

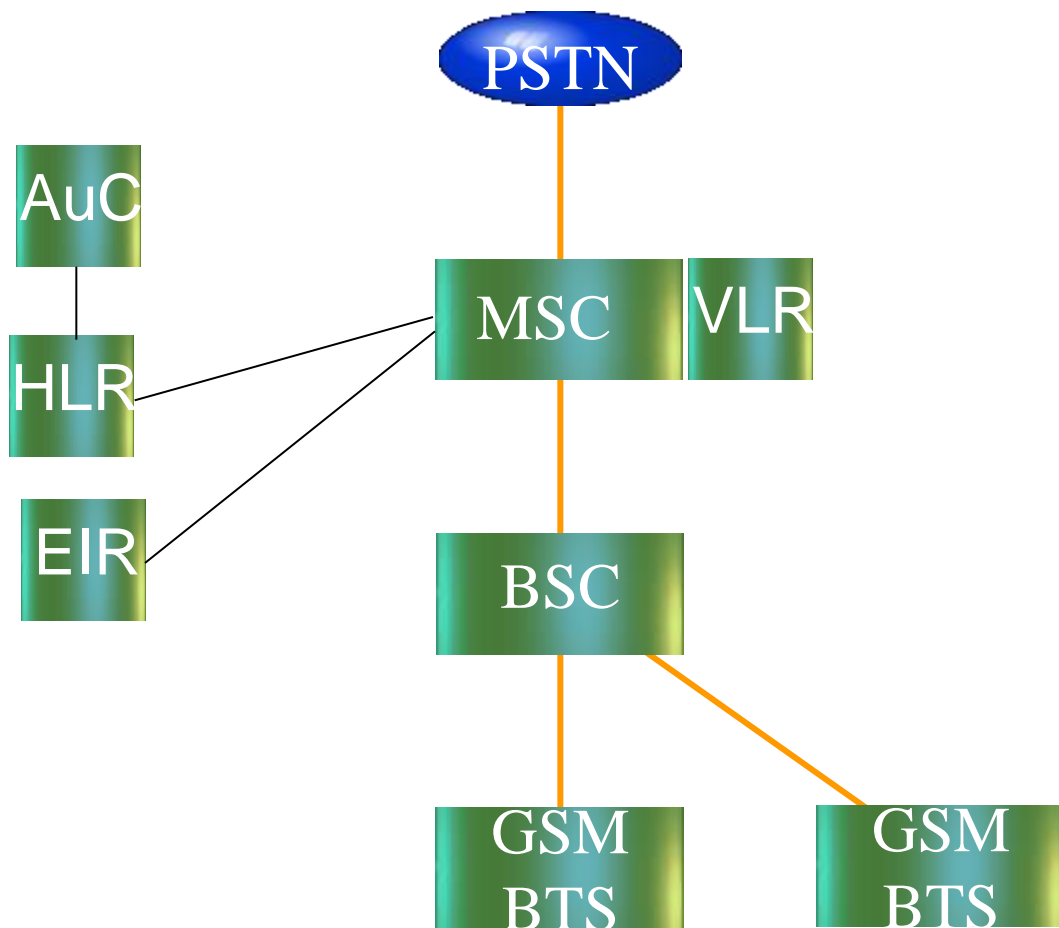
# ÚTON AZ 5. GENERÁCIÓ FELÉ – RÁDIÓS HÁLÓZATOK EVOLÚCIÓJA

*Ez az előadás alcíme vagy a tárgy neve vagy a konferencia neve*

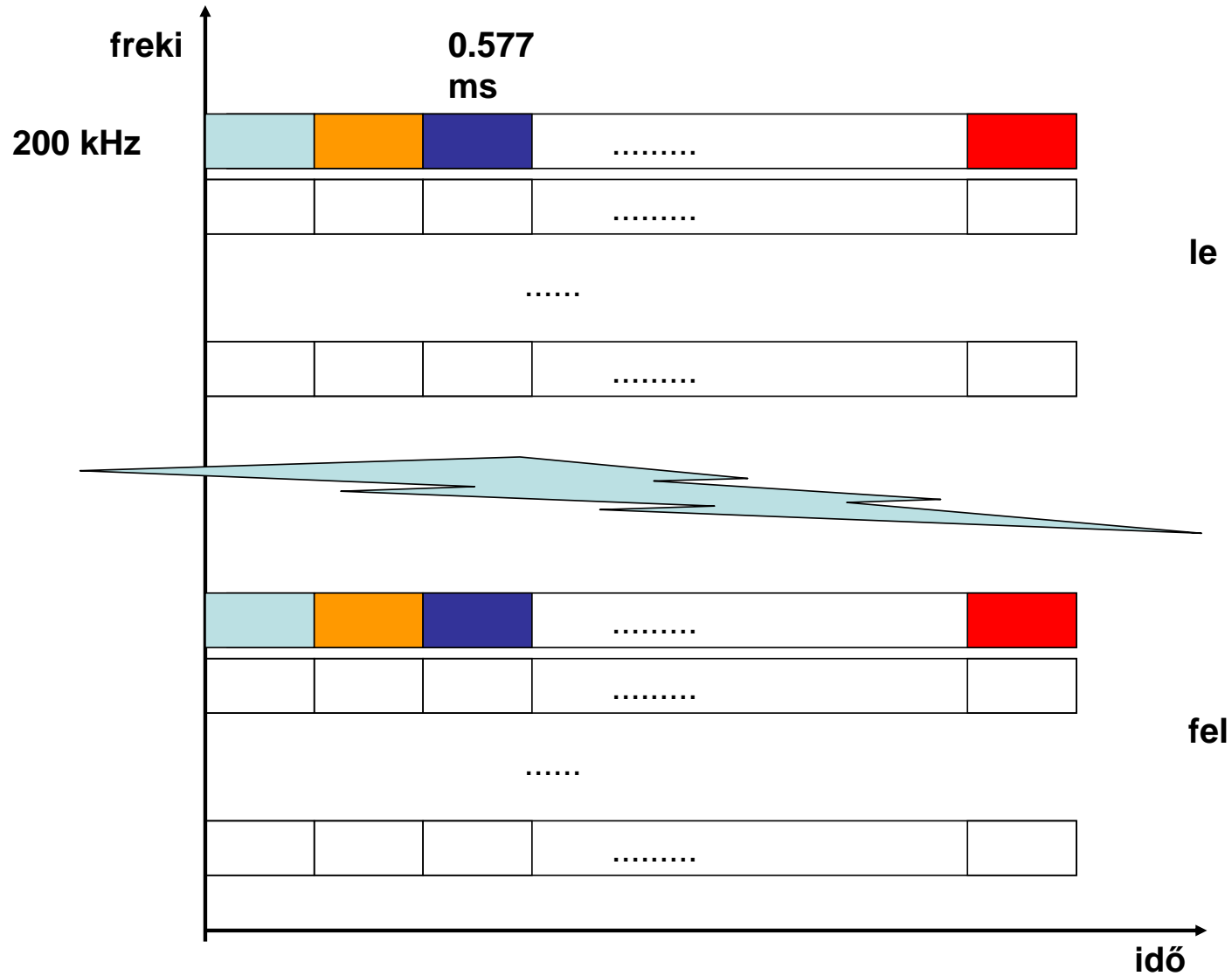
Dr. Fazekas Péter  
BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék  
fazekasp@hit.bme.hu

- 2G -> 4G fejlődés áttekintése röviden
  - hálózat
  - rádiós interfész
- Rádiós hálózat megvalósítási, fejlesztési trendek
  - architektúra
  - megvalósítás
  - út a szabványosítás felé
- Mi várható egy 5G rádiós hálózatban
  - követelmények
  - új területek
  - új architektúra koncepciók

- Évtized eleje: első kereskedelmi rendszerek elindulnak
  - 2G GSM: ~91; 3G UMTS: 2000; „4G LTE”: 2010
- Évtized közepe: továbbfejlesztett változatok, szabványban is és kereskedelmi forgalomban is
  - GPRS, EDGE (kilencvenes évek)
  - HSDPA, HSPA+ (kétezres évek) a „Mobil internet”
  - LTE-Advanced („igazi 4G”), LTE-direct: ma
- Évtized harmadik harmada, vége: új rendszer szabványosítása
- Évtized vége: első pilot- és tesztrendszerek
- A korábbi rendszerek továbbfejlesztése nem áll le
  - pl. HSPA+ továbbfejlesztések az új szabványokban és új termékekben
- Termékekben: integrált megoldások, visszafelé kompatibilitásra törekvés



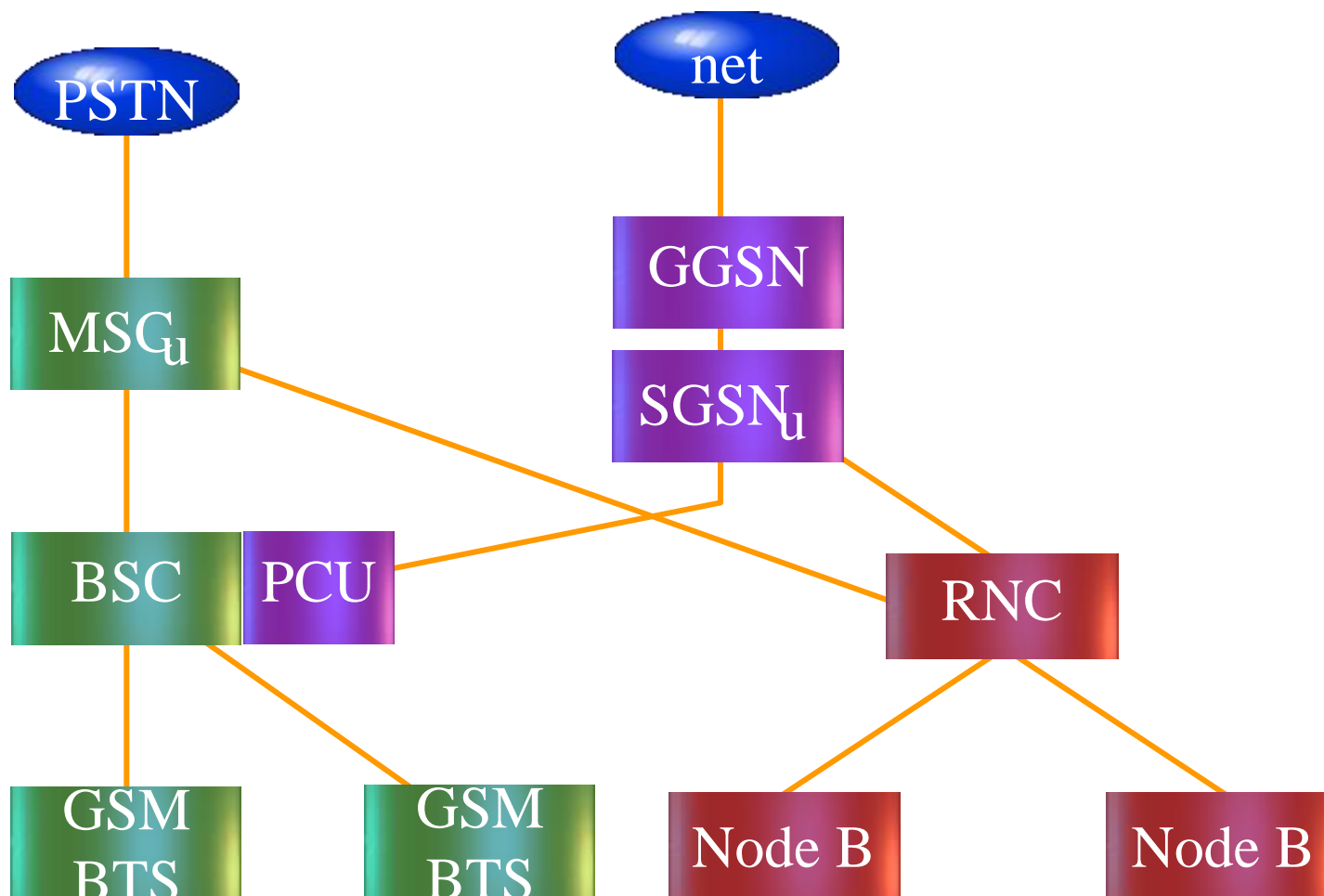
# GSM rádiós interfész



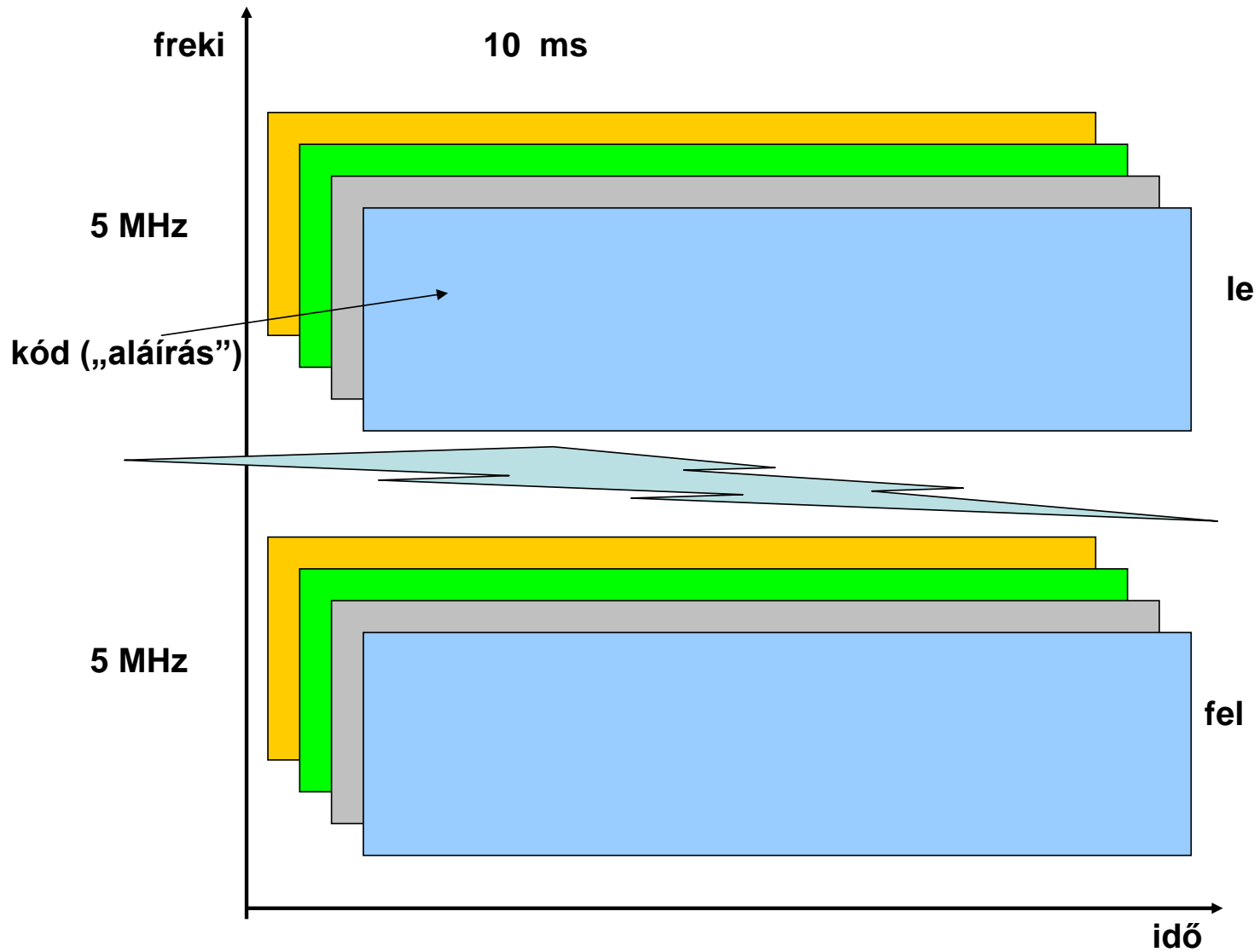
# GSM, GPRS rádiós interfész

- időosztásos, frekvenciaduplex
- GSM: egy időrés hívásonként, áramkörkapcsolt adat, GMSK moduláció
- GPRS
  - több időrés összevonása
  - egy időrést (adott sorszámút) időben megosztva több előfizető használhat
  - kezdetleges QoS
    - késleltetés
    - adatvesztés
- EDGE, EGPRS: magasabb állapotszámú moduláció (8PSK), több időrés, később: több vivőfrekvencia

# GSM - UMTS hálózat

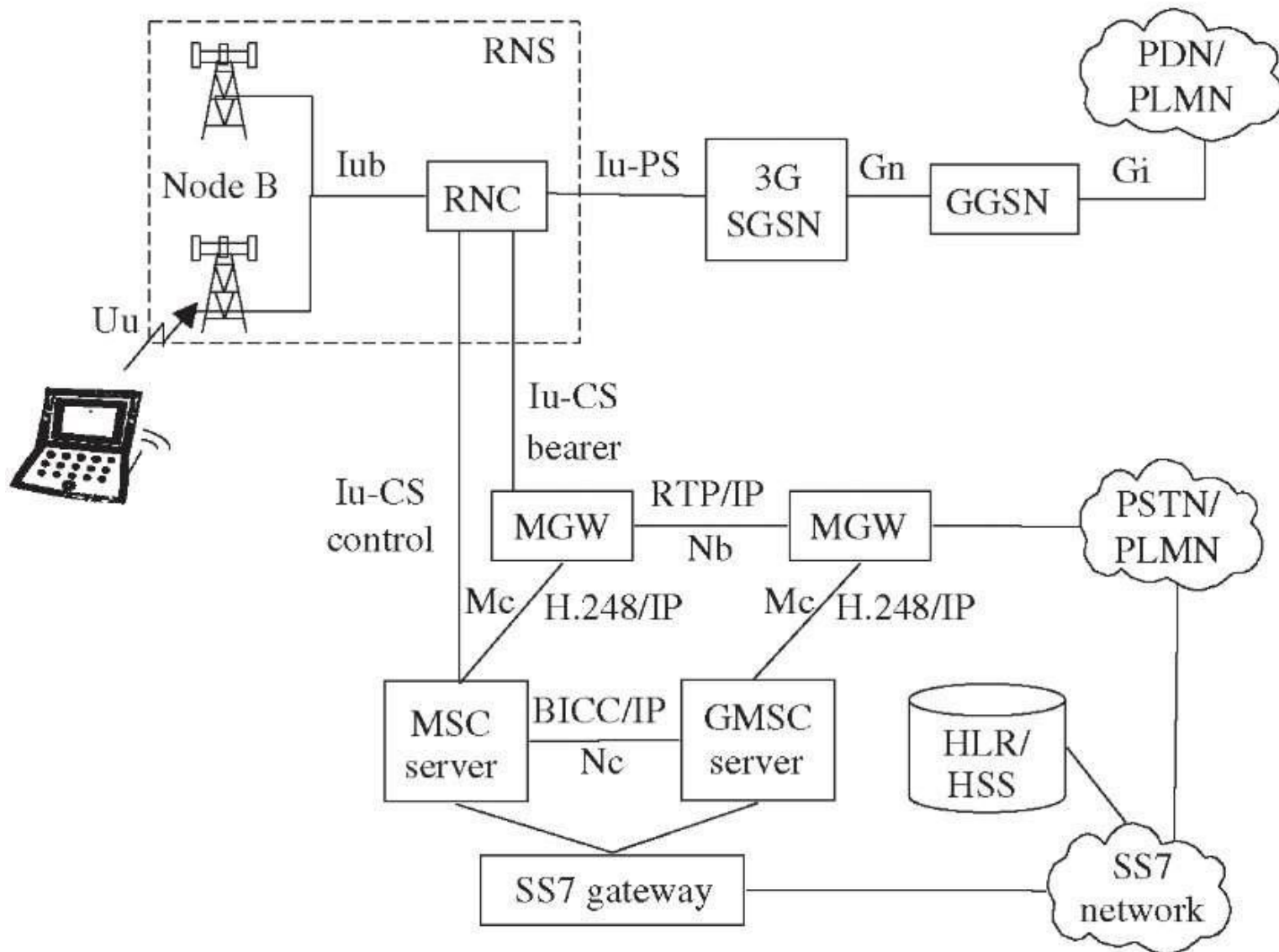


# UMTS rádiós interfész





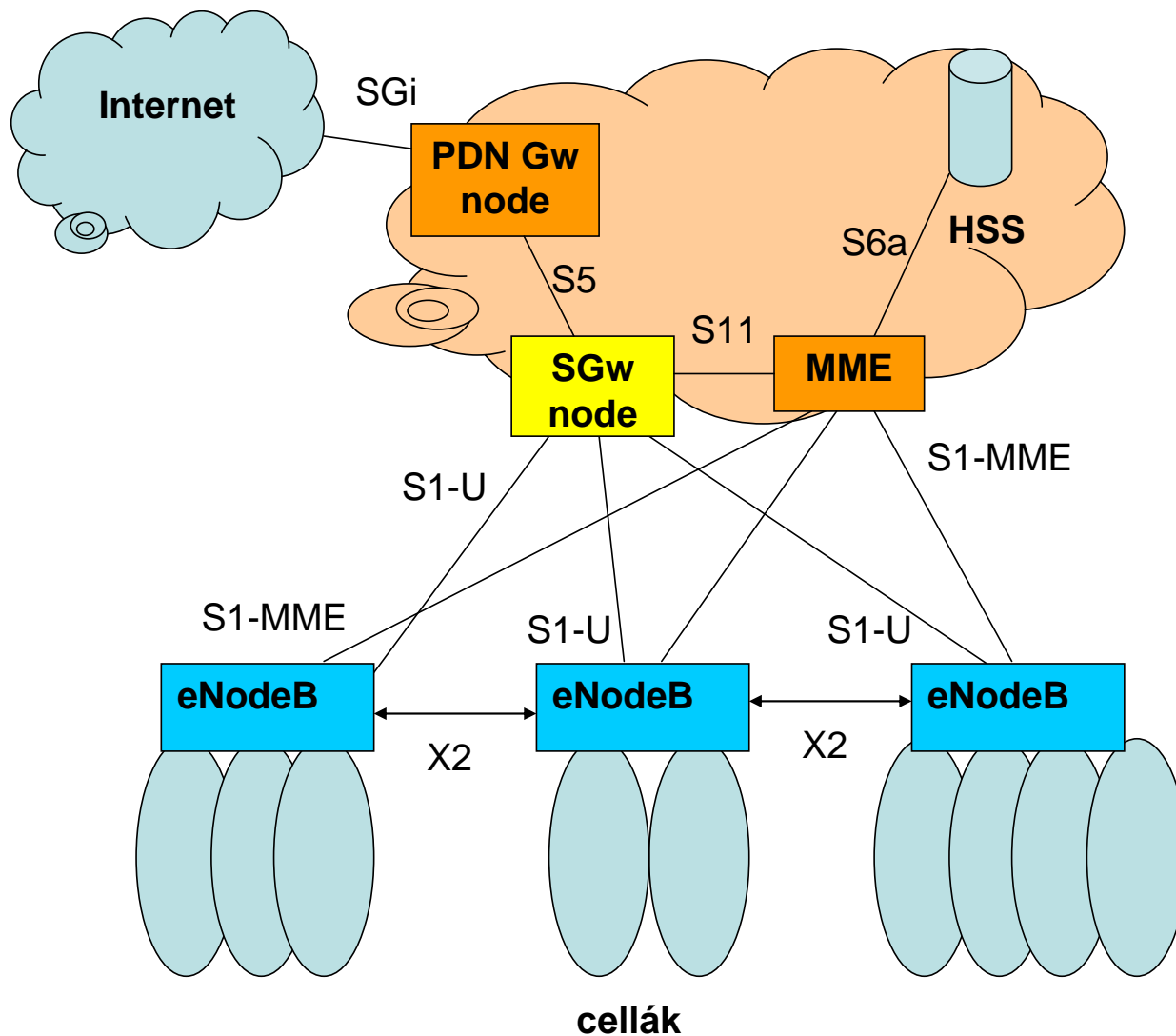
# Release 4 hálózat



# 3G rádiós interfész

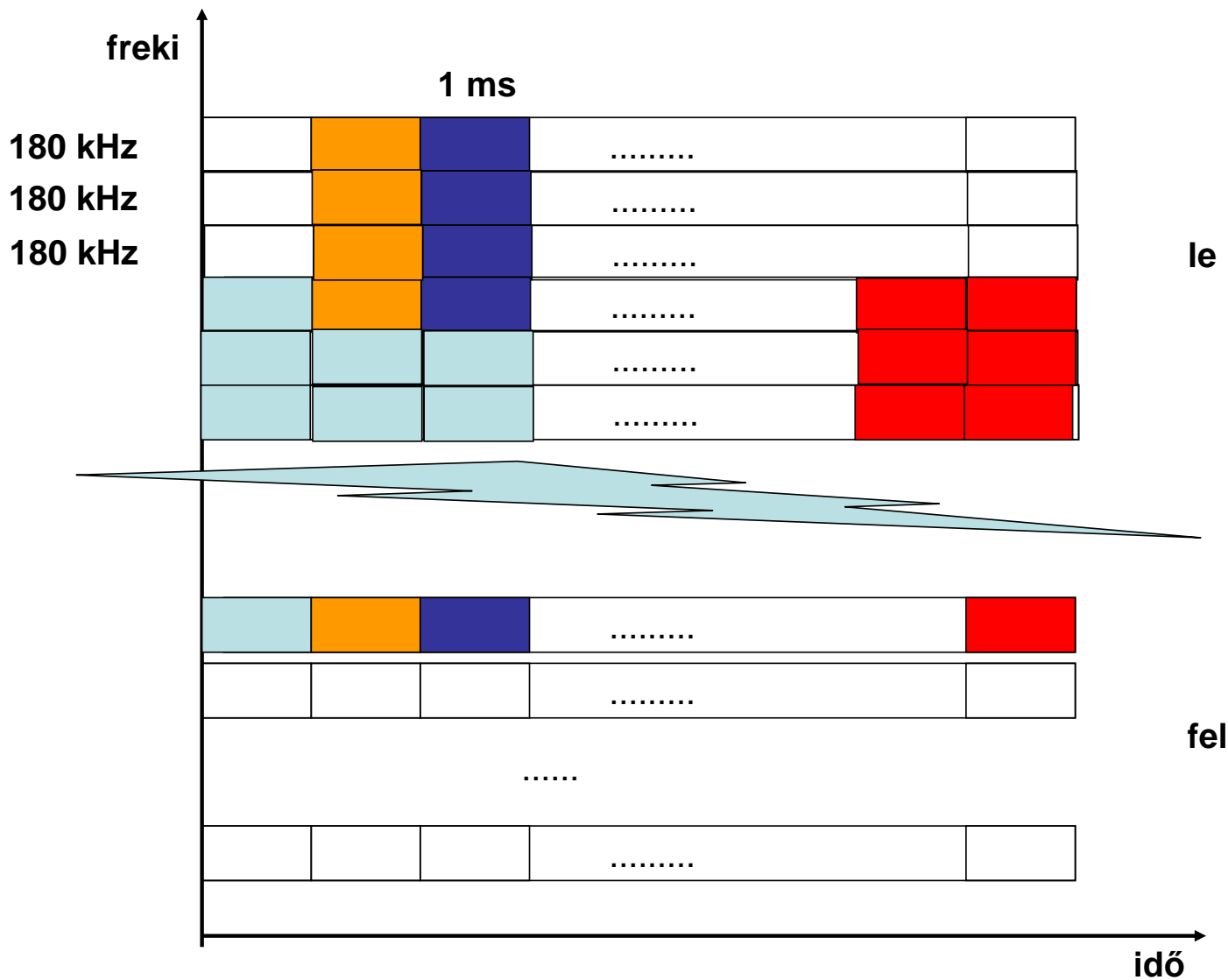
- tipikus: max 384 kbps adatkapcsolat
  - dedikált fizikai csatornák
- HSDPA:
  - magasabb állapotszámú moduláció, több kód egyszerre, stb.
  - ~12 Mbps maximális sebesség
- HSPA+
  - 64 QAM, többantennás megoldások (MIMO) -> több adatfolyam párhuzamosan
  - több vivőfrekvencia (csatorna) egyszerre -> ma
  - elvi max 80 Mbps körül

# LTE hálózat



# LTE rádiós interfész

új technológia:  
OFDMA

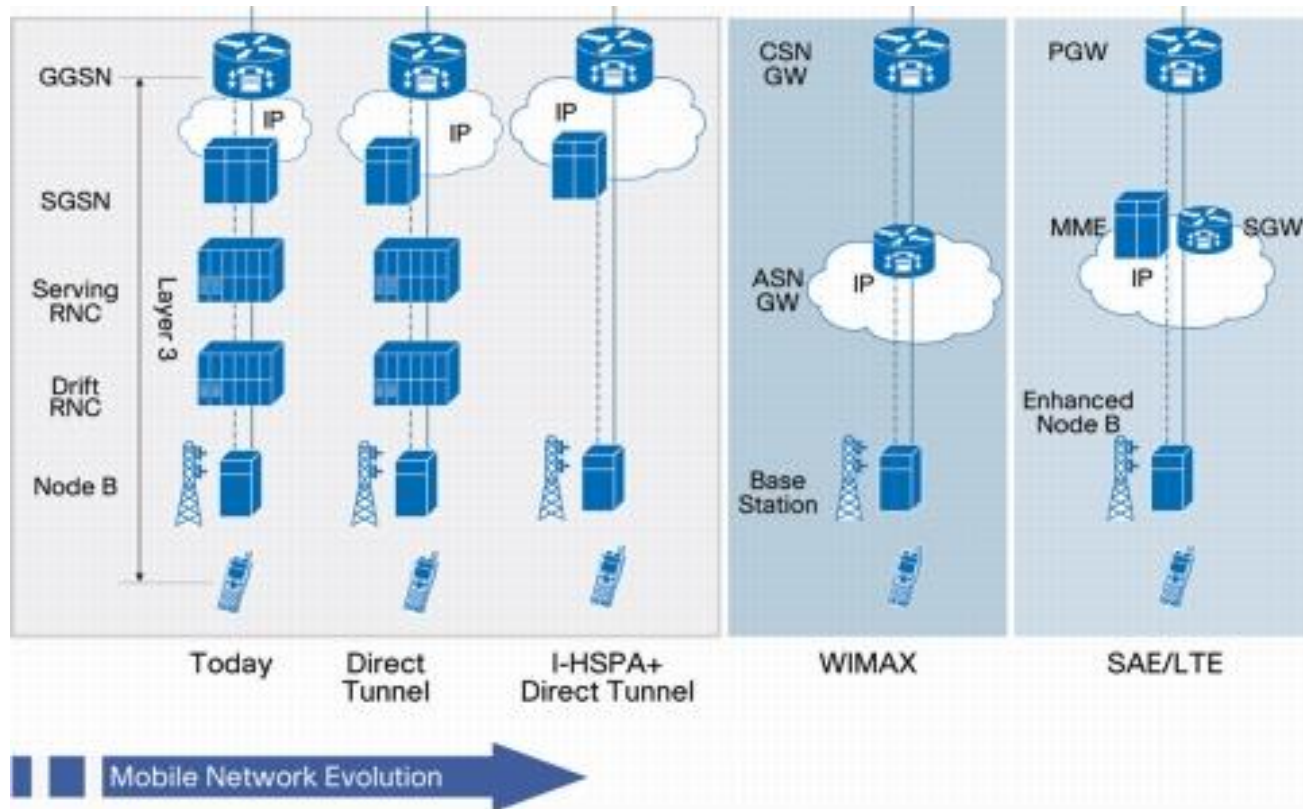


# LTE rádiós interfész

- Rádiós protokoll végpontja a bázisállomás (nincs RNC)
- Többféle sáv szélesség támogatása (1.4; 3; 5; 10; 15; 20 MHz)
- Pillanatnyi igénynek és csatornaminőségnek megfelelő sávhasználat.
- Alap: többantennás technikák, 64QAM
- 3.9G
- LTE-Advanced: 4G (def: Gbps elérhető)
  - több vivő aggregációja (-> max 5x20 MHz)
  - további fejlett többantennás technikák, max 8x8
  - relézési technikák
  - D2D kommunikáció

# Átviteli hálózati evolúció

- 2G: SDH TDM áramkörkapcsolt vég-vég megoldás
- 3G: ATM alapú → IP alapú
- 4G: IP alapú

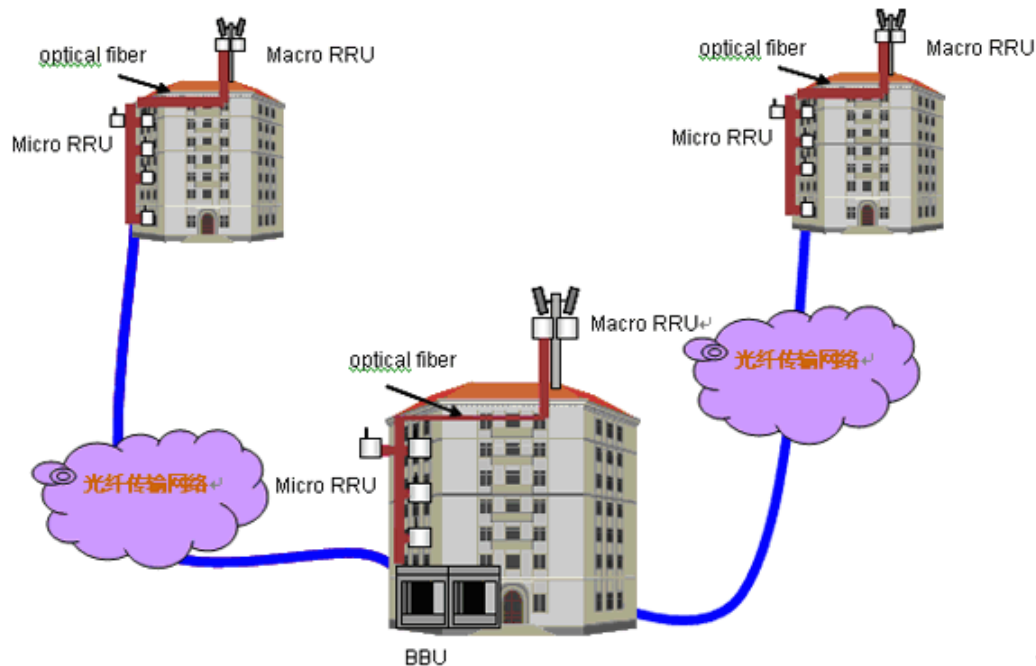
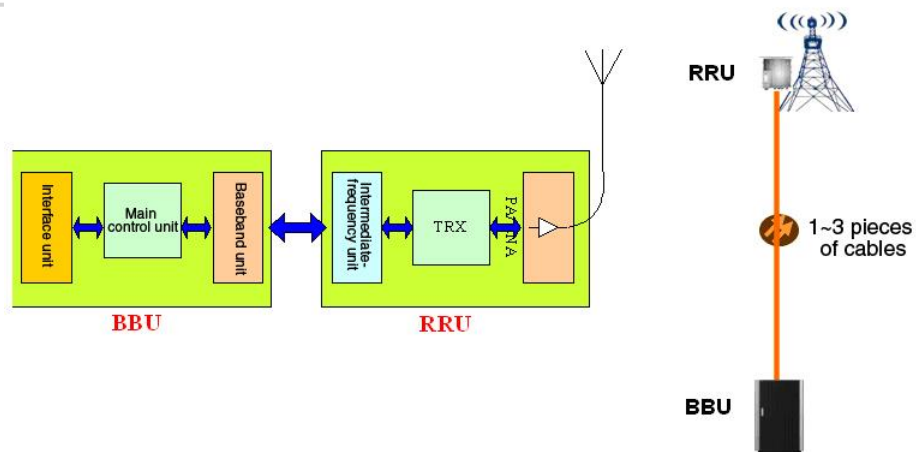
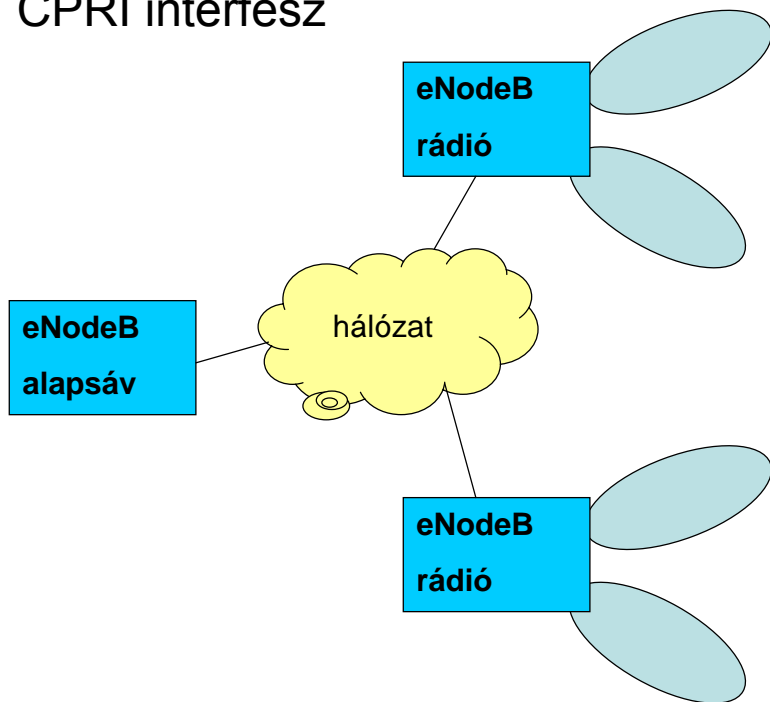


forrás: Cisco whitepaper, Evolution of the Mobile Network

# Rádióhálózati trendek

Alapsáv – rádiós feldolgozás elválasztva

CPRI interfész



# Miért kell 5G

- „Egységes” álláspont: 2010 – 2020 mobil adatforgalom ezerszeres növekedés
- Kb. 50 milliárd csatlakozó eszköz → IoT
- Jelenlegi látható LTE-Advanced képességek határa.

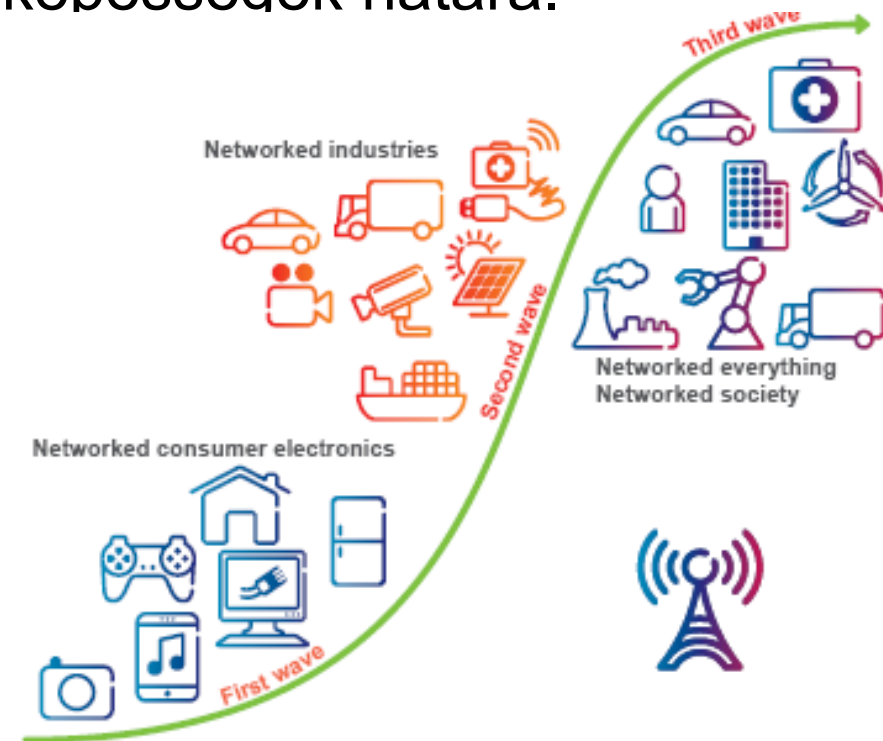


Figure 9 The absorption of connected device development

forrás: Ericsson white paper February 2011



# Miért kell 5G

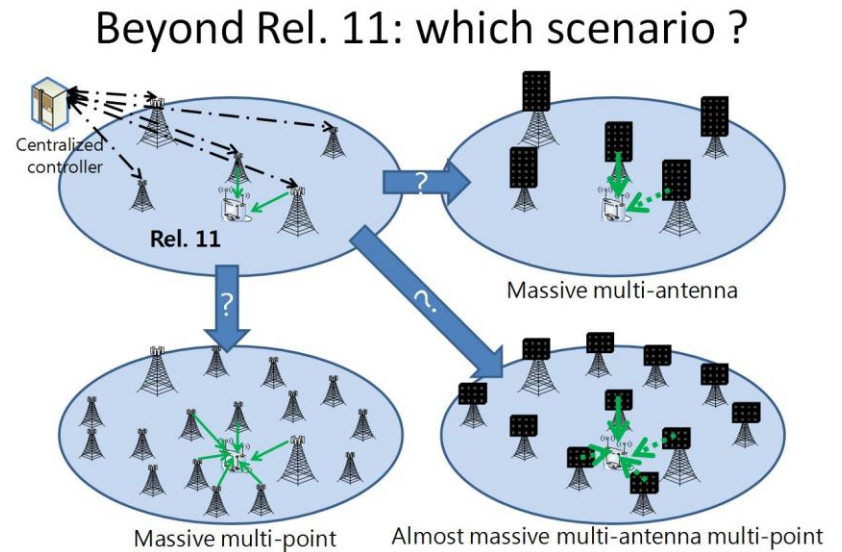
- Megoldás: kapacitás-kocka
  - több sáv használata: 5 – 10x
  - jobb sávkihasználás: 5 – 10x
  - több cella: 10 – 40x
- Speciális igényű alkalmazások egyre nagyobb tömegben
  - ultra-nagy sáv szélesség-igény (pl. nagyfelbontású videó)
  - ultra-alacsony késleltetés (pl. valós idejű játék, táv-sebészet, közlekedés)
  - ultra-nagy megbízhatóság (pl. ipari alkalmazások, táv-sebészet, közlekedés)
  - nagy darabszámú végberendezés kis területen (tömeges esemény, szenzorok, közlekedés)
  - gépi kommunikáció (MTC)
  - stb.

# Mi az 5G rádióhálózat?

- „5G is the seamlessly integrated combination of evolved versions of currently existing wireless technologies and complementary new technologies” /Ericsson white paper June 2013, 5G radio access/
- „Unlike 2G, 3G and 4G, it is unlikely that 5G will be a single new Radio Access Technology (RAT) nor will it replace macro cells. It will be a combination of existing RATs in both licensed and unlicensed bands, plus one or more novel RATs optimized for specific deployments, scenarios and use cases.” /NSN White paper, December 2013, Looking ahead to 5G/
- EU FP7 METIS <https://www.metis2020.com/>

# Mi az 5G rádióhálózat?

- Nagyobb spektrális hatékonyság
  - tömeges MIMO (32x32)
  - elosztott MIMO, koordinált többpontú átvitel



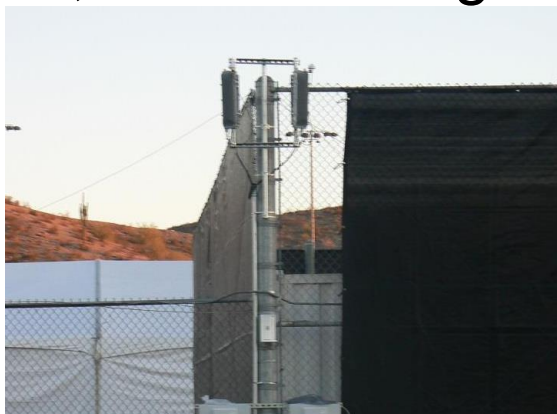
- interferencia menedzsment: törlés, elkerülés, koordináció
- stb.

# Mi az 5G rádióhálózat?

- Több sáv használata
  - Új sávok bevonása (pl. 3.5 GHz tavaly, -> 90 GHz-ig, látható fény: VLC)
  - Több különböző szélességű, akár nem szomszédos sáv használata egyszerre, akár különböző rádióhálózati kapcsolatokkal (pl. nagysebesség párhuzamos letöltés LTE+WiFi-n)
  - Jobb spektrumhatékonyság:
    - Elérhető sávok jobb kihasználása (pl TV sávok)
    - Spektrum megosztás, dinamikus allokáció, kognitív rádiós megoldások

# Mi az 5G rádióhálózat?

- Több cella
  - ultra-sűrű telepítések, kiscellás megoldások (piko-, femto-, attocella)



forrás: Qualcomm, Hyper-Dense Small Cell Deployment Trial in NASCAR Environment April 7, 2014

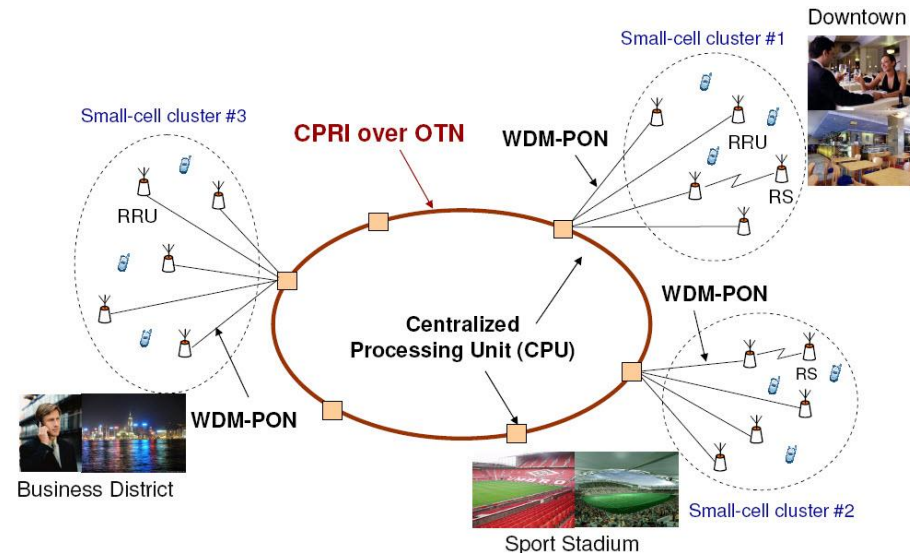
- együttműködés a makrocellás hálózattal, HetNet
- intelligens hálózatszervezés, „plug and play”, önszervező hálózati funkciók (SON)
- hatékonyság és spektrum nagy számú bázisállomással
- előfizetői eszközök bázisállomásként, D2D
- hozzáférési hálózat problémája
- stb.

# Mi az 5G rádióhálózat?

- Kis cellás
  - beltéri, lokális lefedések
  - nagy frekvenciák használata itt
  - új, optimalizált rádiós hullámforma, illetve megoldások
    - optimalizált OFDM paraméterek (az LTE-hez képest)
    - VSF-OFCDM: kódosztás és OFDM
    - FTN (Faster Than Nyquist)
    - stb.
  - kicsi, olcsó berendezések gyártása → adó és vevőalgoritmusok bonyolultsága, alkalmazott fizikai erőforrások
  - stb.

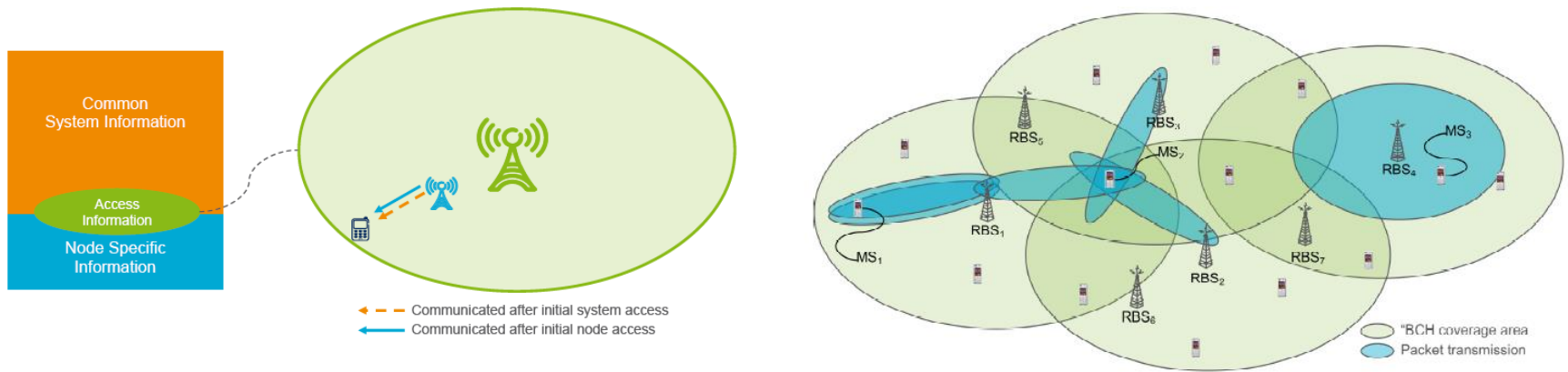
# Architektúra megoldások

- BBU – RRU alapon elosztott alapsávi – RF sávi jelfeldolgozás, közte optikai vagy más gyors interfész
- cloud-RAN koncepció: alapsávi jelfeldolgozás elosztott módon, általános célú számítási hardveren
  - előzmény koncepció: „BBU pooling”
  - néhány fejlett megoldáshoz nehezen alkalmazható (pl. elosztott MIMO nyálábformáláshoz)
- RAN funkciók virtualizációja



# Architektúra megoldások

- kontroll sík és adat sík elválasztása a cellás hálózatban
  - nem kell minden cellában minden rendszerinformációnak és vezérlőcsatornának megjelennie
  - jobban kihasználható sáv, dinamikusan kapcsolható, fizikailag változtatható cellastruktúra, energiahatékonyság



forrás Earth project D3.1 és D3.2



# Hálózati megoldások

---

- Intelligens letöltés és tárolás
  - ideiglenes tárolás (caching) a bázisállomásban
  - gyakran letöltött tartalmakat
  - információ alapú hálózati megoldások része
  - hely, szociális relációk, stb. figyelembevétele

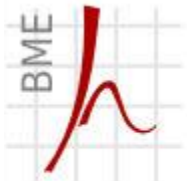
# Hálózati megoldások

- Intelligens letöltés és tárolás
  - ideiglenes tárolás (caching) a bázisállomásban
  - gyakran letöltött tartalmakat
  - információ alapú hálózati megoldások része
  - hely, szociális relációk, stb. figyelembevétele

# Összefoglalás

- Technológiai kényszerek és lehetőségek vezette hálózati fejlődés
- 4G határai feszegetve
- 5G: nem egy teljes új rendszer, hanem
  - előző rendszerek integrációja
  - új, jelenleg kutatott megoldások megvalósítása, integrációja
  - speciális célra új rádiós technológiák bevezetése

**KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!**



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Hálózati Rendszerek és  
Szolgáltatások Tanszék

