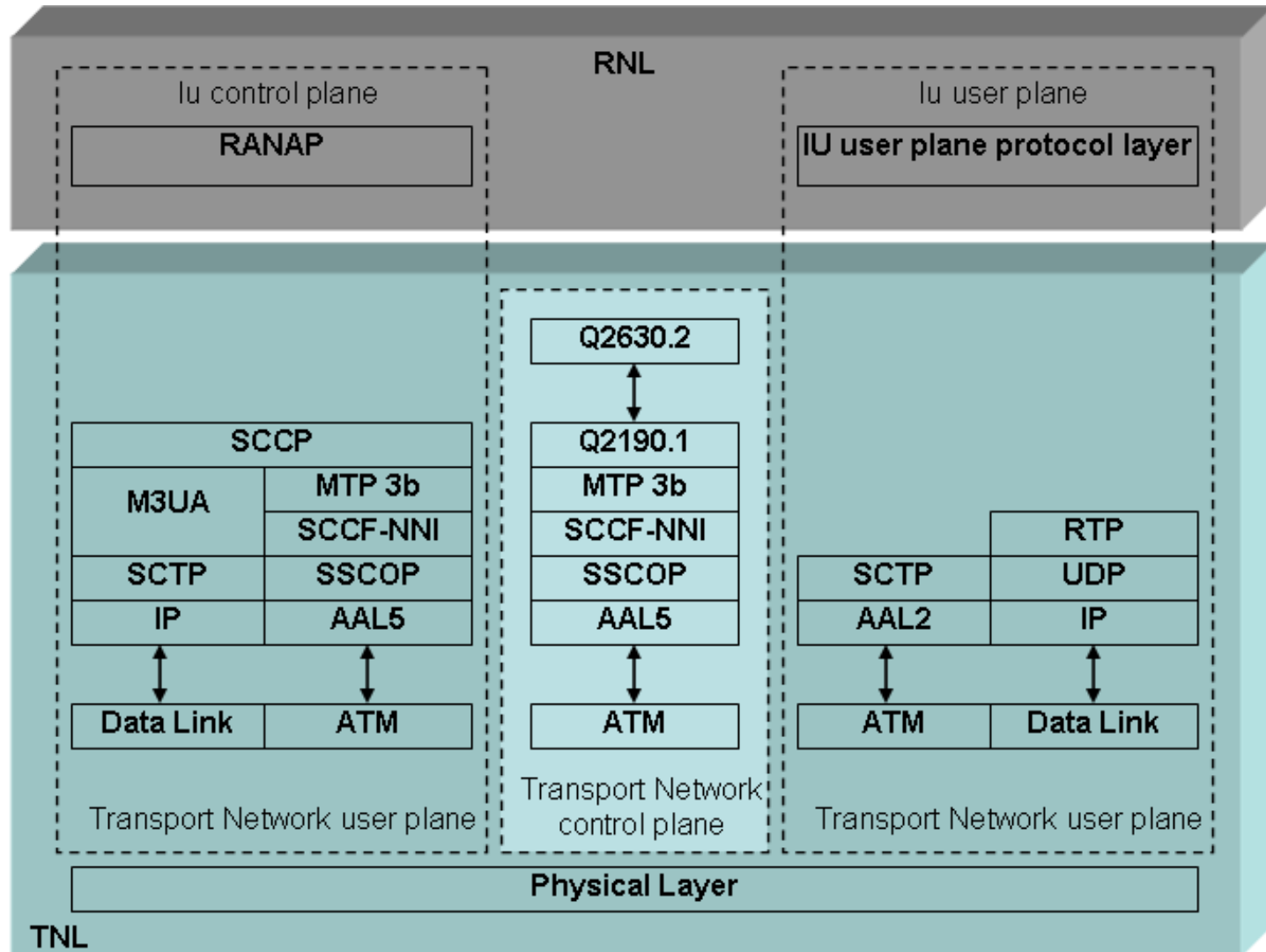


# Iub interface

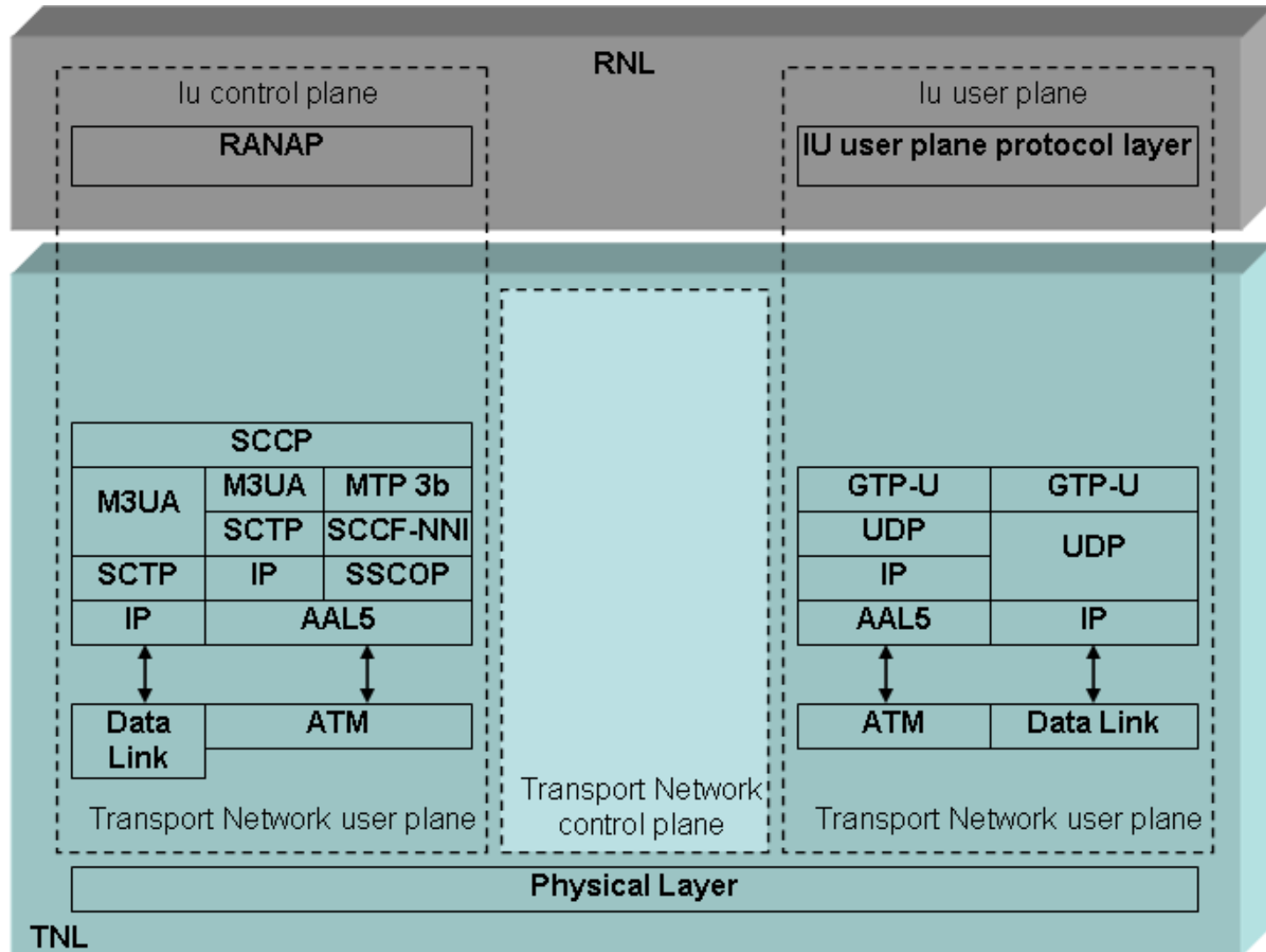
---

- interface between the Node B and the RNC
- Radio Network Layer control plane protocol – Node B application protocol (NBAP)
- NBAP includes the procedures to manage the logical resources at Node B
- NBAP procedures support the following functions:
  - cell configuration management
  - radio link management and supervision
  - common transport channel management
  - system information management
  - configuration verification/alignment
  - measurement of common and dedicated resources

# Iu-CS interface – protocol stack



# Iu-PS interface – protocol stack



# Iu interface – RANAP protocol

- RANAP key functions:
  - radio access bearer (RAB) management including RAB setup, modification, and release
  - Iu connection management
  - facilitate general UTRAN procedures from the core network, e.g. paging requests from the CN to UE
  - services to upper layers including the transportation of upper layer non-stratum protocols (i.e. call control, session management, and mobility management) messages between the UE and CN
  - overload and error handling
  - UE location reporting
  - security functions including ciphering and integrity checks

# Iu-CS interface – protocols

- RANAP uses services provided by the Transport Network Layer to transfer RANAP messages
- the transport layer (SCCP) ensures error free message transfer between two RANAP entities
- Layer 3 Broadband Message Transfer Part (MTP3b) provides:
  - message routing, discrimination, and distribution
  - link management functions including load sharing between linksets
- M3UA: MTP Level 3 (MTP3) User Adaptation Layer
  - part of the SS7 standard
- User plane uses ATM Adaptation Layer 2 (AAL2) connections for user data transport
  - supports real-time CS traffic

# Iu-CS interfaces – protocols

- Stream Control Transmission Protocol (SCTP)
  - serving in a similar role to the popular protocols TCP and UDP
  - provides some of the same service features of both:
    - it is message-oriented like UDP
    - ensures reliable, in-sequence transport of messages with congestion control like TCP
- Real-time Transport Protocol (RTP):
  - a network protocol for delivering audio and video over IP networks
  - is designed for end-to-end, real-time, transfer of streaming media

## *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 keretenként 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