



# Dr. Maros Dóra

Óbudai Egyetem

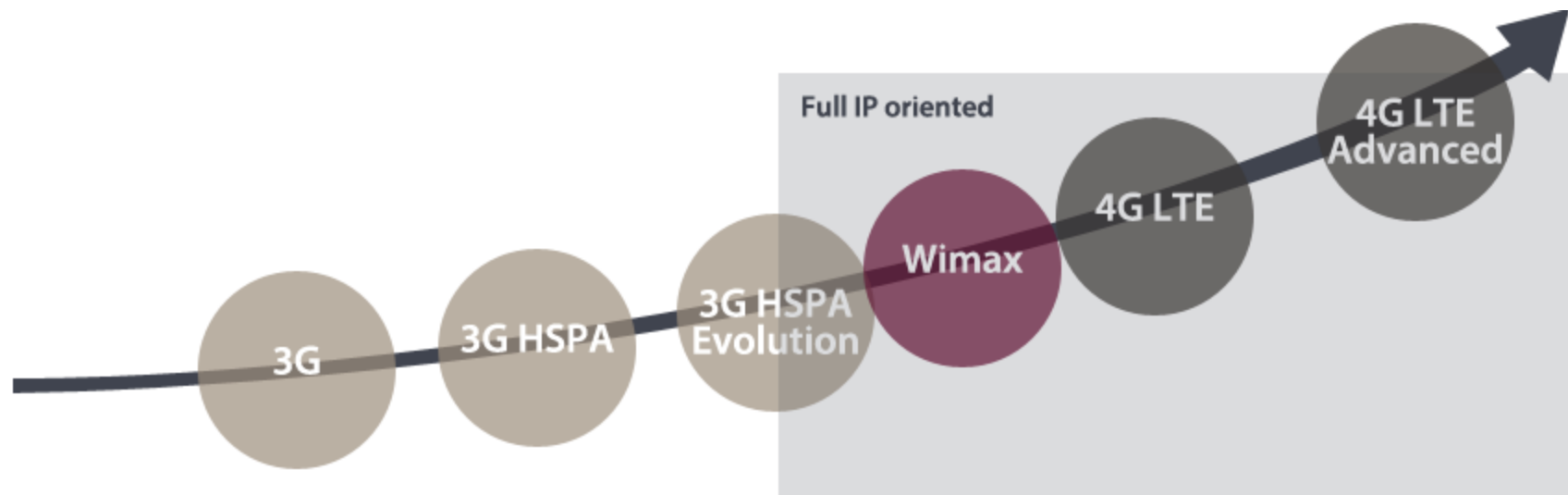
FDD és TDD frekvenciasávok  
kihasználásának kérdései a  
frekvenciagazdálkodás  
szempontjából

HTE  
INFOKOM 2012

2012. október 10-12. | Mátraháza, Hotel Ózon



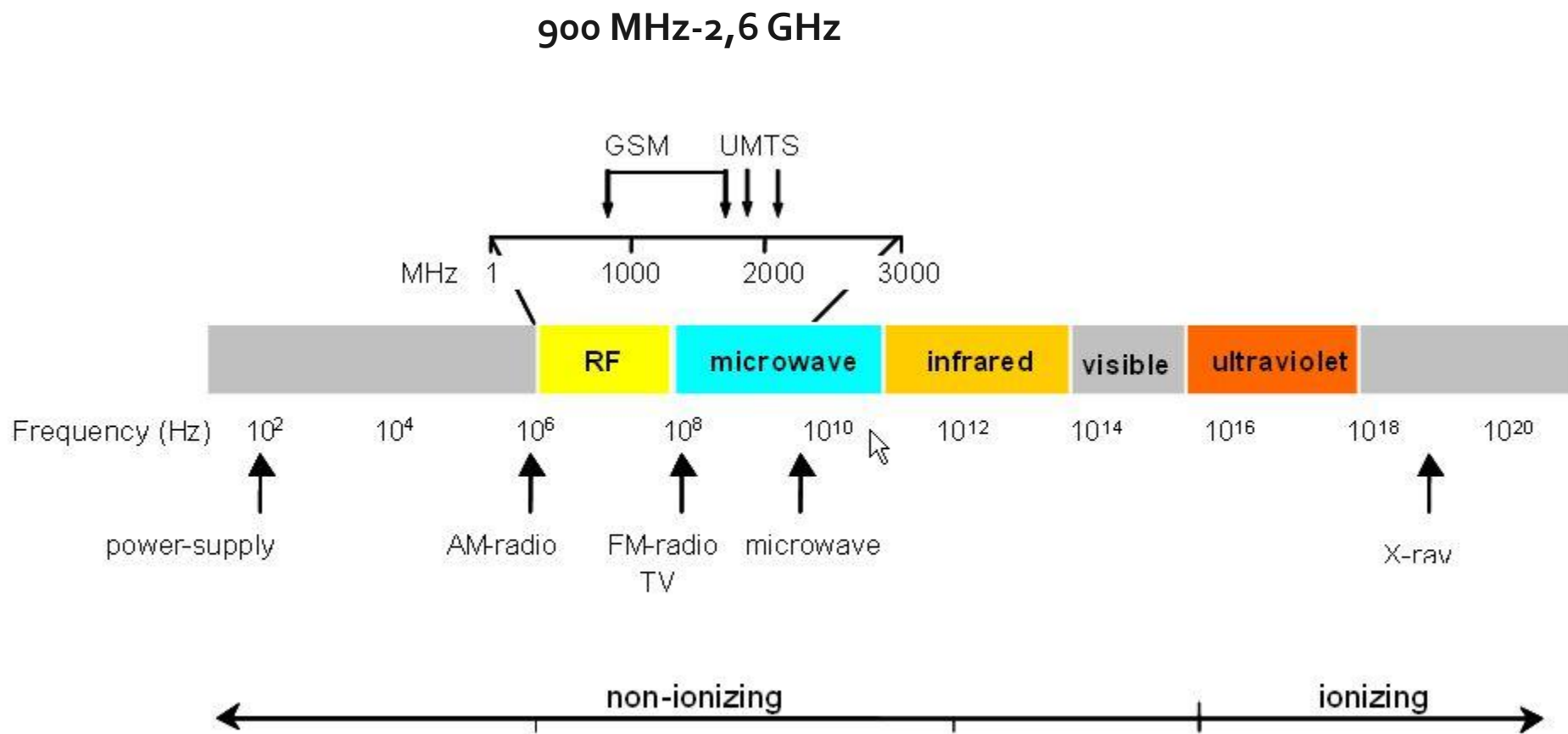
# Mobil hálózatok fejlődése a 3G után



| Market impact              | 2003      | 2006        | 2009         | 2010       | 2016         |
|----------------------------|-----------|-------------|--------------|------------|--------------|
| Peak rate                  | 384 kbps  | 7 Mbps      | 42 Mbps      | ~150 Mbps  | ~1 Gbps      |
| Typical user rate downlink | ~200 kbps | 1-2 Mbps    | 2-10 Mbps    | 10-20 Mbps | ~30-100 Mbps |
| Typical user rate uplink   | 64 kbps   | 64-887 Mbps | 0.5-4.5 Mbps | 5-10 Mbps  | ~10-60 Mbps  |



# Elektromágneses hullámok spektruma



# Duplexelés típusai

## FDD (Frequency Division Multiplex)

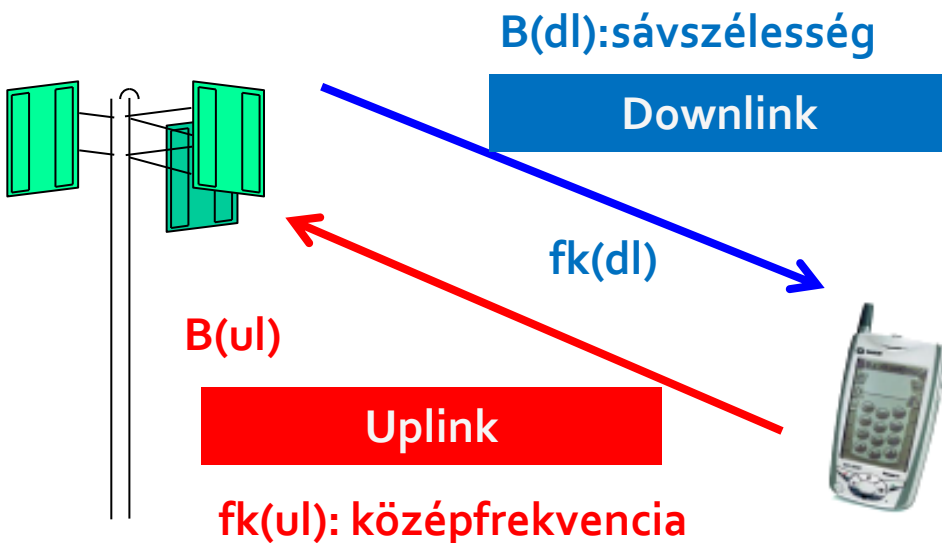
- Különböző frekvenciasávok downlink és uplink átvitelre
- Jelenleg preferált megoldás
- Előnye: pl. beszélgetés, videotelefon
- Hátránya: aszimmetrikus terhelés esetén a sávszélesség nincs kihasználva

## TDD (Time Division Multiplex)

- Ugyanaz a frekvenciasáv downlink és uplink átvitelre
- Jövőben preferált alkalmazás
- Előnye: sávszélesség hatékony kihasználása
- Hátránya: nagyon pontos időzítés kell



# Duplexelés a rádiós hozzáférése



**FDD:** Két különböző frekvenciasáv a két irányban

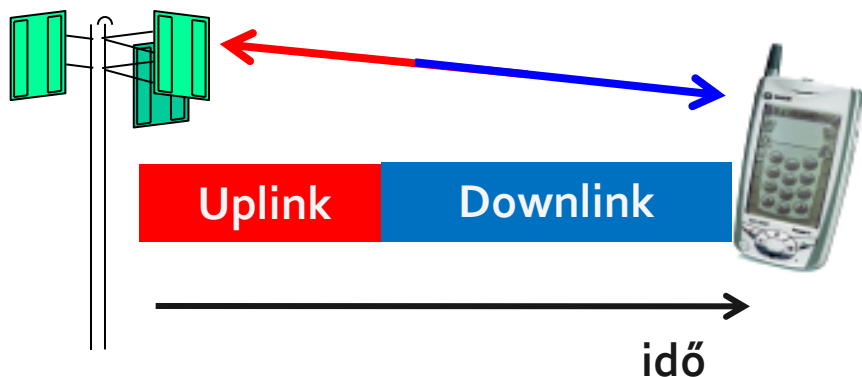
GSM :200 KHz

UMTS: 5 MHz

LTE: 20 MHz

$$B(dl)=B(ul)$$

$$fk(dl)-fk(ul)= \text{duplex távolság}$$



**TDD:** Egy frekvenciasáv a két irányra, UL és DL időben változik (UMTS és LTE)



# Csatorna kapacitás kérdése

**Shannon-Hartley:**

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) \Rightarrow C \approx \frac{B}{\ln(2)} \frac{S}{N} \Rightarrow \frac{S}{N} \approx \frac{\ln(2) * C}{B}$$

C - csatorna átviteli kapacitás [bit/s]

B - csatorna sávszélesség [Hz]

S - jelteljesítmény [W]

N - zajteljesítmény [W] (Interferencia jelek okozzák)

**Ha azonos jel/zaj viszony fenntartásával növelni akarjuk a csatorna átviteli kapacitását (sebességét) meg kell növelni a csatorna sávszélességét.**

**Ha a csatornát zavaró interferencia túl nagy (csökken S/N értéke), változatlan sávszélesség mellett csökken a csatorna kapacitása.**



# QoS osztályok jellemzői

| Forgalom osztály | Conversational             | Streaming                                       | Interactive                                | Background            |
|------------------|----------------------------|---|--|-----------------------|
| Jellemző         | Real time,<br>szimmetrikus | Real time,<br>aszimmetrikus                     | Best effort,<br>többnyire<br>aszimmetrikus | n.r.                  |
|                  | << 1 s                     | ~ 1 s   | < 10 s                                     | > 10 s                |
| Hibatolerancia   | Igen                       | Igen  | Nem  | Nem                   |
| Mód (tipikus)    | Áramkör-<br>kapcsolt       | Csomag-<br>kapcsolt                             | Csomag-<br>kapcsolt                        | n. r.                 |
| Szolgáltatás     | Beszéd,<br>videotelefon... | Streaming<br>multimedia<br>(video,<br>audio)... | Web<br>böngészés,<br>adatbázisok..         | Email, SMS,<br>MMS... |



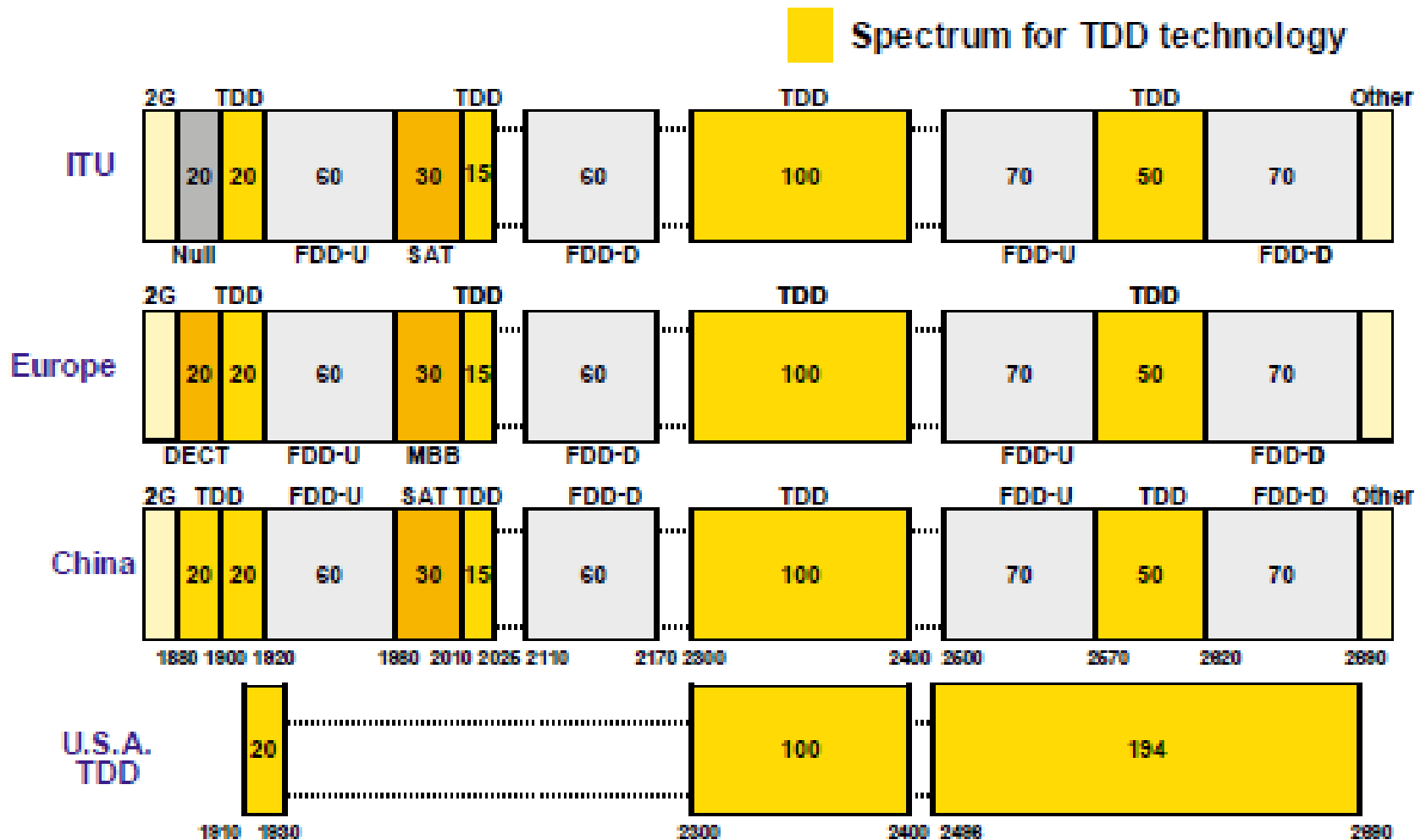
# LTE frekvencia sávok

| LTE Bands | Uplink (MHz)   | Downlink (MHz) | Duplex Spacing (MHz) | BW (MHz) | Duplex Mode | Deployment in the world                      |
|-----------|----------------|----------------|----------------------|----------|-------------|--|
| Band 1    | 1920 -1980     | 2110 -2170     | 190                  | 60       | FDD         | China, Japan, EU, Asia, Australia            |
| Band 2    | 1850 -1910     | 1930 -1990     | 80                   | 60       | FDD         | North/South America                          |
| Band 3    | 1710 -1785     | 1805 -1880     | 95                   | 75       | FDD         | EU, China, Asia, Australia, Africa           |
| Band 4    | 1710 -1755     | 2110 -2155     | 400                  | 45       | FDD         | North/South America                          |
| Band 5    | 824 -849       | 869 -894       | 45                   | 25       | FDD         | North/South America, Australia, Asia, Africa |
| Band 6    | 830 -840       | 875 -885       | 45                   | 10       | FDD         | Japan  |
| Band 7    | 2500 -2570     | 2620 -2690     | 120                  | 70       | FDD         | EU, South America, Asia, Africa, Australia   |
| Band 8    | 880 -915       | 925 -960       | 45                   | 35       | FDD         | EU, South America, Asia, Africa, Australia   |
| Band 9    | 1749.9 -1784.9 | 1844.9 -1879.9 | 95                   | 35       | FDD         | Japan  |
| Band 10   | 1710 -1770     | 2110 -2170     | 400                  | 60       | FDD         | North/South America                          |
| Band 11   | 1427.9 -1447.9 | 1475.9 -1495.9 | 48                   | 35       | FDD         | Japan  |
| Band 12   | 698 -716       | 728 -746       | 30                   | 18       | FDD         | North America                                |
| Band 13   | 777 -787       | 746 -756       | 31                   | 10       | FDD         | North America                                |
| Band 14   | 788 -798       | 758 -768       | 30                   | 10       | FDD         | North America                                |
| Band 17   | 704 -716       | 734 -746       | 30                   | 12       | FDD         | North America                                |
| Band 18   | 815 -830       | 860 -875       | 45                   | 15       | FDD         | North/South America, Australia, Asia, Africa |
| Band 19   | 830 -845       | 875 -890       | 45                   | 15       | FDD         | North/South America, Australia, Asia, Africa |
| Band 20   | 832 -862       | 791 -821       | 41                   | 30       | FDD         | EU   |
| Band 21   | 1447.9 -1462.9 | 1495.9 -1510.9 | 48                   | 15       | FDD         | Japan  |
| Band 22   | 3410 - 3500    | 3510 - 3600    | 100                  | 90       | FDD         |  |
| Band 24   | 1626.5 -1660.5 | 1525 -1559     | 101.5                | 34       | FDD         |  |
| Band 33   | 1900 -1920     |                | N/A                  | 20       | TDD         |  |
| Band 34   | 2010 -2025     |                | N/A                  | 15       | TDD         | China  |
| Band 35   | 1850 -1910     |                | N/A                  | 60       | TDD         |  |
| Band 36   | 1930 -1990     |                | N/A                  | 60       | TDD         |  |
| Band 37   | 1910 -1930     |                | N/A                  | 20       | TDD         |  |
| Band 38   | 2570 -2620     |                | N/A                  | 50       | TDD         | EU   |
| Band 39   | 1880 -1920     |                | N/A                  | 40       | TDD         | China  |
| Band 40   | 2300 -2400     |                | N/A                  | 100      | TDD         | China, Asia                                  |
| Band 41   | 2496 -2690     |                | N/A                  | 194      | TDD         |  |
| Band 42   | 3400 -3600     |                | N/A                  | 200      | TDD         |  |
| Band 43   | 3600 -3800     |                | N/A                  | 200      | TDD         |  |





# TDD spektrum allokációk



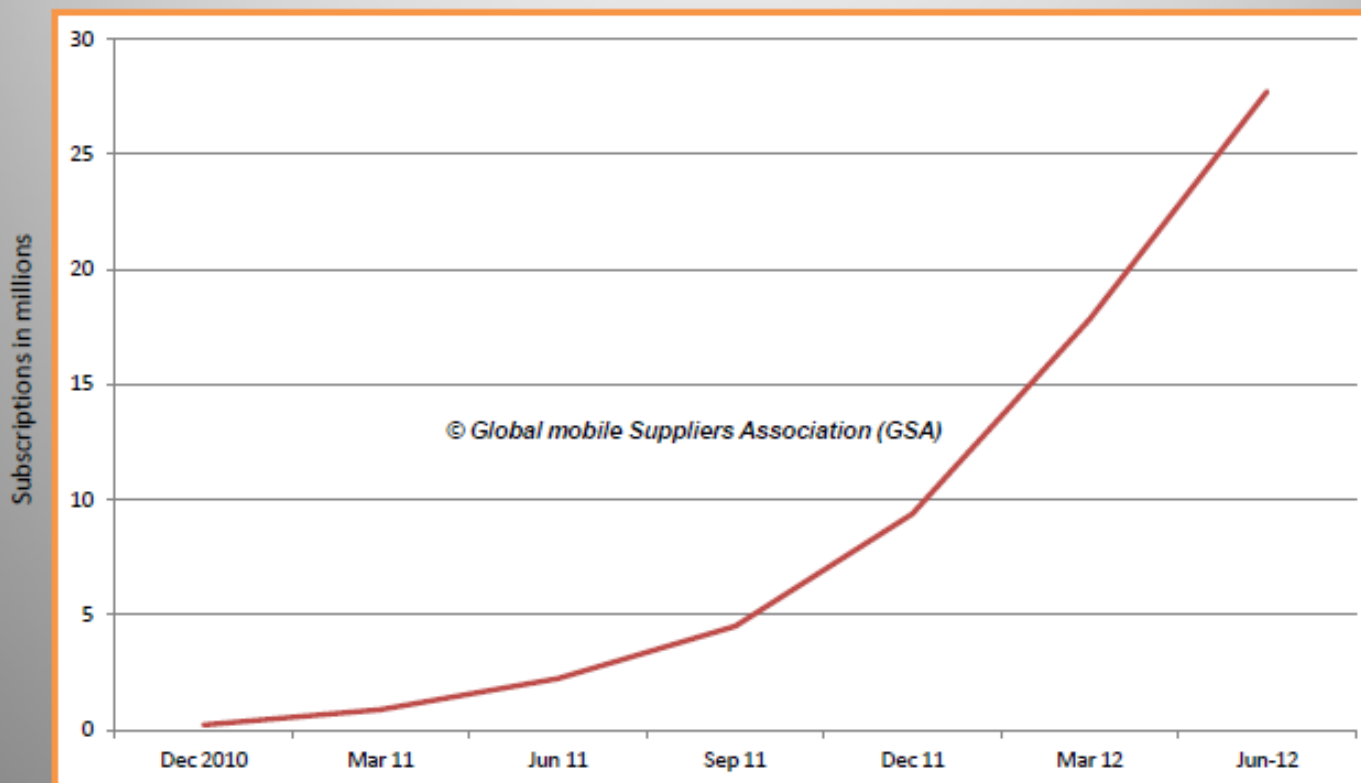
# LTE hálózatot használó előfizetők száma

## LTE subscriptions growth to Q2 2012



www.gsacom.com

9.9 million LTE subs  
growth in Q2 2012



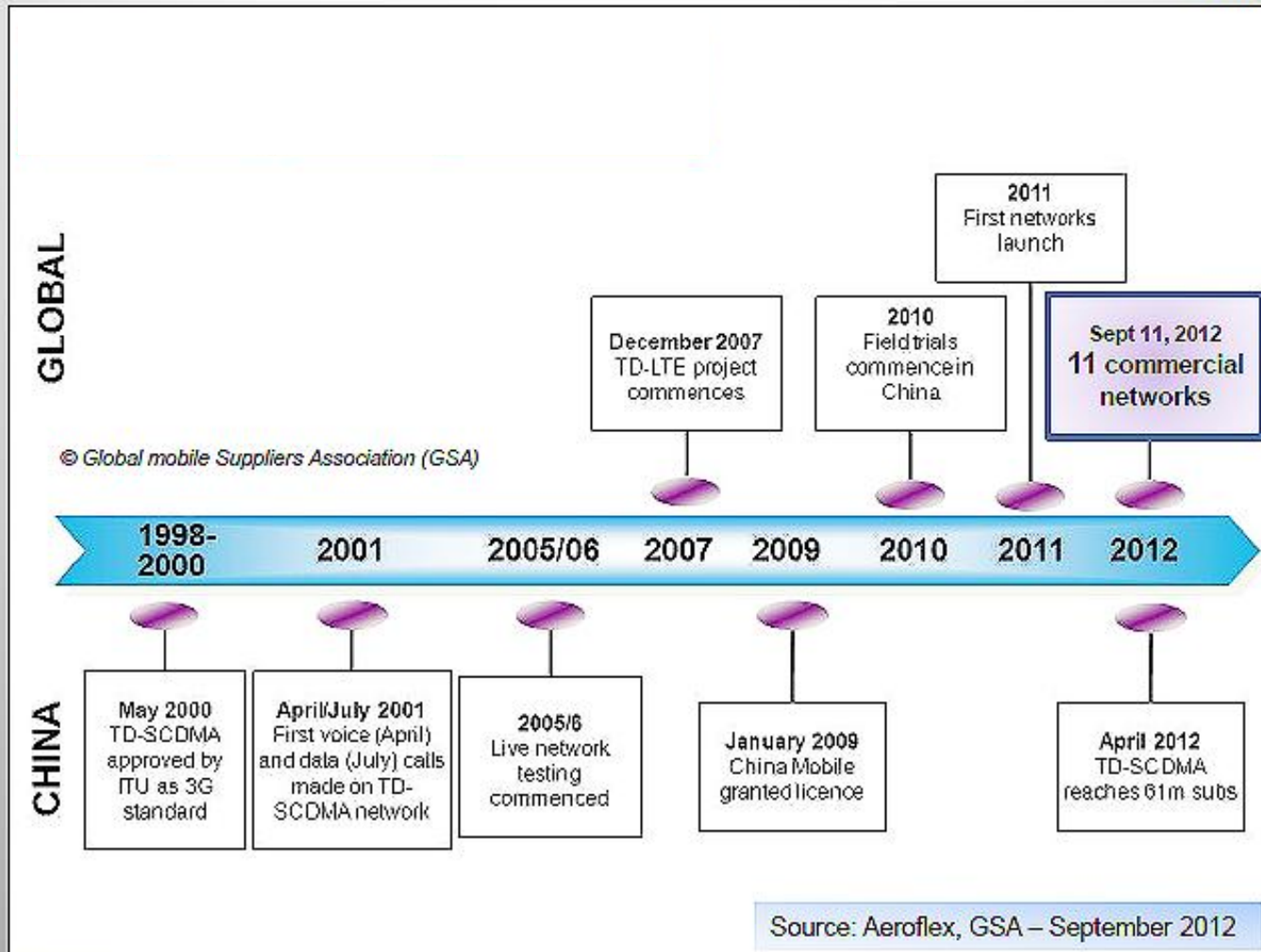
Source of data: Informa Telecoms and Media  
(Q2 2012: figures provided 21.09.12)

# LTE TDD hálózatok bevezetésének lépései

## LTE TDD timeline



www.gsacom.com



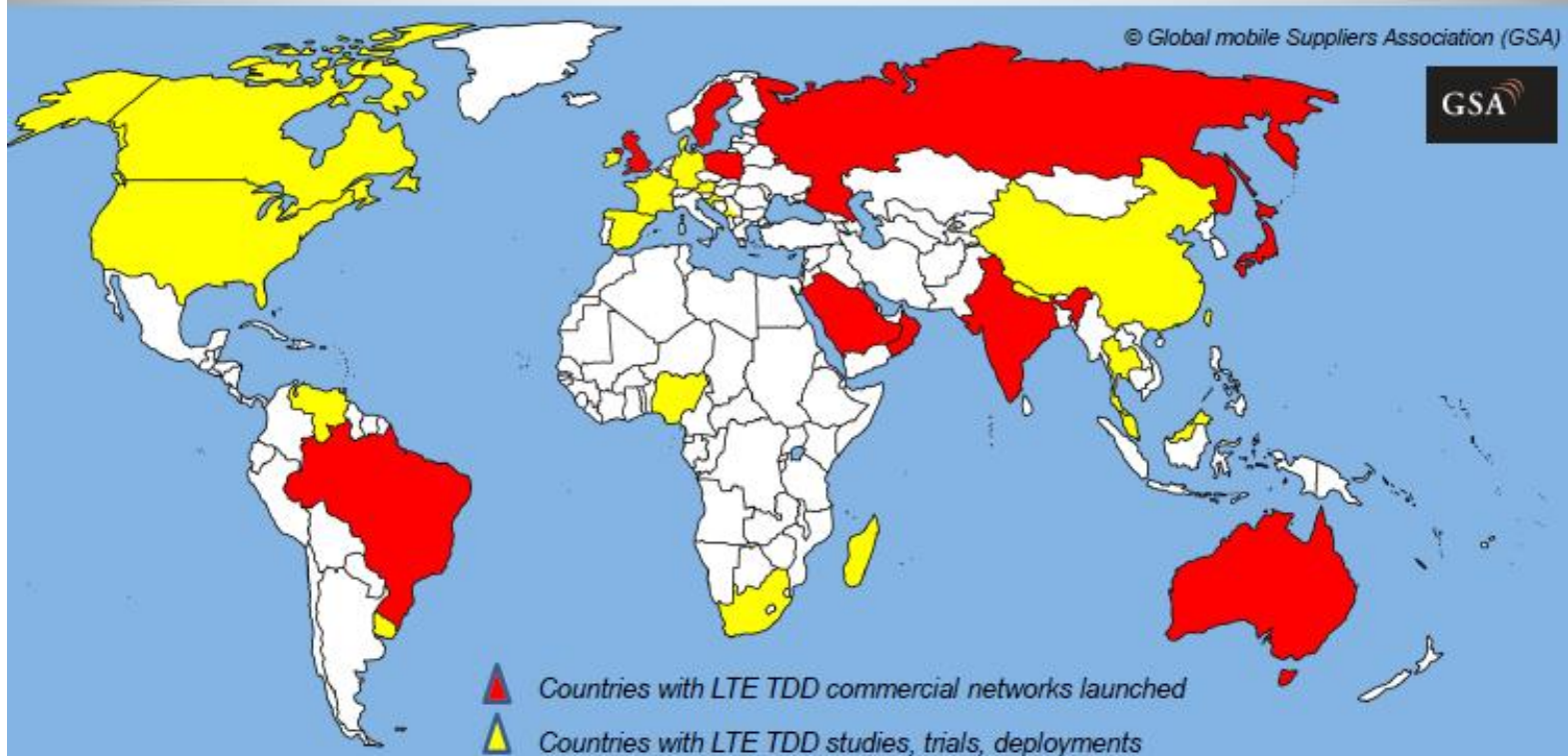
# LTE TDD hálózatok elterjedése a világban

## LTE TDD investments worldwide Commercial network deployments, trials, studies

GSA

www.gsacom.com

11 commercial LTE TDD systems



Source of data: GSA Evolution to LTE report: September 11, 2012

# LTE TDD rendszert használó szolgáltatók

## Eleven commercial LTE TDD systems are launched

| Country      | Operator                    | Frequency        | 3GPP band    |
|--------------|-----------------------------|------------------|--------------|
| Poland       | Aero2 (FDD and TDD)         | 2.6 GHz          | Band 38      |
| Saudi Arabia | Mobily                      | 2.6 GHz          | Band 38      |
| Saudi Arabia | STC                         | 2.3 GHz          | Band 40      |
| Brazil       | Sky Brasil Servicos         | 2.6 GHz          | Band 38      |
| Japan        | Softbank Mobile XGP/LTE TDD | 2.6 GHz          | Band 38      |
| Australia    | NBN Co                      | 2.3 GHz          | Band 40      |
| India        | Bharti Airtel               | 2.3 GHz          | Band 40      |
| Sweden       | 3 Sweden (FDD and TDD)      | 2.6 GHz          | Band 38      |
| UK           | UK Broadband                | 3.5 GHz, 3.6 GHz | Bands 42, 43 |
| Oman         | Omantel                     | 2.3 GHz          | Band 40      |
| Russia       | MTS (Moscow)                | 2.6 GHz          | Band 38      |

GSA riport, 2012. szeptember



# LTE 1800 rendszert használó szolgáltatók

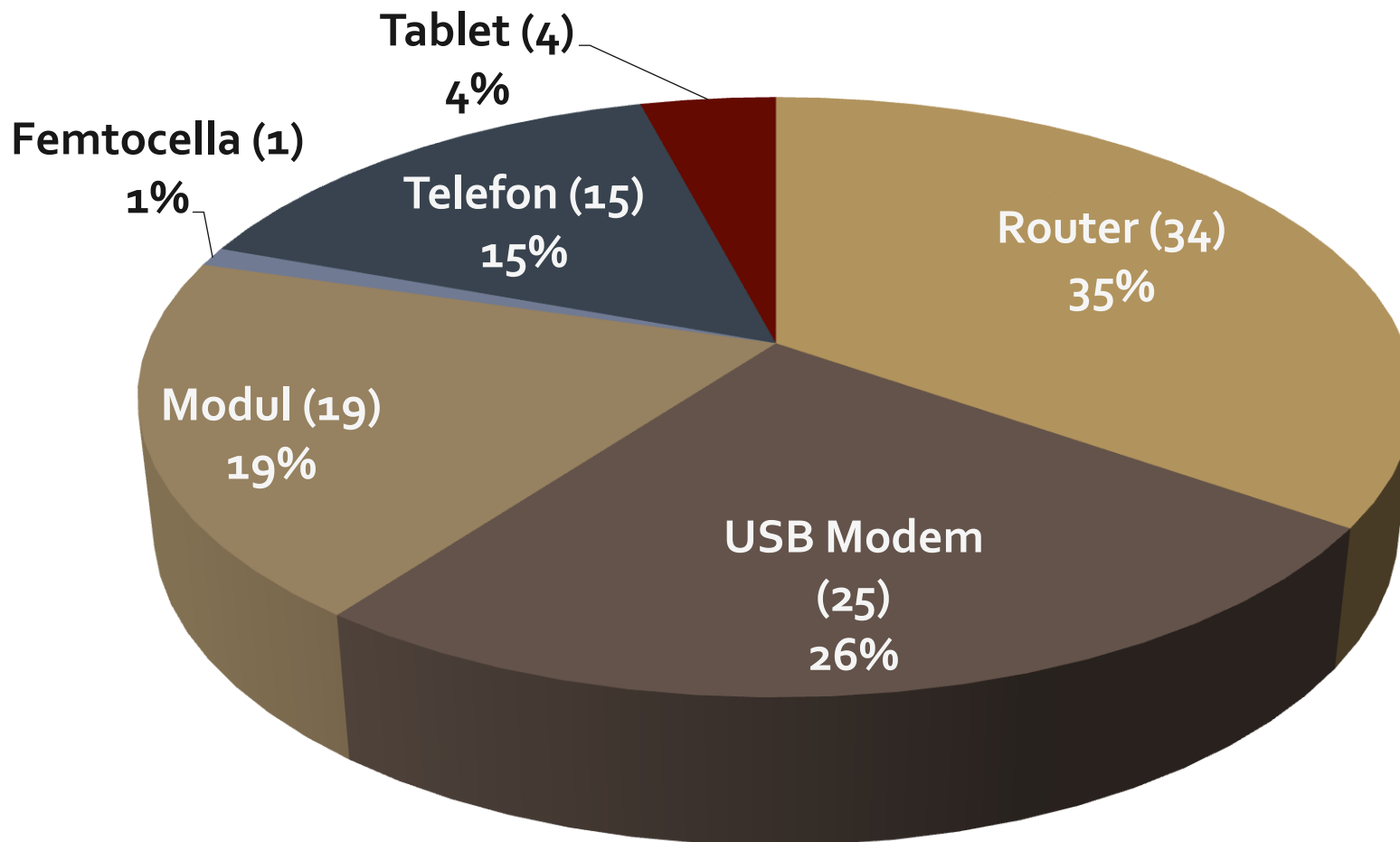
|                    |                     |                         |
|--------------------|---------------------|-------------------------|
| Angola             | Movicel             | LTE1800                 |
| Australia          | Optus               | LTE1800                 |
| Australia          | Telstra             | LTE1800                 |
| Azerbajjan         | Azercell            | LTE1800                 |
| Croatia            | T-Hrvatski          | LTE1800                 |
| Croatia            | VIPNet              | LTE1800                 |
| Czech Republic     | O2                  | LTE1800                 |
| Denmark            | Telia               | LTE1800                 |
| Dominican Republic | Orange Dominicana   | LTE1800                 |
| Finland            | DNA                 | LTE1800/2600            |
| Finland            | Elisa               | LTE1800/2600            |
| Finland            | TeliaSonera         | LTE1800                 |
| Germany            | Deutsche Telekom    | LTE1800                 |
| Hong Kong          | CSL Limited         | LTE1800/2600            |
| Hong Kong          | Smartone            | LTE1800                 |
| Hungary            | T Mobile            | LTE1800                 |
| Hungary            | Telenor             | LTE1800                 |
| Japan              | eMobile             | band 7 (within LTE1800) |
| Latvia             | LMT                 | LTE1800                 |
| Lithuania          | Omnitel             | LTE1800                 |
| Mauritius          | Orange              | LTE1800                 |
| Namibia            | MTC                 | LTE1800                 |
| Philippines        | Smart               | LTE1800/2600            |
| Poland             | Mobyland/ CenterNet | LTE1800                 |
| Portugal           | Optimus             | LTE800/1800/2600        |
| Saudi Arabia       | Zain                | LTE1800                 |
| Singapore          | M1                  | LTE1800/2600            |
| Singapore          | SingTel             | LTE1800/2600            |
| Slovenia           | Si.mobil            | LTE1800                 |
| South Korea        | KT                  | LTE1800                 |
| UAE                | Du                  | LTE1800                 |
| UAE                | Etisalat            | LTE1800/2600            |

**Global mobile  
Supplier Association  
(GSA)  
2012. szeptember 13-i  
gyorsjelentése**

**24 ország 32  
szolgáltatója**



# LTE 1800 eszközök megoszlása



(GSA, 2012. július)



# LTE TDD eszközök megoszlása

Band 41 (5)  
4%

Band 41: 2496-2690 MHz

Band 40: 2300-2400 MHz

Band 40  
(53)  
45%

Band 38  
(59)  
51%

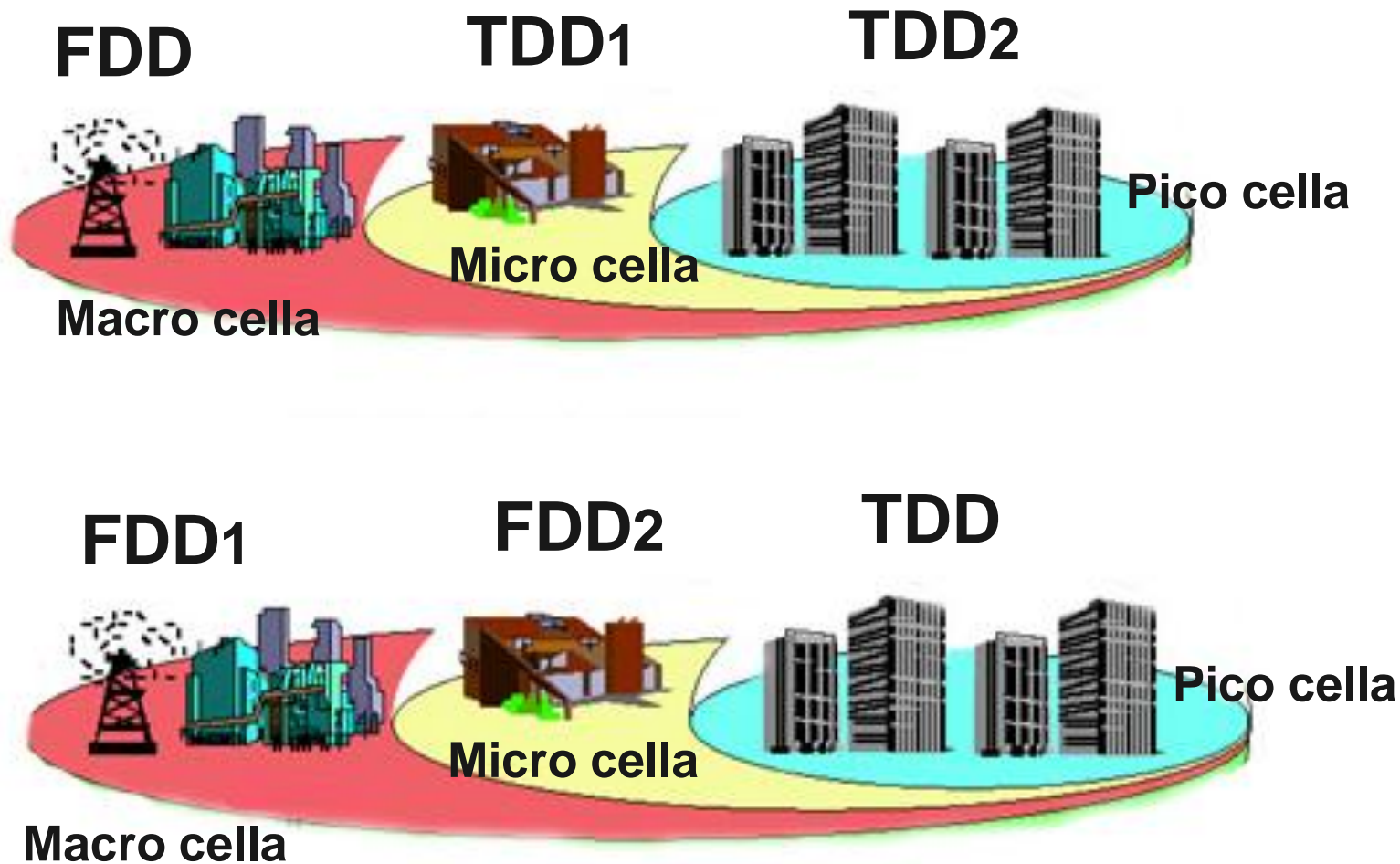
Band 38: 2570-2620 MHz

(GSA, 2012. szeptember 12.)





# LTE FDD és TDD mód együttes alkalmazása



# Szinkronizálás TDD módú hálózatok között

Transmit-to-receive and receive-to-transmit transition gaps (TTG and RTG)

Operator 1  
on carrier f1



Operator 2  
on carrier f2



**Szinkronozott  
UL és DL forgalom**

Recommended

System 1  
on carrier f1



*MS-to-MS interference* and *BS-to-BS interference*

System 2  
on carrier f2



**Nem szinkronozott  
UL és DL forgalom**

Not recommended

**Ha a védősáv < 2,5 MHz  
(ajánlott: 7-12 MHz)**

**CEPT report 019 , 3GPP TS 36.104)  
ACLR (Adjacent Cell Leakage Ratio)**



# Köszönöm a figyelmet!

**maros.dora@kvk.uni-obuda.hu**

