

Nagysebességű Mobil Távközlés



Távközlési és Médiainformatikai Tanszék

A decorative graphic consisting of a thin yellow circle on the left side, partially overlapping a horizontal bar. The bar has a yellow-to-white gradient and is flanked by large black and yellow brackets.

Long Term Evolution

<http://hgmyung.googlepages.com/3gppLTE.pdf>



LTE architektúra

[LTE + SAE]

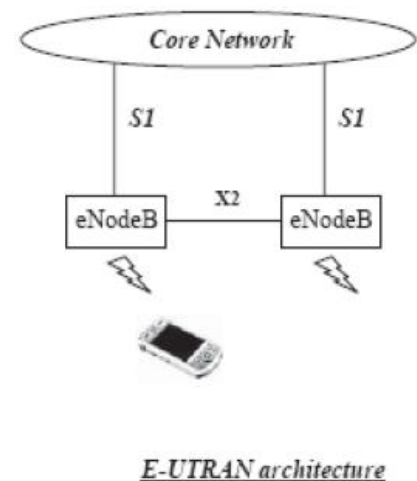
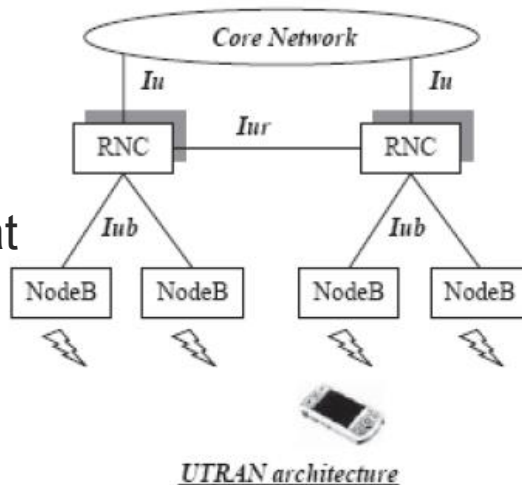
- LTE – rádiós technológia
- SAE – maghálózat

[LTE sarokpontjai]

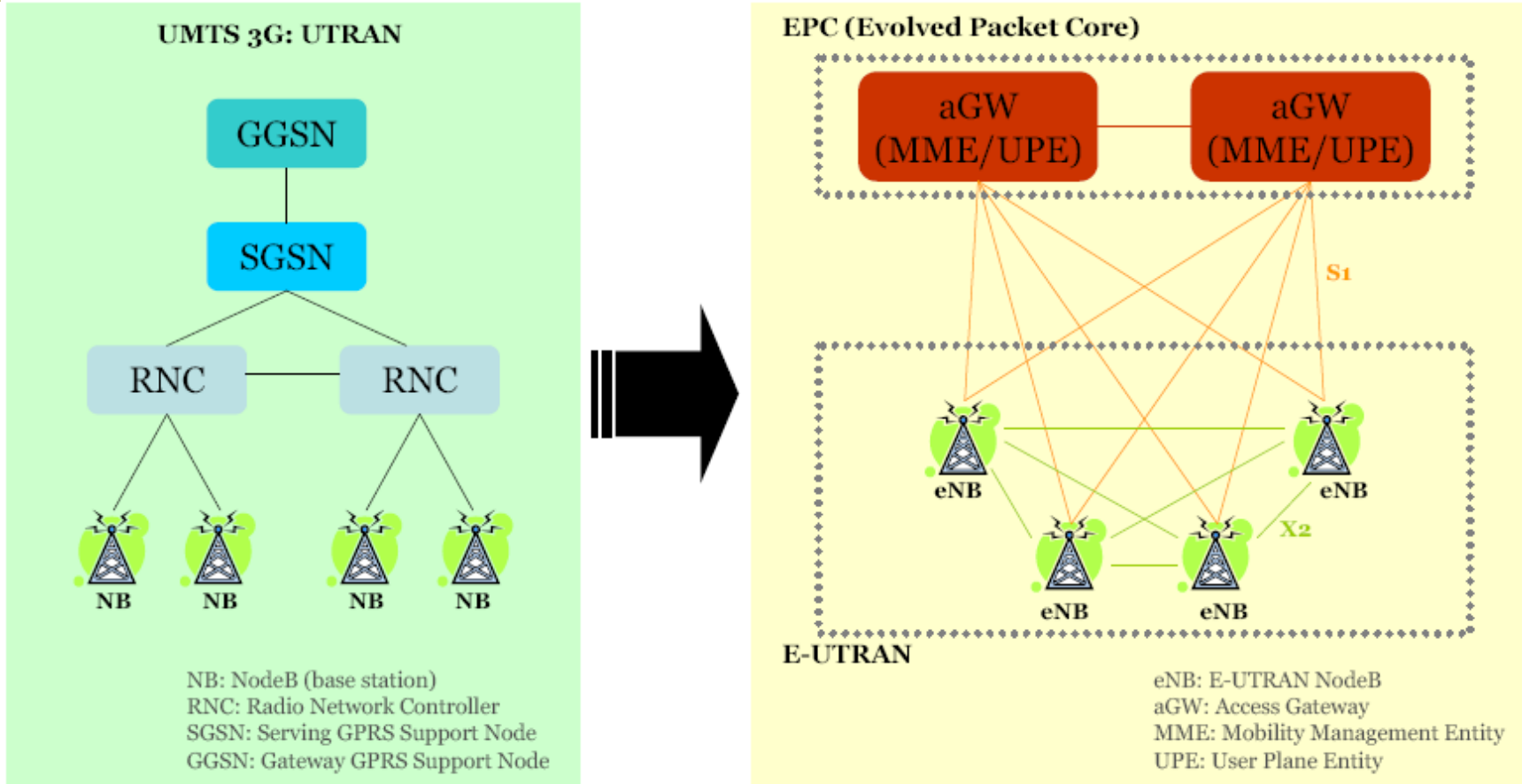
- LTE tervezésekor **két fontos témakör**
 - Fizikai réteg - PHY (rádiós technológia, csatornakezelés)
 - Hozzáférési hálózat architektúrája (belső felépítése)
- **Fizikai réteg**
 - Downlink – OFDM többszörös hozzáféréshez: **OFDMA**
 - Jobb kapacitáskihasználás, spektrumhatékonyság, stb.
 - Uplink – **SC-FDMA**
 - Az OFDM adaptása a feltöltési irányra
 - SC – Single Carrier
 - FDMA – kiküszöböli az éles váltást az adási teljesítményben
 - Jobb a mobil eszközök számára, kevesebb fogyasztás
 - **FDD és TDD** módban **is**
 - Hasonló keretszervezés
 - UE mindkettőt támogatja
- **LTE Architektúra**
 - UMTS-hez képest **kiiktatták az RNC-t**
 - Kevesebb eszköz, egyszerűbb és gyorsabb rendszer

[LTE – lapos architektúra]

- Több intelligencia került a bázisállomáshoz
 - eNodeB
 - Evolved Node B
- UMTS hierarchikus architektúra
 - rádiós funkciókat az RNC-be (Radio Network Controller) telepítettek
- LTE lapos architektúrája
 - Rádiós funkciók a bázisállomáshoz kerültek
 - Csomagütemezés
 - Frekvencia-tartomány kezelése, kiosztása



LTE Hálózati Architektúra



[Source:Technical Overview of 3GPP Long Term Evolution (LTE) Hyung G. Myung
<http://hgmyung.googlepages.com/3gppLTE.pdf>

[SAE sarokpontjai]

- Késleltetés csökkentés
 - A maghálózatban belül is csökkenteni a csomagtovábbító/kezelő eszközök számát
- IMS-en keresztül nyújtott szolgáltatások
- SGSN, GGSN szerepét új eszköz veszi át

System Architecture Evolution (SAE)

■ System Architecture Evolution (SAE) – Továbbfejlesztett Rendszer Architektúra

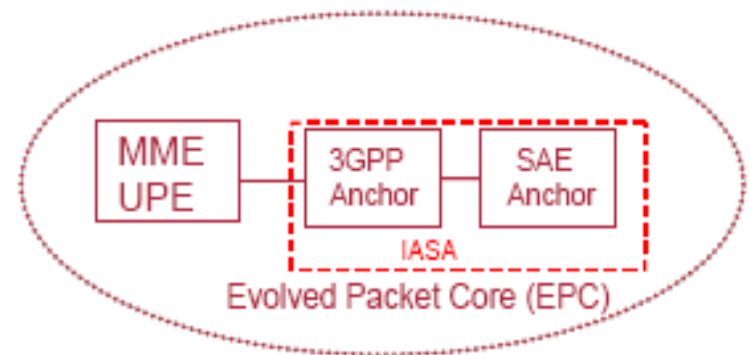
- 3GPP standardizációs folyamatban az LTE hálózat vezetékes maghálózatát jelenti
- A GPRS maghálózat továbbfejlesztett változata (néhány változtatással)

■ LTE-SAE sajátosságai

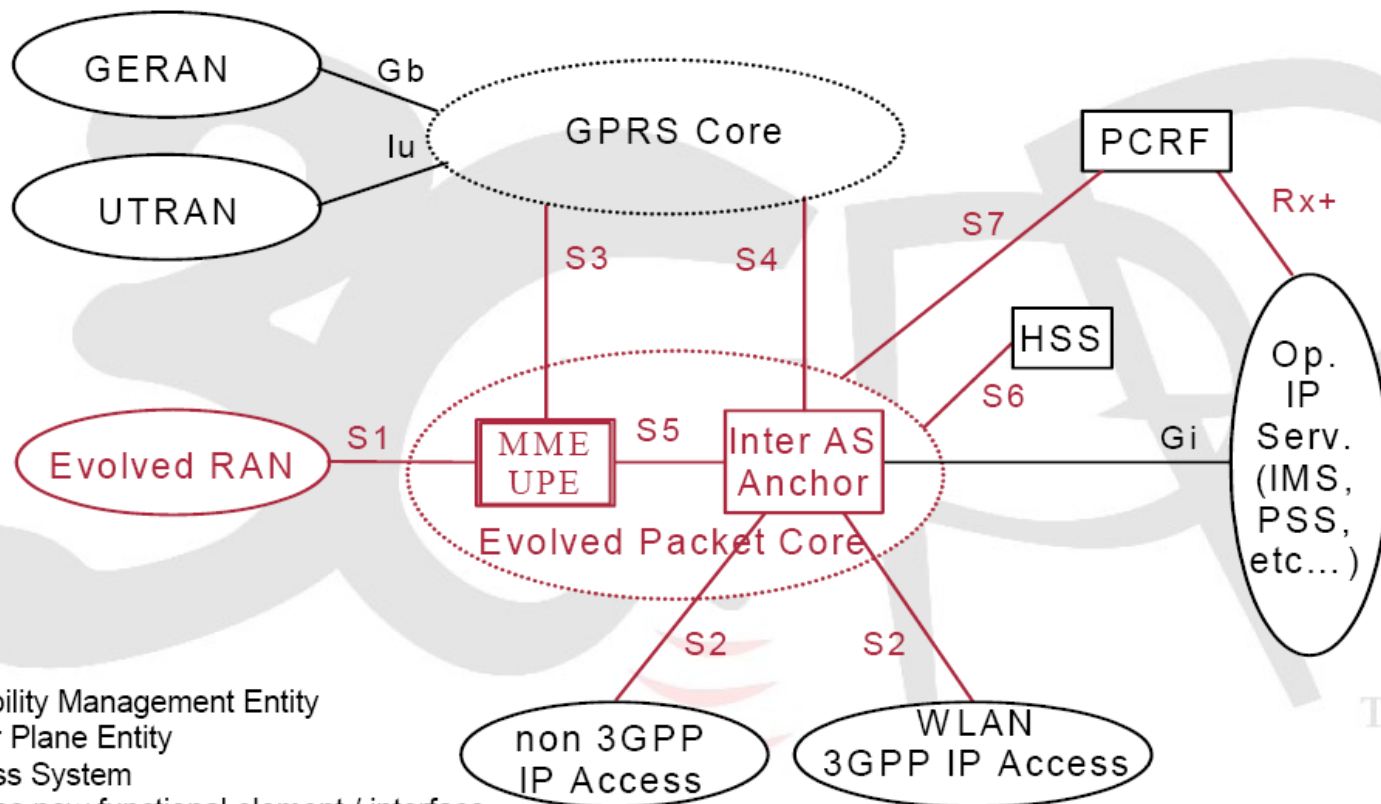
- Közös mobilitás-kezelés minden hozzáférési technológia számára
 - Mobility anchor
 - Hagyományos 3GPP („legacy”, GPRS) és non3GPP (pl. WiMAX)
- IP alapú protokollok!
- IP alapú, csomagkapcsolt

[Evolved Packet Core (EPC)]

- MME (Mobility Management Entity) – Mobilitás menedzsment funkció
 - UE vezérlési sík kontextus-kezelés
 - Ideiglenes azonosítók generálása
 - UE azonosítás, engedélyezés
 - Mobilitás menedzsment
- UPE (User Plane Entity) – Felhasználói sík funkció
 - UE vezérlési sík kontextus-kezelés
 - Titkosítás
 - Csomag továbbítás, útvonalválasztás
 - UE elérésének vezérlése (pl. paging)
- 3GPP anchor – Mobilitás végződtetése
 - Mobility anchor, 2G/3G és LTE között
- SAE anchor – Mobilitás végződtetése
 - 3GPP and non 3GPP között



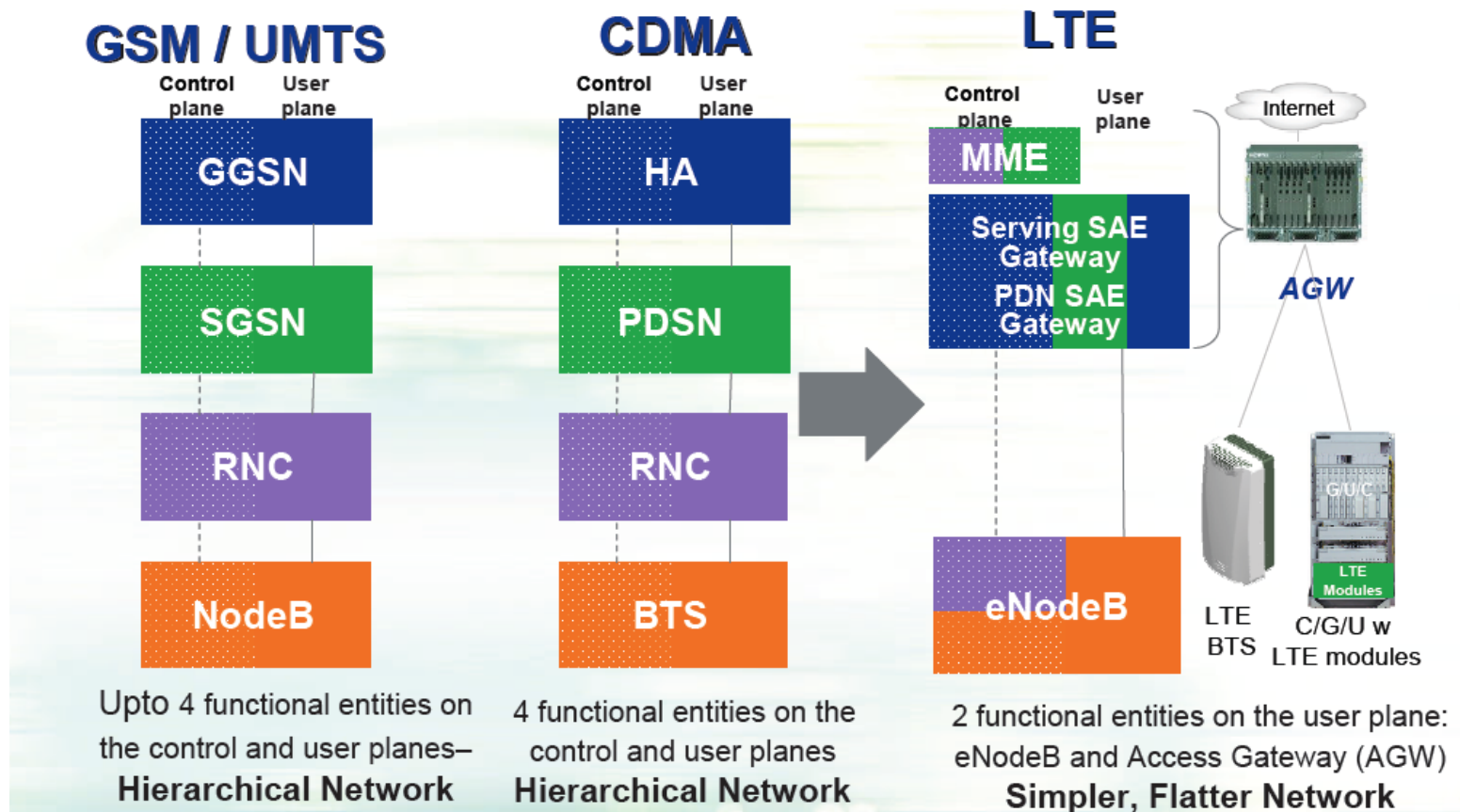
LTE + SAE



MME – Mobility Management Entity
 UPE – User Plane Entity
 AS – Access System
 Red indicates new functional element / interface

[Source: <http://www.3gpp.org/Highlights/LTE/LTE.htm>]

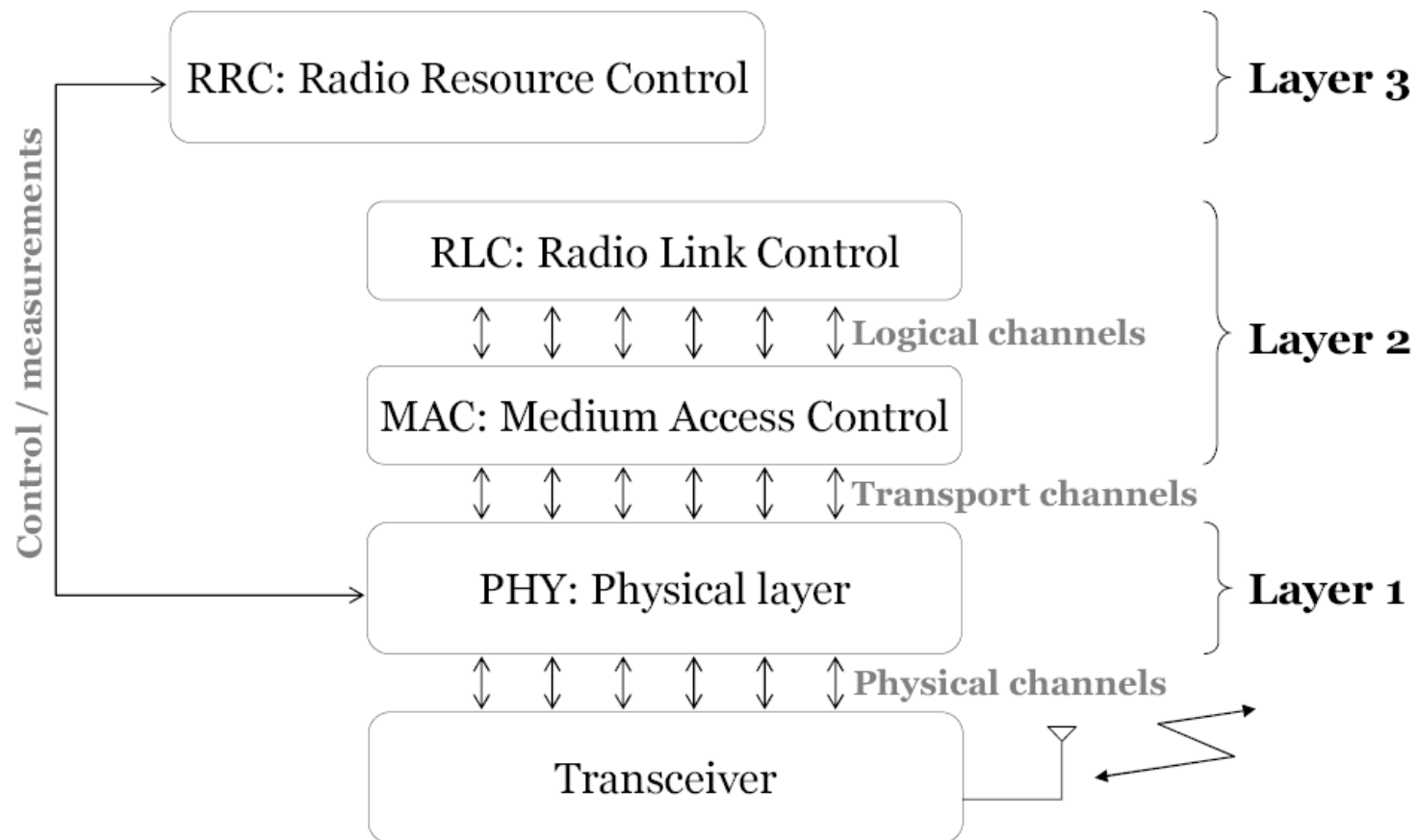
[LTE – egyszerűbb és jobb]





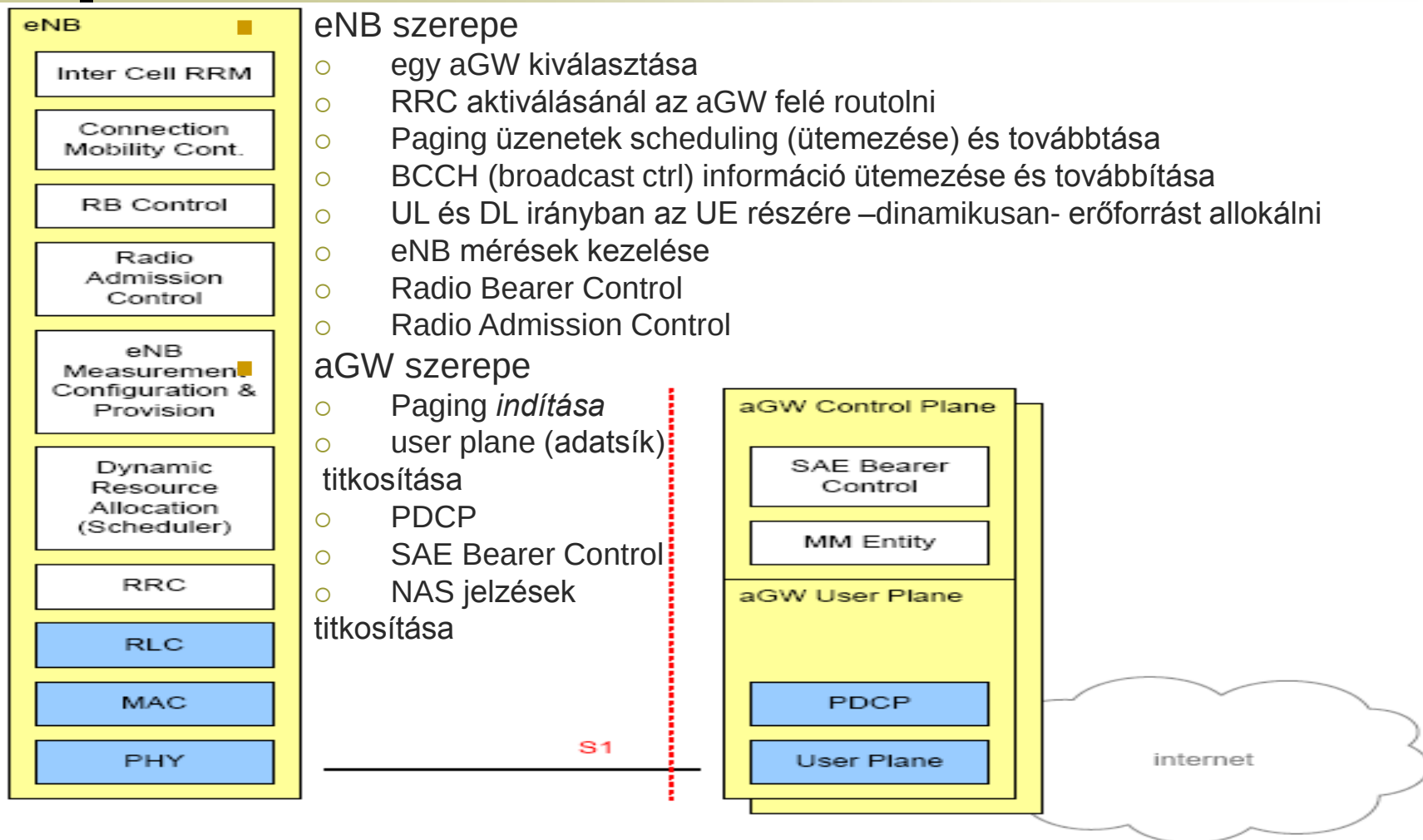
Protokoll architektúra

[LTE protokoll verem]



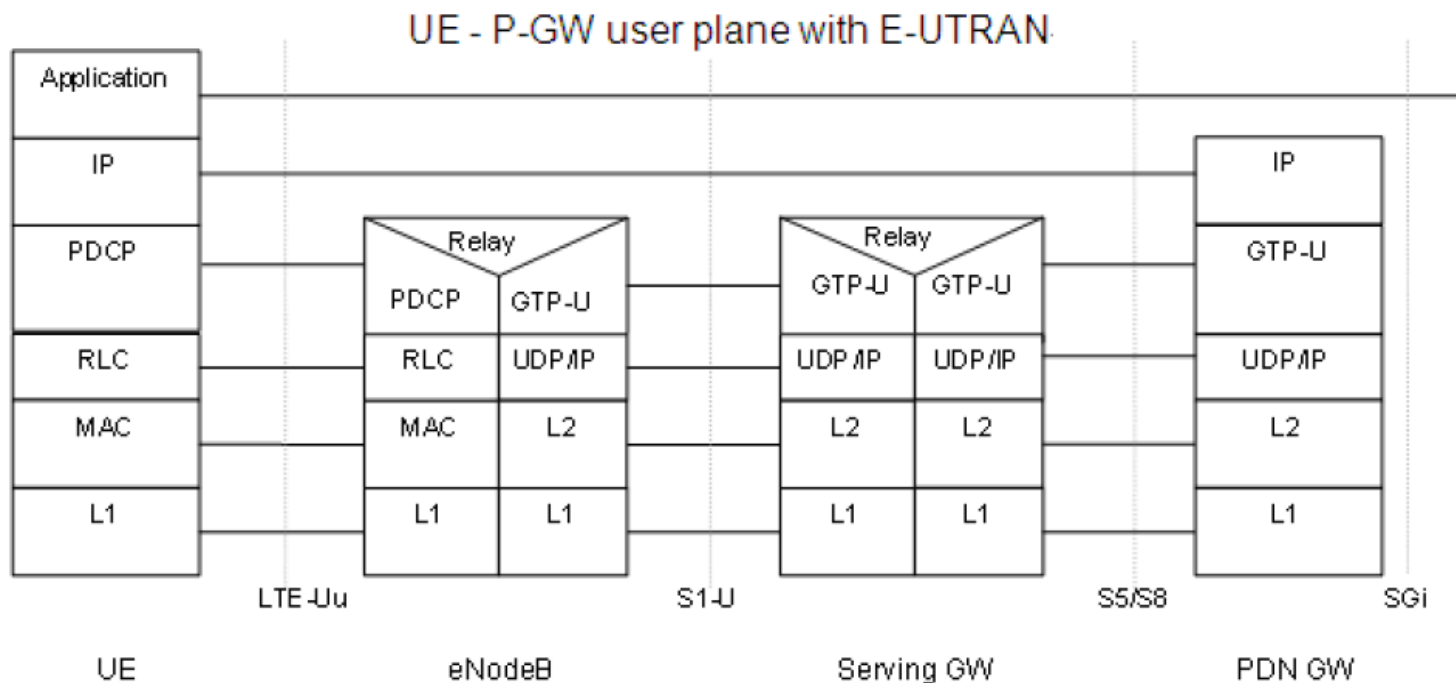


E-UTRAN Architektúra



E-UTRAN Architecture

Protocol arch. – user plane



Legend:

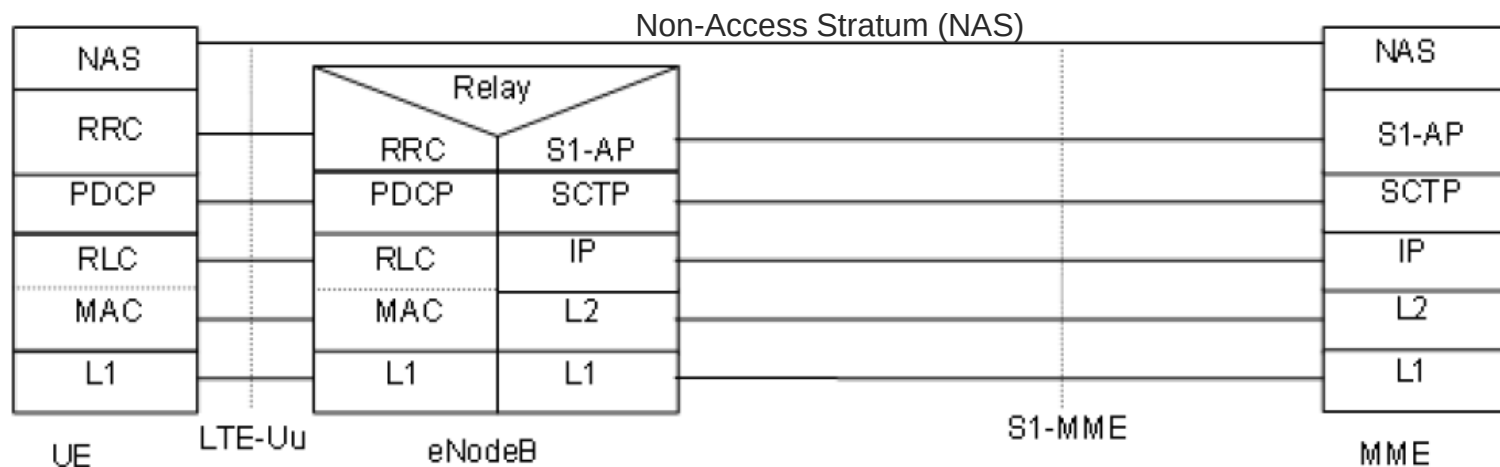
GPRS Tunneling Protocol for the user plane (GTP-U): This protocol tunnels user data between eNodeB and the S-GW as well as between the S-GW and the P-GW in the backbone network. GTP shall encapsulate all end user IP packets.

MME controls the user plane tunnel establishment and establishes User Plane Bearers between eNodeB and S-GW.

UDP/IP: These are the backbone network protocols used for routing user data and control signalling.

LTE-Uu: The radio protocols of E-UTRAN between the UE and the eNodeB are specified in TS 36.300 [5].

[Protocol arch. – ctrl plane]



Legend:↗

NAS: The NAS protocol supports mobility management functionality and user plane bearer activation, modification and deactivation. It is also responsible of ciphering and integrity protection of NAS signalling.

LTE-Uu: The radio protocol of E-UTRAN between the UE and the eNodeB is specified in TS 36.300 [5].



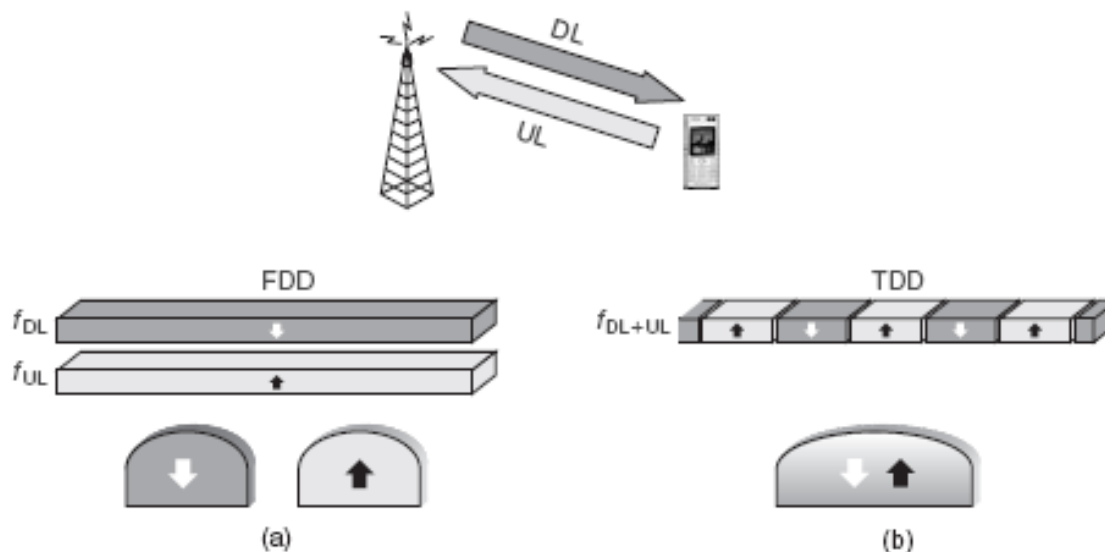
PHY

[Fizikai réteg]

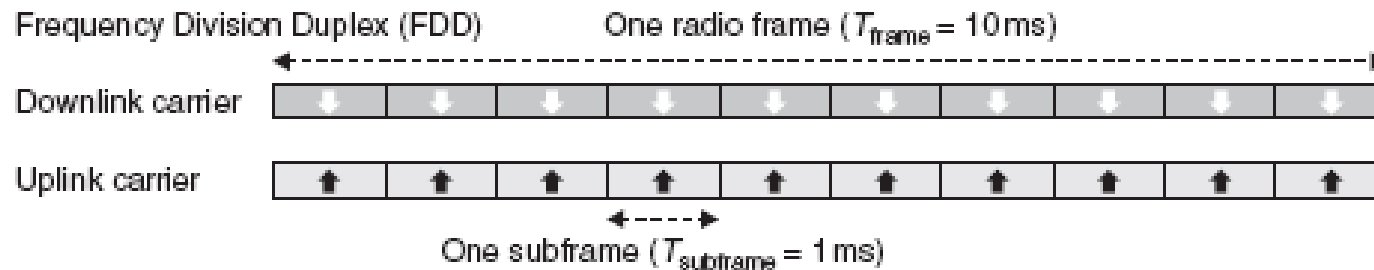
- A fizikai réteget adaptálják a sáv szélesség igény függvényében
- Downlink irányban QPSK, 16QAM és 64QAM, uplink irányban QPSK, 16QAM modulációt használnak. A broadcast csatorna csak QPSK modulációt használ (így mindenki tudja fogadni az információt)
- Két rádiós keretet definiáltak: Frame Structure 1 (FD1) és FD2. Egy keret 10ms időtartamú. FD1-et FDD-re, FD2-t TDD-re használják.
- Egy resource block (RB) 0.5ms ideig tart (egy időrésnyit = 1 slot), és 12 alvivőt nyalából össze. Egy alvivő (subcarrier) 15kHz => 1 SB = 180kHz

[TDD és FDD]

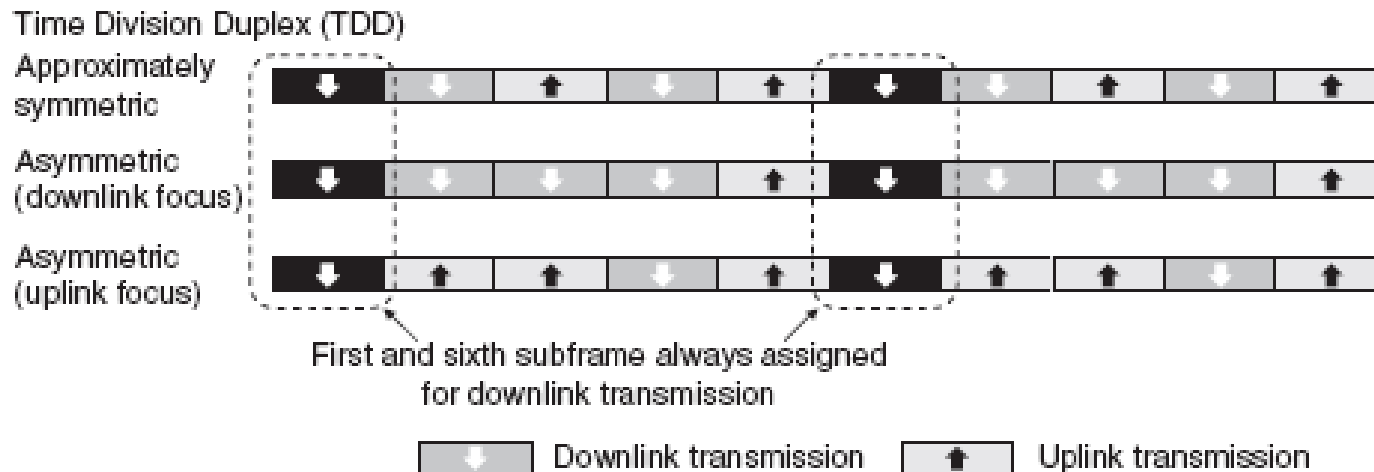
- Az FDD csak merev ütemezést engedélyez ($UL = DL$).
- A TDD rugalmas ütemezést engedélyez (lásd köv. fólia)



TDD vs FDD

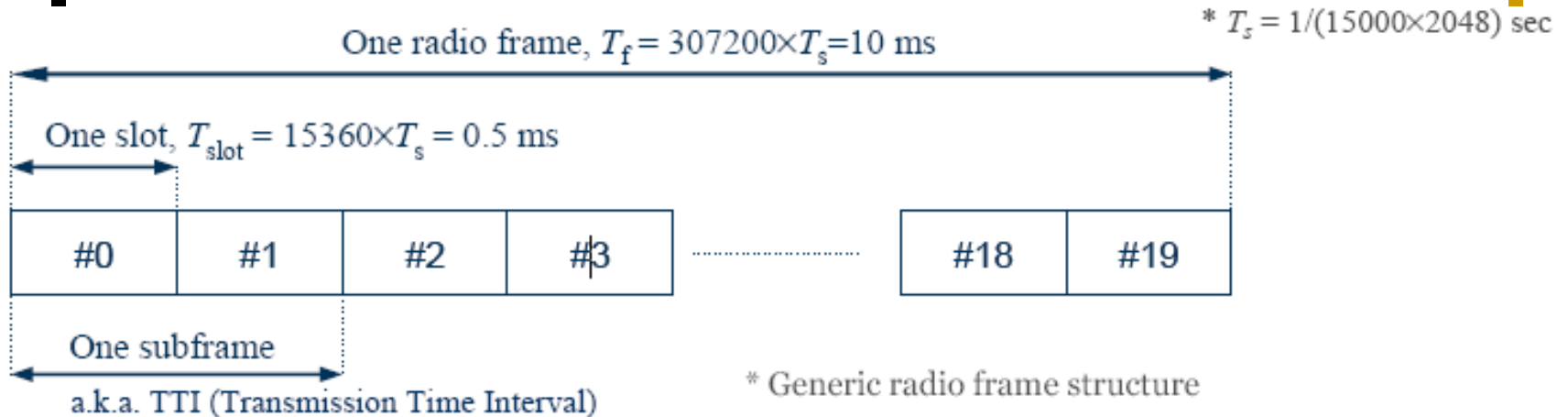


(a)



(b)

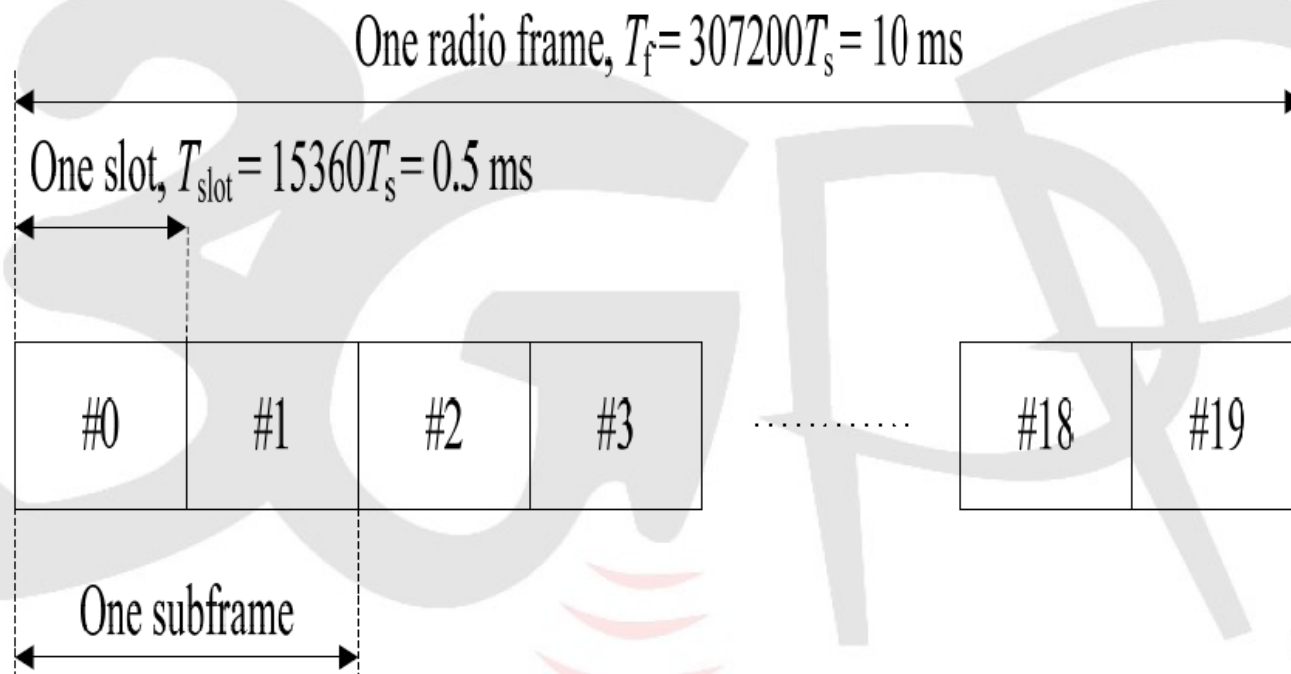
LTE keretstruktúra



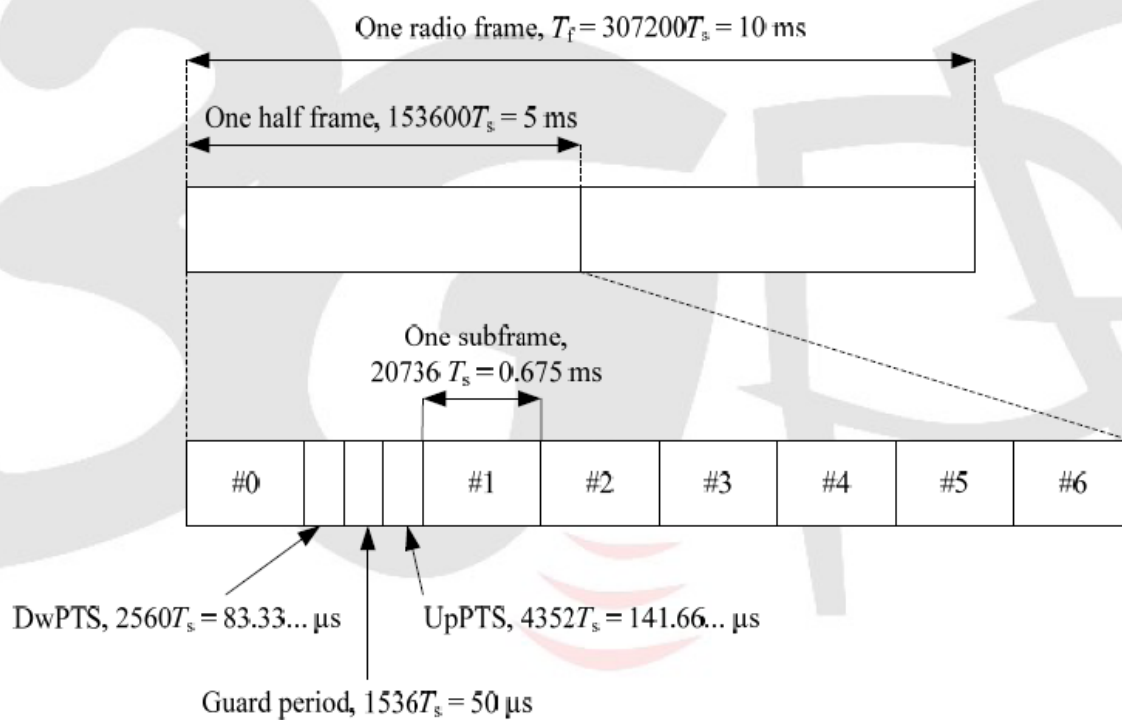
- One element that is shared by the LTE Downlink and Uplink is the generic frame structure. The LTE specifications define both FDD and TDD modes of operation. This generic frame structure is used with FDD. Alternative frame structures are defined for use with TDD.
- LTE frames are 10 msec in duration. They are divided into 10 subframes, each subframe
 - being 1.0 msec long. Each subframe is further divided into two slots, each of 0.5 msec duration. Slots consist of either 6 or 7 OFDM symbols, depending on whether the normal or extended cyclic prefix is employed

[source: 3GPP TR 25.814]

[Frame 1]



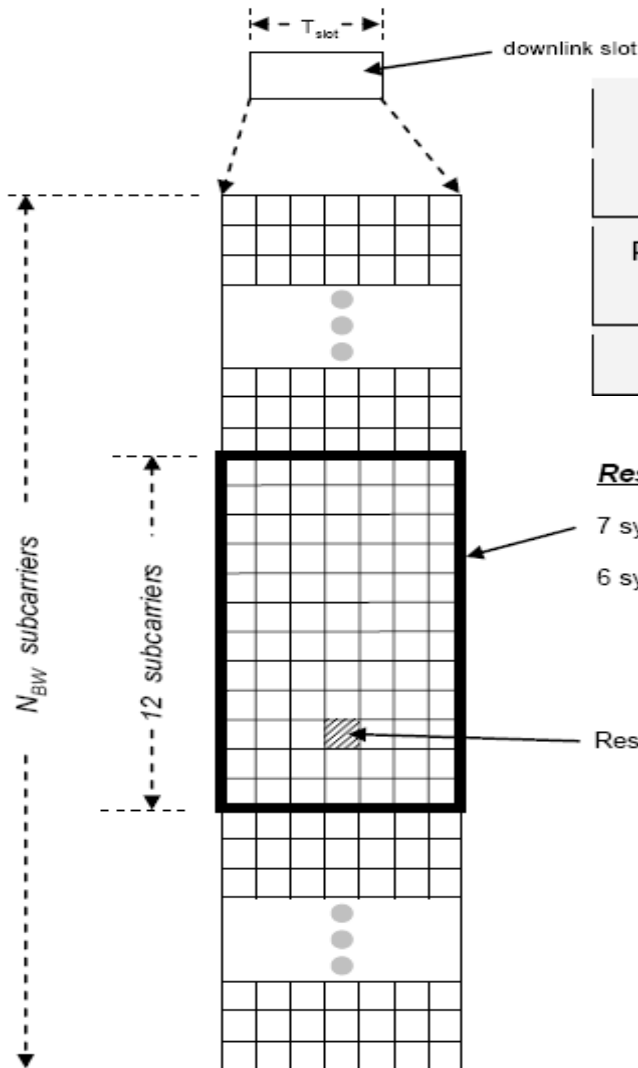
[Frame 2]



Általános keret struktúra

Available Downlink Bandwidth is Divided into Physical Resource Blocks

Bandwidth (MHz)	1.25	2.5	5.0	10.0	15.0	20.0
Subcarrier bandwidth (kHz)	15					
Physical resource block (PRB) bandwidth (kHz)	180					
Number of available PRBs	6	12	25	50	75	100

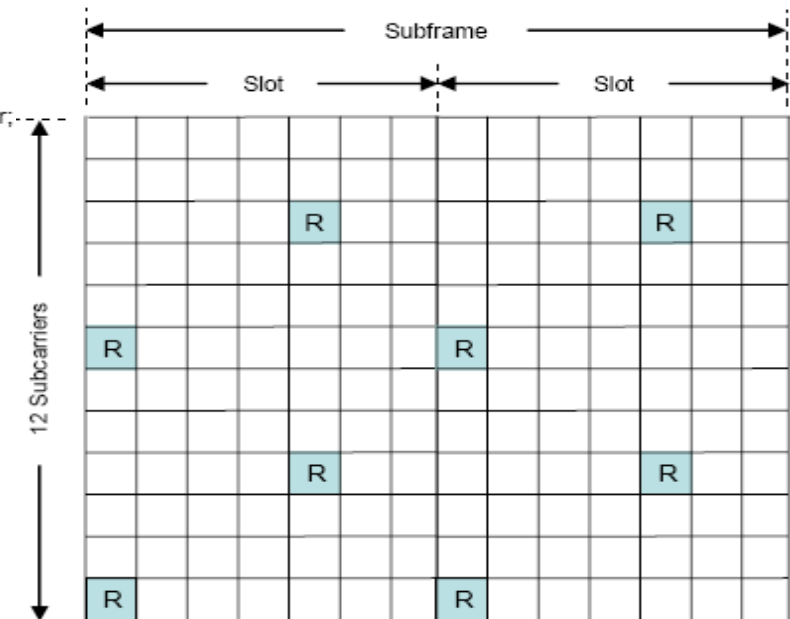


Resource Block:

7 symbols X 12 subcarriers (short CP), or;
6 symbols X 12 subcarriers (long CP)

Resource Element

LTE Reference Signals
are Interspersed Among
Resource Elements



[source: 3GPP TR 25.814]

Figure 16.5 outlines the more detailed time-domain structure for LTE downlink transmission. Each 1 ms subframe consists of two equally sized *slots* of length $T_{\text{slot}} = 0.5 \text{ ms}$ ($15360 \cdot T_s$). Each slot then consists of a number of OFDM symbols including cyclic prefix.

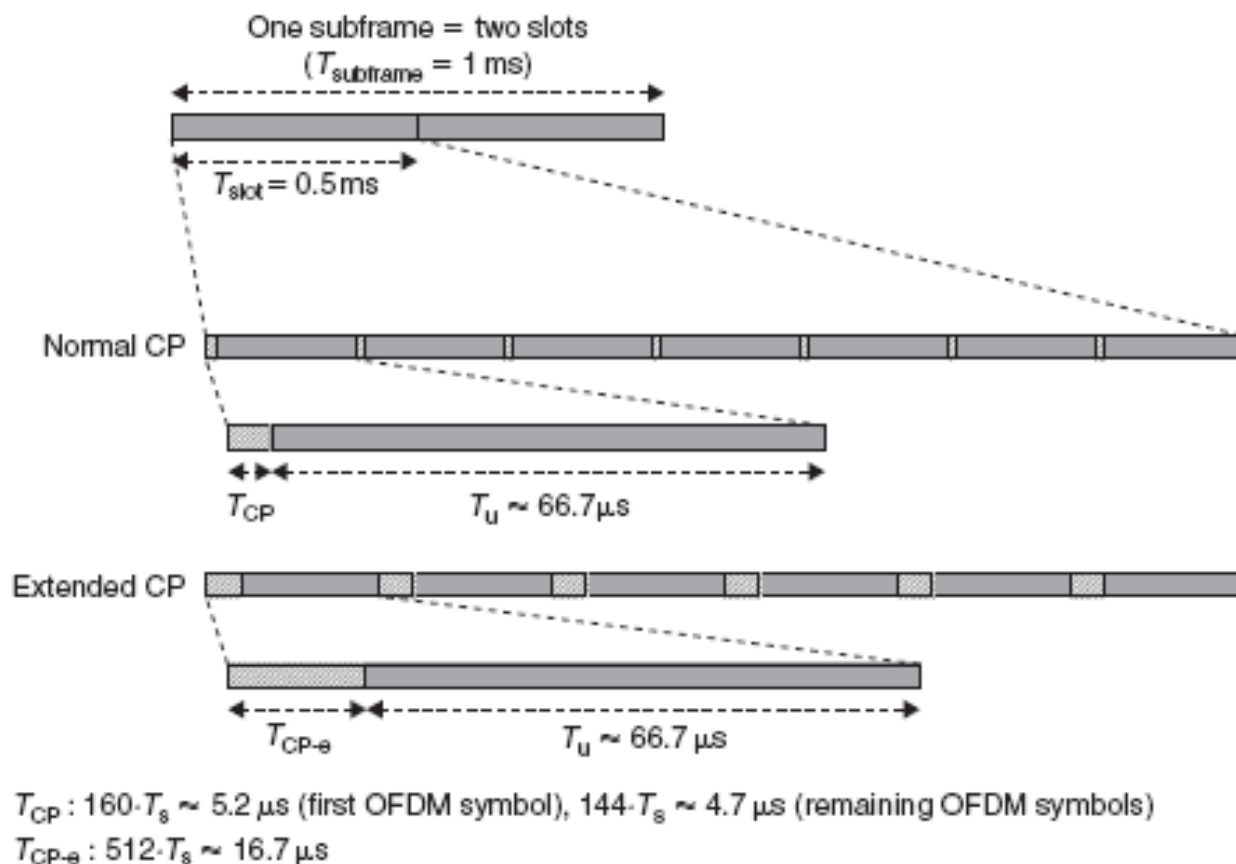


Figure 16.5 LTE downlink subframe and slot structure. One subframe consisting of two equally-sized slots. Each slot consisting of six or seven OFDM symbols in case of normal and extended cyclic prefix, respectively.

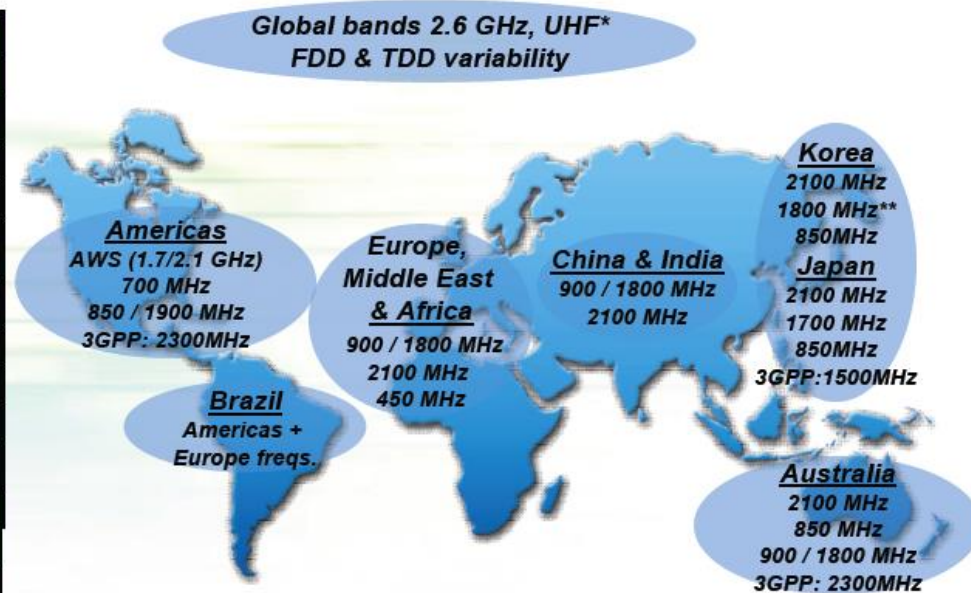
[LTE BW/resource conf.]

Channel bandwidth [MHz]	1.4	3	5	10	15	20
Number of resource blocks (N_{RB})	6	15	25	50	75	100
Number of occupied subcarriers	72	180	300	600	900	1200
IDFT(Tx)/DFT(Rx) size	128	256	512	1024	1536	2048
Sample rate [MHz]	1.92	3.84	7.68	15.36	23.04	30.72
Samples per slot	960	1920	3840	7680	11520	15360

*3GPP TS 36.104

LTE Spektrum

FDD		
Band	Identifier	Frequencies (MHz)
I	IMT Core Band	1920-1980/2110-2170
II	PCS 1900	1850-1910/1930-1990
III	GSM 1800	1710-1785/1805-1880
IV	AWS (US & other)	1710-1755/2110-2155
V	850	824-849/869-894
VI	850 (Japan)	830-840/875-885
VII	IMT Extension	2500-2570/2620-2690
VIII	GSM 900	880-915/925-960
IX	1700 (Japan)	1750-1785/1845-1880
TDD		
Band	Identifier	Frequencies (MHz)
a	TDD 2000	1900-1920 & 2010-2025
b	TDD 1900	1850-1910 & 1930-1990
c	PCS center gap	(1915) 1910-1930
d	IMT extension center gap	2570-2620



* Digital dividend band will also be available, timing and amount of spectrum may vary per country

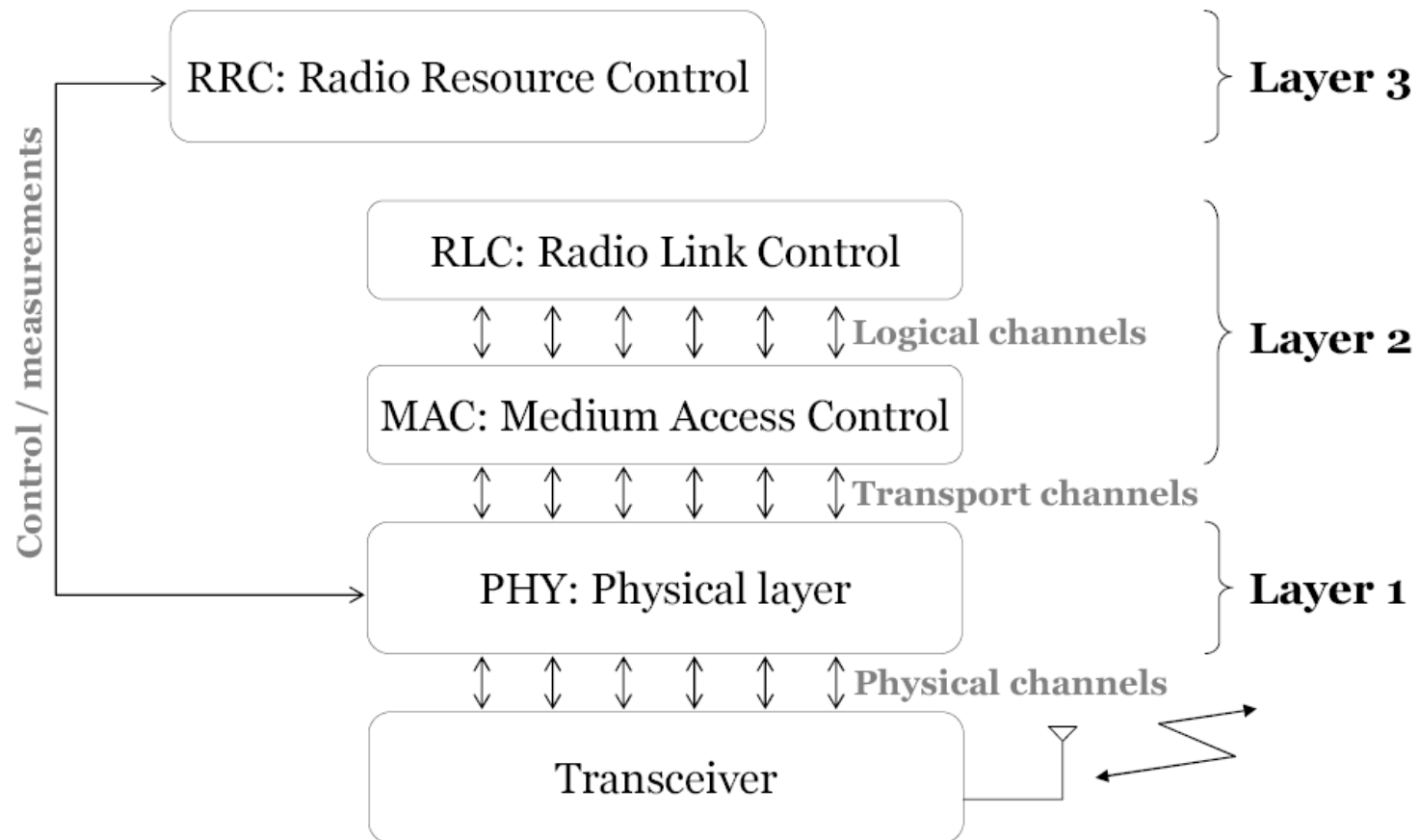
** Not the same as Europe's 1800MHz

• 3GPP is defining additional FDD bands as shown

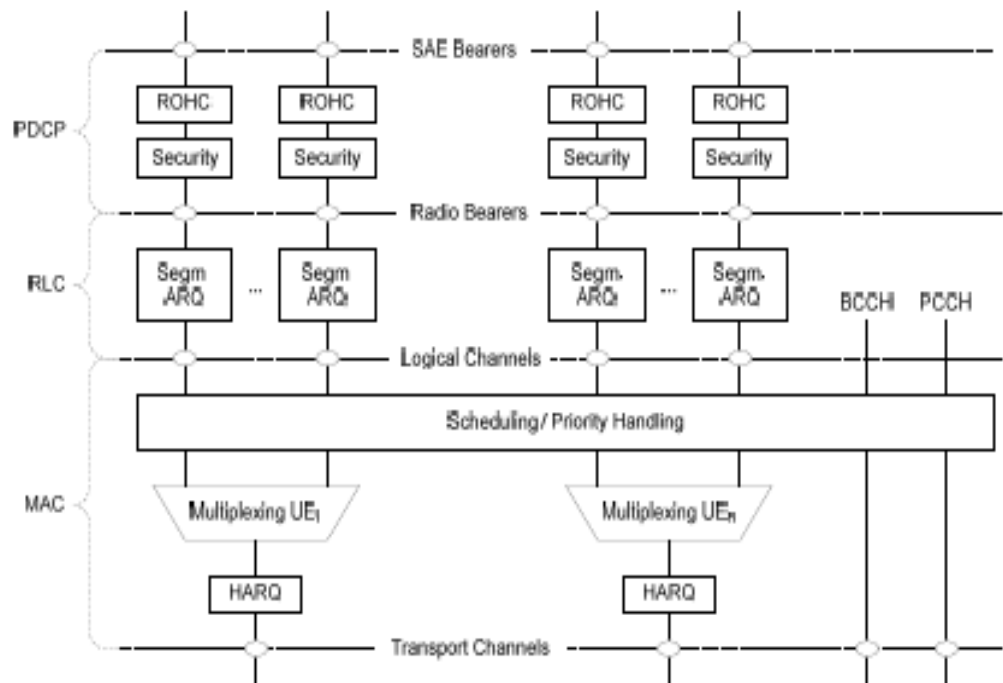


Layer 2

Emlékeztető: LTE protokoll verem



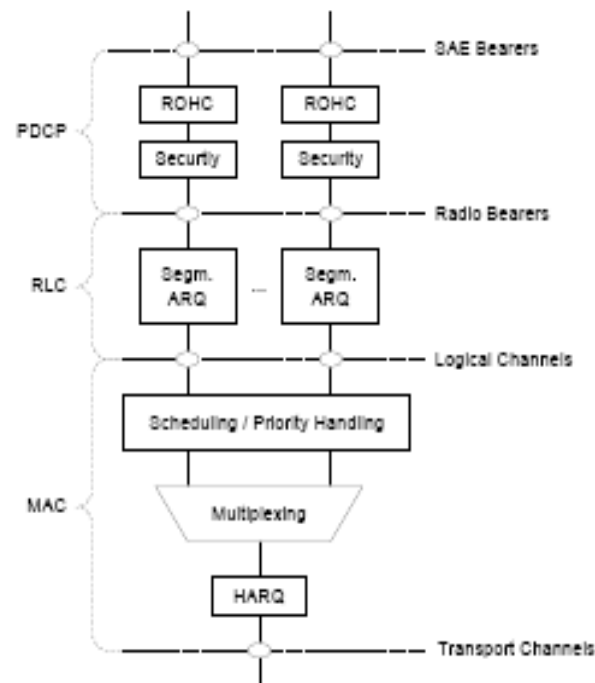
Layer 2



DL

A három alréteg:

- ☐ Medium Access Control(MAC)
- ☐ Radio Link Control(RLC)
- ☐ Packet Data Convergence Protocol(PDCP)



UL

[Source: E-UTRAN Architecture(3GPP TR 25.012)

[Layer 2

- **MAC (media access control)**
 - uplink és downlink ütemezés, HARQ (újraküldés) vezérlés
 - Logikai és szállítási csatornák egymáshoz rendelése
- **RLC (radio link control)**
 - Veszteségmentes és sorrendhelyes adatátvitelre fókuszál
 - 3 megbízhatósági szintet (reliability mode) biztosít az adatátvitelhez (ld. alább)
- **Acknowledged Mode (AM)**
 - non-RT (NRT) szolgáltatás: file downloads
- **Unacknowledged Mode (UM)**
 - Real Time (RT) szolgáltatás - mivel ezek késleltetés érzékenyek, inkább vesszen el egy-egy csomag, minthogy újraküldés miatt növekedjen a késleltetés
- **Transparent Mode (TM)**
 - broadcasting system information (ilyenkor előre ismerik a PDU méretét)

[Layer 2 (folytatás)]

■ PDCP (packet data convergence protocol)

- Rádiós szintű fejléctömörítés és biztonsági funkciók

■ RRC (radio resource control)

- Rádiós vivők kiépítése, kezelése
- Active mode mobility management
- Rendszerszintű vezérlés szórása aktív UE-nek
 - Különben a NAS protocolok feladata

[Szállítási Csatornák]

- **Jelentősen egyszerűsödött a csatornák száma**
 - Egy eNB-hez tartozó UE-k számára közös (shared) csatornák
 - megszűntek a „dedicated channels” (egyedi csatornák)

- **Downlink szállítás:**
- **Broadcast Channel (BCH)**
- **Downlink Shared Channel (DL-SCH)**
- **Paging Channel (PCH)**
- **Multicast Channel (MCH)**

- **Uplink szállítás:**
- **Uplink Shared Channel (UL-SCH)**
- **Random Access Channel (RACH)**

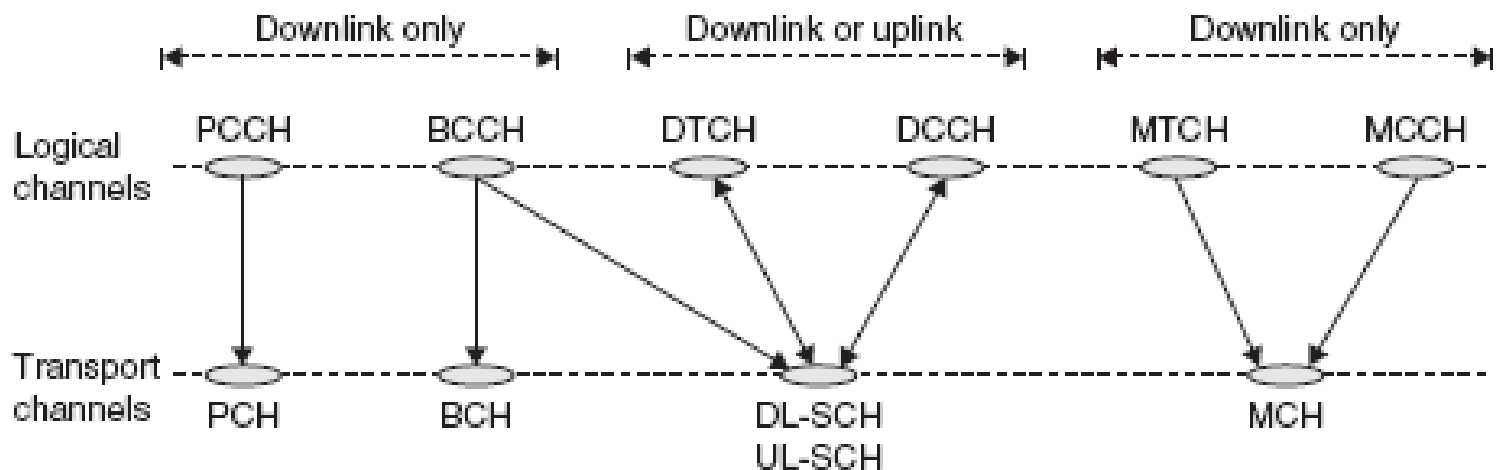
[Szállítási (transport) csatornák]

- *Broadcast Channel (BCH)*
 - Rögzített szállítási formátum
 - A BCCH logikai csatornához van rendelve
- *Paging Channel (PCH)*
 - paging információ szállítása (PCCH logikai csatorna)
 - discontinuous reception (DRX) támogatása
 - UE oldalon akku kímélés, mert ritkábban, előre meghatározott időpontokban kell figyelni.
- *Downlink Shared Channel (DL-SCH)*
 - downlink adatszállítás az LTE-ben
 - jellemzői
 - Dinamikus adatsebesség állítása
 - Csatorna-függő ütemezés (idő- és frekvenciatartományban)
 - Hybrid ARQ
 - Térbeli multiplexelés
 - DRX
 - A DL-SCH TTI időtartama 1 ms
- *Multicast Channel (MCH)*
 - MBMS támogatására
- *Uplink Shared Channel (UL-SCH)*
 - uplink megfelelője a DL-SCH-nek

[Logikai csatornák]

- *Broadcast Control Channel (BCCH)*, rendszerszintű vezérlési üzenetek
- *Paging Control Channel (PCCH)* ha nem ismert az UE cella-szintű helyzete (egyszerre több cellába sugározzák)
- *Dedicated Control Channel (DCCH)* UE-nként egyedi vezérlési üzenetek
- *Multicast Control Channel (MCCH)*, MTCH használatához szükséges vezérlési üzenetek
- *Dedicated Traffic Channel (DTCH)*, minden felhasználói (adat) üzenet szállítása, kivéve az MBMS (multicast/broadcast) adat
- *Multicast Traffic Channel (MTCH)*, MBMS (multicast/broadcast) adat továbbítása (értelemszerűen csak DL)

[Logikai csatornák leképezése]



Csatornák áttekintése

A downlink logikai és szállítási csatornák megfeleltetése

Logical channels

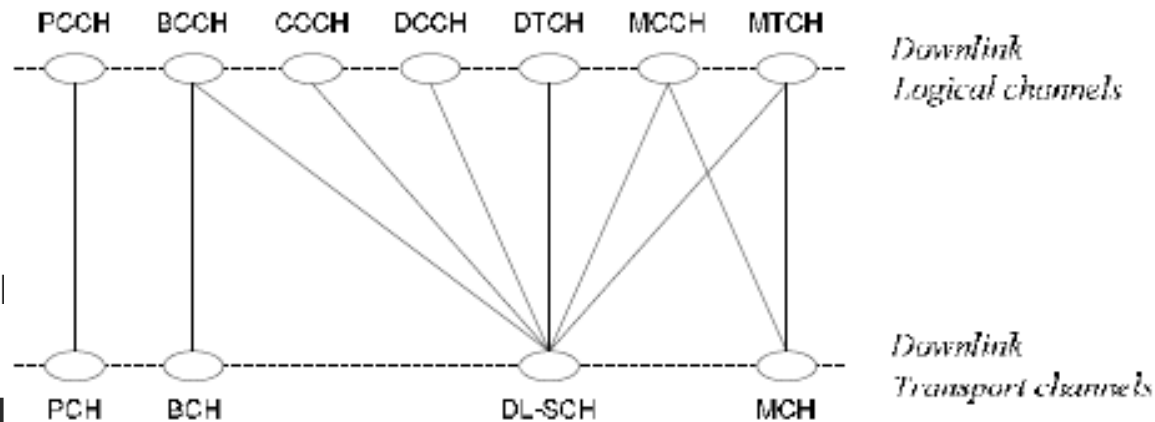
- Vezérlési és szállítási

Vezérlési csatornák:

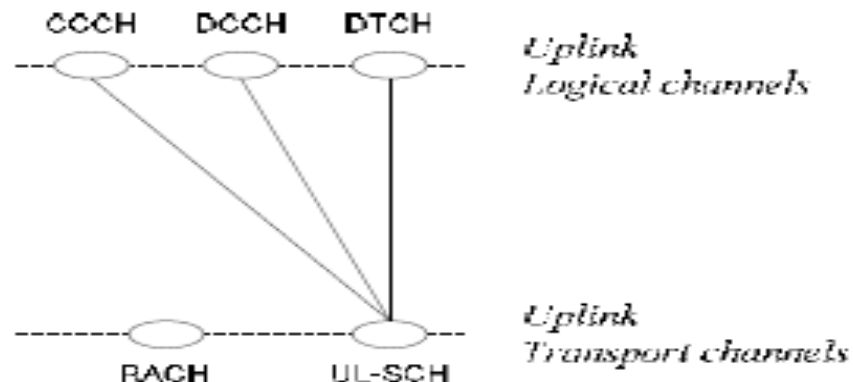
- Broadcast Control Channel (BCCH)
- Paging Control Channel (PCCH)
- Common Control Channel (CCCH)
- Multicast Control Channel (MCCH)
- Dedicated Control Channel (DCCH)

Szállítási csatornák:

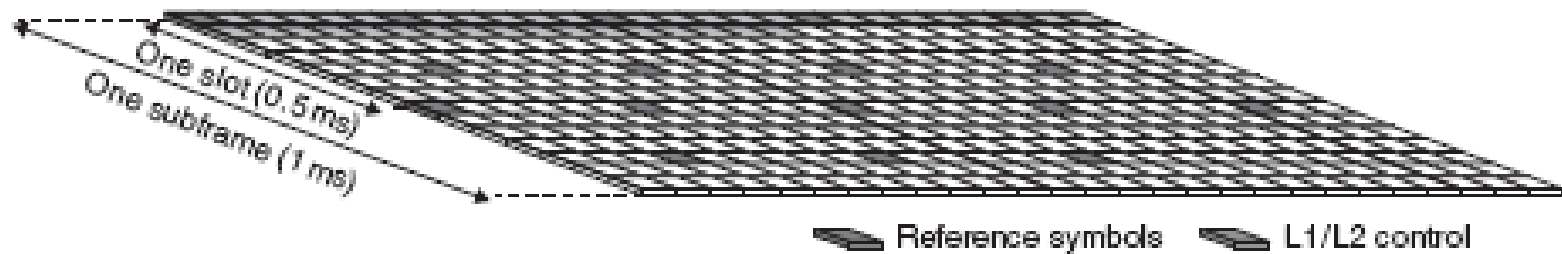
- Dedicated Traffic Channel (DTCH)
- Multicast Traffic Channel (MTCH)



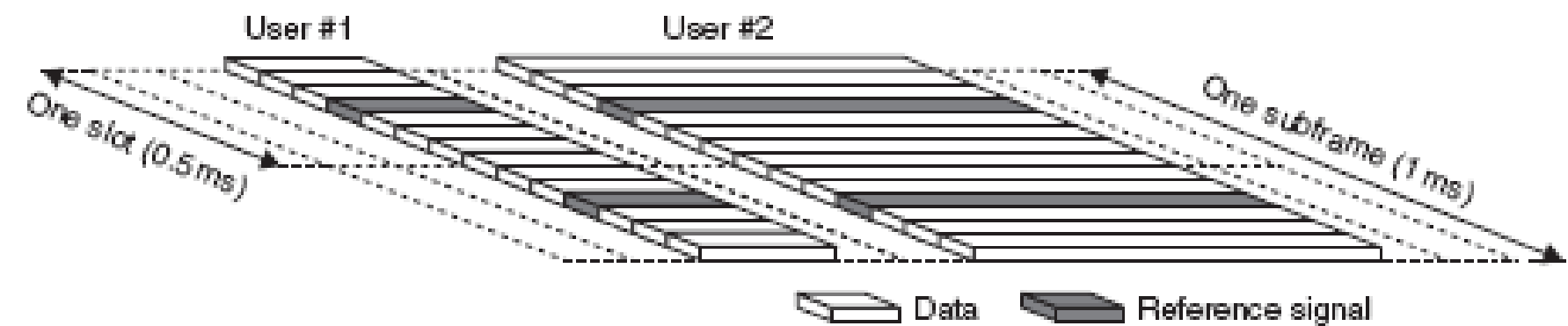
Mapping between uplink logical and transport channels



[Downlink ctrl]



[Uplink ctrl]



[LTE MBMS]

- **MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Services)**
 - Üzenetszórás és multicast támogatása
 - Eredetileg úgy gondolták, hogy a multimédia szolgáltatások nyújtásához elengedhetetlen
- **Single Frequency Network (SFN)**
 - Ugyanazt a tartalmat, ugyanabban a frekvenciasávban (subcarriereken), különböző cellákban
 - Egymásra tevődő jelek a szomszédos cellákban, de ezt az UE a multipath terjedéshez hasonlóan tudja kezelni
- **E-UTRAN**
 - Beállítja, mely cellák részei az SFN – MBMS szolgáltatásnak
 - Vivő szinten szükség szerint keverhető/leválasztható az unicast forgalomtól

A decorative graphic consisting of a thin gold circle on the left side. A horizontal bar, divided into a gold left half and a light gray right half, passes through the center of the circle. A large black left square bracket is positioned on the gold part of the bar, and a large gold right square bracket is on the gray part. The word "Misc." is written in black text on the gold section of the bar.

Misc.



Downlink Physical Layer Procedures

■ For E-UTRA, the following downlink physical layer procedures are especially important:

- Cell search and synchronization:
- Scheduling:
- Link Adaptation:
- Hybrid ARQ (Automatic Repeat Request)

[Vertical handover]

Table 13.2 *Interruption time requirements, LTE – GSM and LTE – WCDMA.*

	Non-real-time (ms)	Real-time (ms)
LTE to WCDMA	500	300
LTE to GSM	500	300

[Services

Service category	Current environment	LTE environment
Rich voice	Real-time audio	VoIP, high quality video conferencing
P2F messaging	SMS, MMS, low priority e-mails	Photo messages, IM, mobile e-mail, video messaging
Browsing	Access to online information services, for which users pay standard network rates. Currently limited to WAP browsing over GPRS and 3G networks	Super-fast browsing, uploading content to social networking sites
Paid information	Content for which users pay over and above standard network charges. Mainly text-based information.	E-newspapers, high quality audio streaming
Personalisation	Predominantly ringtones, also includes screensavers and ringbacks	Realtones (original artist recordings), personalised mobile web sites
Games	Downloadable and online games	A consistent online gaming experience across both fixed and mobile networks
TV/ video on demand	Streamed and downloadable video content	Broadcast television services, true on-demand television, high quality video streaming
Music	Full track downloads and analogue radio services	High quality music downloading and storage
Content messaging and cross media	Peer-to-peer messaging using third party content as well as interaction with other media	Wide scale distribution of video clips, karaoke services, video-based mobile advertising
M-commerce	Commission on transactions (including gambling) and payment facilities undertaken over mobile networks	Mobile handsets as payment devices, with payment details carried over high speed networks to enable rapid completion of transactions
Mobile data networking	Access to corporate intranets and databases, as well as the use of applications such as CRM	P2P file transfer, business applications, application sharing, M2M communication, mobile intranet/ extranet



LTE vs WiMAX

- First, both are 4G technologies designed to move data rather than voice and both are IP networks based on OFDM technology.
- WiMax is based on a IEEE standard (802.16), and like that other popular IEEE effort, Wi-Fi, it's an open standard that was debated by a large community of engineers before getting ratified. In fact, we're still waiting on the 802.16m standard for faster mobile WiMax to be ratified. The level of openness means WiMax equipment is standard and therefore cheaper to buy — sometimes half the cost and sometimes even less. Depending on the spectrum allotted for WiMax deployments and how the network is configured, this can mean a WiMax network is cheaper to build.
- As for speeds, LTE will be faster than the current generation of WiMax, but 802.16m that should be ratified in 2009 is fairly similar in speeds.
- However, LTE will take time to roll out, with deployments reaching mass adoption by 2012 . WiMax is out now, and more networks should be available later this year.
- The crucial difference is that, unlike WiMAX, which requires a new network to be built, LTE runs on an evolution of the existing UMTS infrastructure already used by over 80 per cent of mobile subscribers globally. This means that even though development and deployment of the LTE standard may lag Mobile WiMAX, it has a crucial incumbent advantage.

[References

- <http://www.3gpp.org/>
- 3GPP TR 25.913. Requirements for Evolved UTRA (E-UTRA) and Evolved UTRAN (E-UTRAN).
- Towards 4G IP-based Wireless Systems, Tony Ottosson Anders Ahlén² Anna Brunstrom, Mikael Sternad and Arne Svensson, http://db.s2.chalmers.se/download/publications/ottosson_1007.pdf
- H. Ekström et al., “Technical Solutions for the 3G Long-Term Evolution,” IEEE Communication. Mag., vol. 44, no. 3, March 2006, pp. 38–45
- The 3G Long-Term Evolution – Radio Interface Concepts and Performance Evaluation
- Erik Dahlman, Hannes Ekström, Anders Furuskär, Ylva Jading, Jonas Karlsson, Magnus Lundevall, Stefan Parkvall
- http://www.ericsson.com/technology/research_papers/wireless_access/doc/the_3g_long_term_evolution_radio_interface.pdf
- Mobile Network Evolution :From 3G Onwards
- <http://www1.alcatel-lucent.com/doctypes/articlepaperlibrary/pdf/ATR2003Q4/T0312-Mobile-Evolution-EN.pdf>
- White Paper by NORTEL -Long-Term Evolution (LTE): The vision beyond 3G
- <http://www.nortel.com/solutions/wireless/collateral/nn114882.pdf>
- [Long Term Evolution (LTE): an introduction, October 2007 Ericsson White Paper]
- http://www.ericsson.com/technology/whitepapers/lte_overview.pdf

[References]

- Long Term Evolution (LTE) :A Technical Overview - Motorola technical white paper
http://www.motorola.com/staticfiles/Business/Solutions/Industry%20Solutions/Service%20Providers/Wireless%20Operators/LTE/_Document/Static%20Files/6834_MotDoc.pdf
- Key Features and Technologies in 3G Evolution, Francois China Institute for Infocomm Research
■ http://www.eusea2006.org/workshops/workshopsession.2006-01-11.3206361376/sessionspeaker.2006-04-10.9519467221/file/at_download
- Overview of the 3GPP Long Term Evolution Physical Layer,Jim Zyren,Dr. Wes McCoy
■ http://www.freescale.com/files/wireless_comm/doc/white_paper/3GPPEVOLUTIONWP.pdf
- Technical Overview of 3GPP Long Term Evolution (LTE) Hyung G. Myung
<http://hgmyung.googlepages.com/3gppLTE.pdf>
- [http://wireless.agilent.com/wireless/helpfiles/n7624b/3gpp_\(lte_uplink\).htm](http://wireless.agilent.com/wireless/helpfiles/n7624b/3gpp_(lte_uplink).htm)