



AZ **Lte** EVOLÚCIÓJA A 3G-TŐL AZ 5G-IG



dr.Fiala Károly

Spectrum Advise ec. ügyvezető

HTE Rádiótávközlési Szakosztály rendezvény

2017. június 19.

1117 Budapest, Szerémi út 4. T-Mobile székház, T05

1.TARTALOMJEGYZÉK

1) Mi az 5G dióhéjban?

2) Az 5G kétféle megközelítése

3) Hol tart ma az LTE?

- **hálózatok**
- **felhasználói eszközök**
- **frekvenciasávok**

4) 700 MHz-es LTE

5) Hol vannak a generációs (3G-4G) határok?

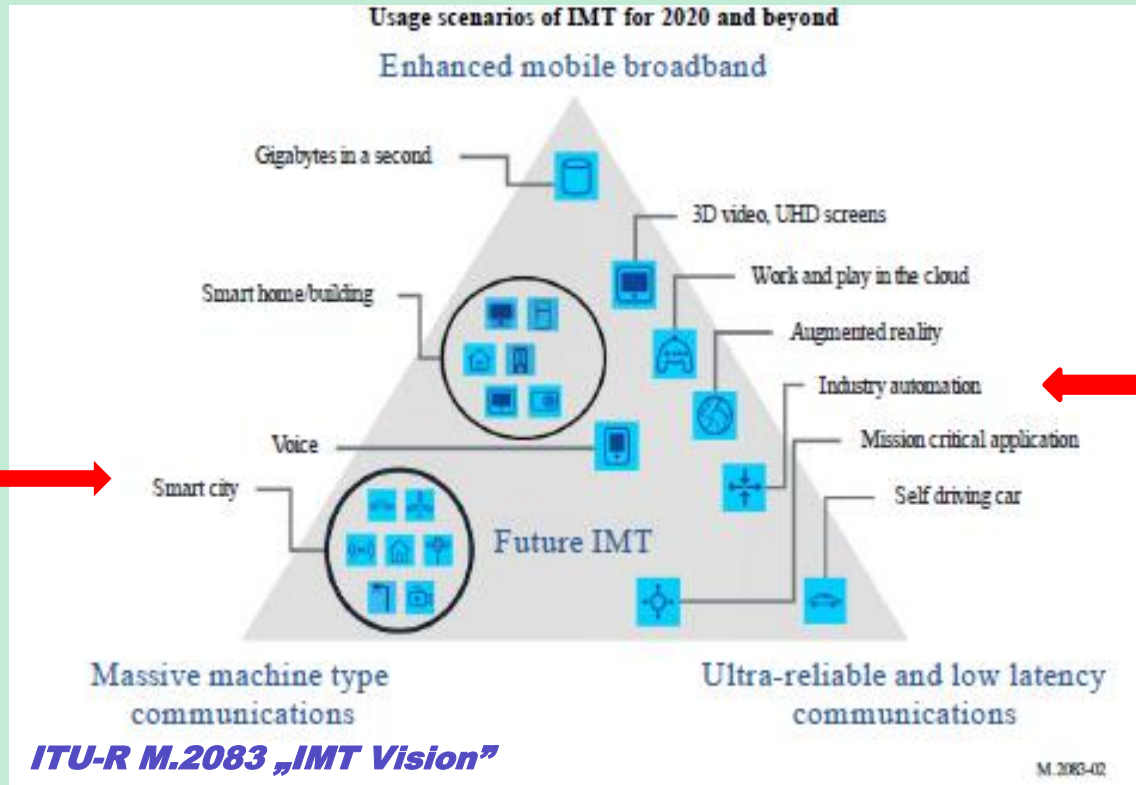
6) A következő lépcsőfok: LTE Pro (4,5G)

7) Konklúziók

Irodalomjegyzék

1) Mi az 5G dióhéjban?

a) fő felhasználási esetek



Energia hatékonyabban és környezetbarátabb módon működő okos városok.

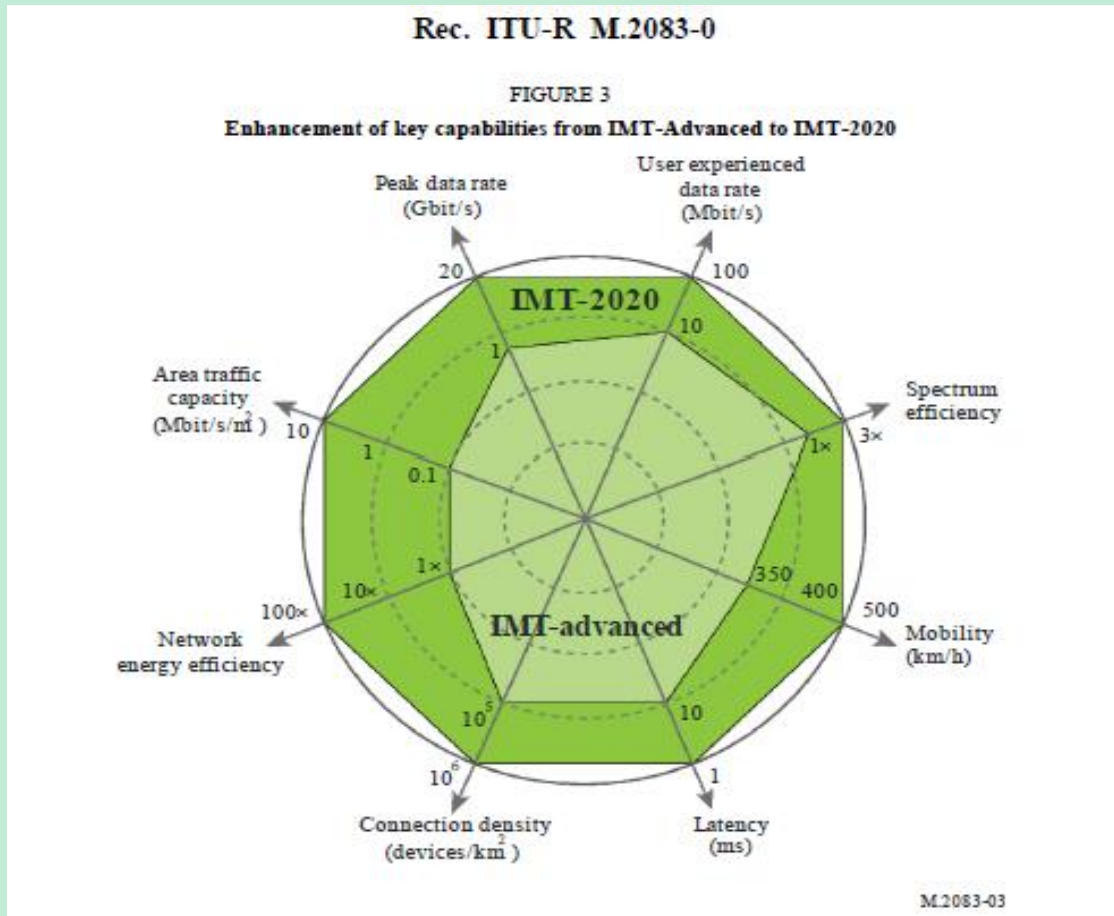
2016:
7,5 Mrd mobil előfizetés/4,4 Mrd mobil szélessávú
2022:
9/8,3 milliárd

Felhőalapú robotika + Big Data + Öntanuló + algoritmusok+ 5G= Jelentős társadalmi hatások

Az 5G (IMT-2020 and beyond) egy olyan ökoszisztéma lesz, ami lehetővé fogja tenni a teljesen mobil- és hálózatba kapcsolt társadalom megvalósulását. Az 5G által biztosított vezeték nélküli hozzáférésnek meghatározó szerepe lesz a „dolgok” (hagyományos ICT eszközök, mérőórák, autók, gépek, tárgyak, szenzorok, állatok...stb.) internet hálózata (IoT) létrejöttében. Az 5G a szó valódi értelmében egyetemes hálózat lesz, ami a legkülönbözőbb felhasználói igényeket („use cases”) tudja majd gazdaságosan kielégíteni. Az 5G más technológiákkal együtt mélyreható gazdasági és társadalmi változásokat fog előidézni.

1) Mi az 5G dióhéjban?

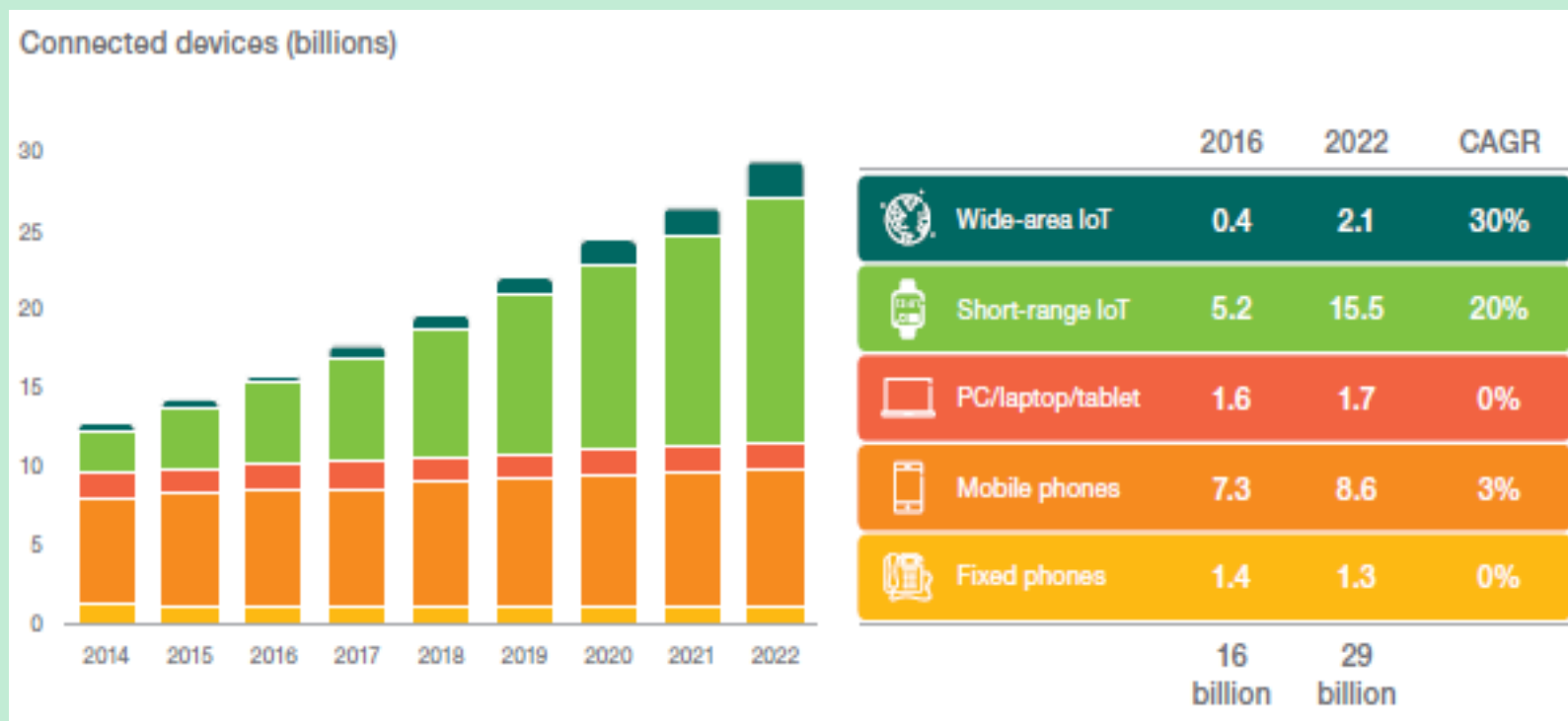
b) ITU követelmények



Kiemelendő: 20 Gbit/s csúcsebesség, 1 ms késleltetés, és 1 millió eszköz négyzetkilométerenként, valamint 3x spektrumhatékonyság az IMT-Advanced-hoz képest.

1) Mi az 5G dióhéjban?

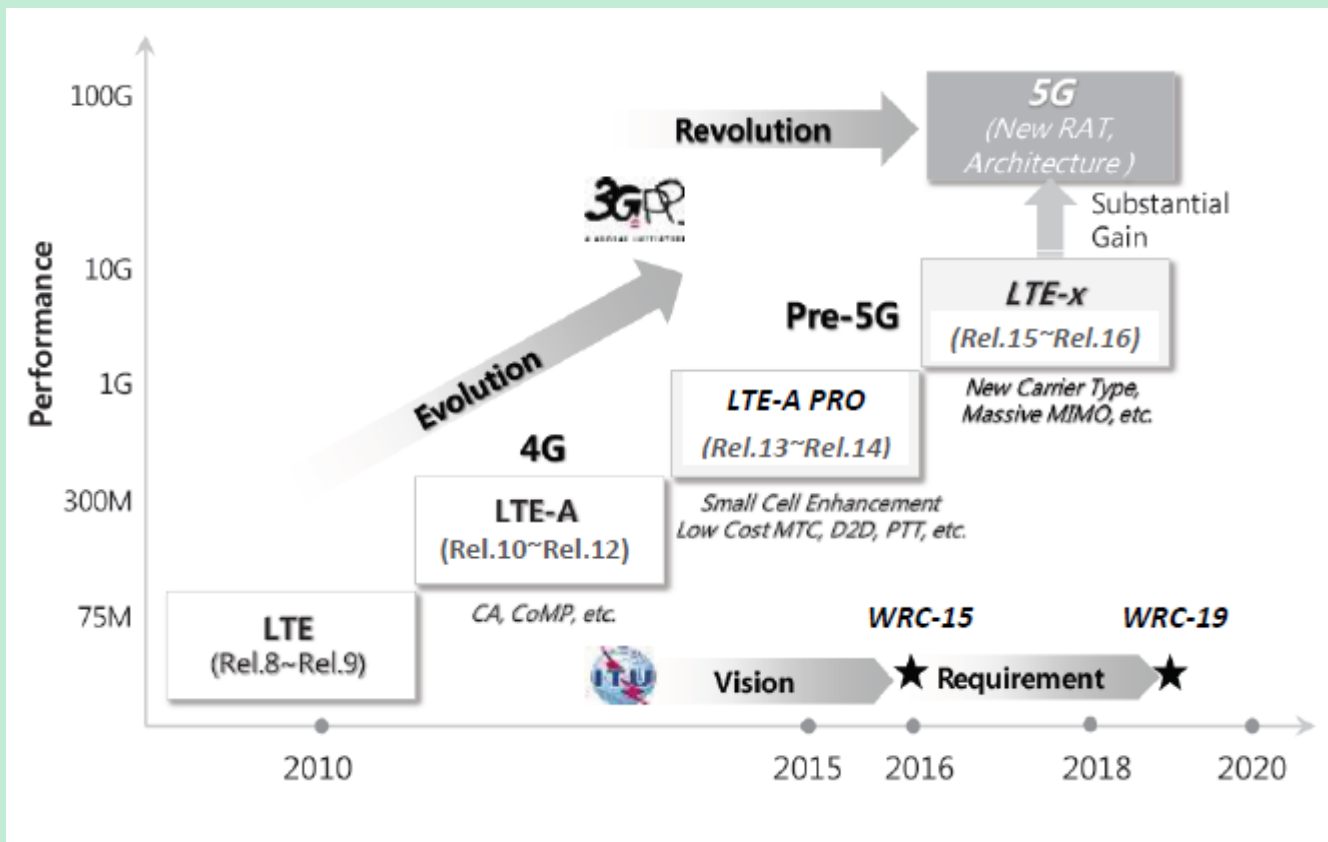
c) internetre kapcsolódó eszközök 2016-2022



Forrás:Ericsson Mobility Report June, 2017

Az infokommunikáció növekedési motorját (eszközsám tekintetében) a 2016-2022. közötti időszakban a nagy (LPWAN) - és kis területű lefedettségű (WiFi, Bluetooth, Zigbee) hálózatokba kapcsolt **nem tradicionális IoT eszközök adják. Az Ericsson becslése szerint a internetre kapcsolt eszközök száma **29 milliárd** lesz 2022-re, ebből kb. **18 milliárd** lesz IoT vonatkozású.**

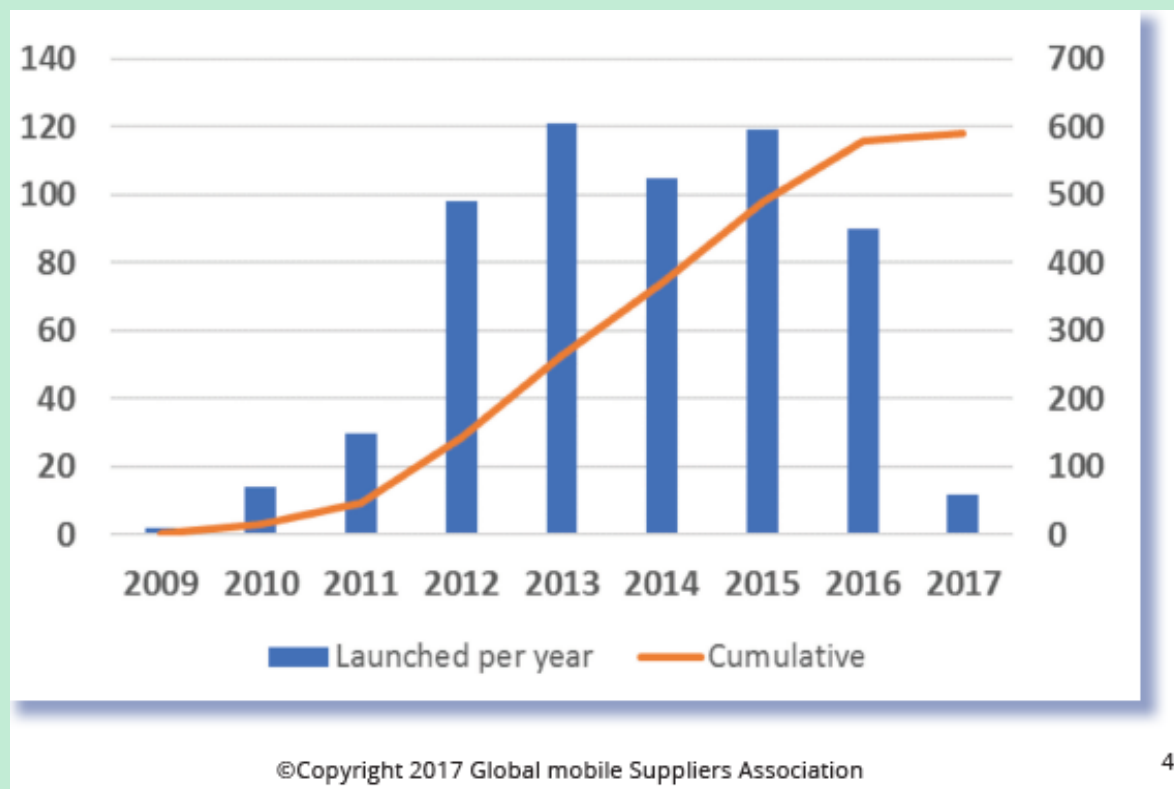
2) Az 5G KÉTFÉLE MEGKÖZELÍTÉSE



Az 5G mind a mobilhálózati evolúció, mind pedig a revolúció (5G NR) aspektusát tartalmazza kiegészítő jelleggel. Az előadás az **evolúciós aspektussal foglalkozik az LTE folyamatos fejlődésének a bemutatásán keresztül (2017/Q1, 2,1 milliárd LTE előfizető, 2022-re 5 milliárd lesz).**

3) HOL TART MA AZ LTE?

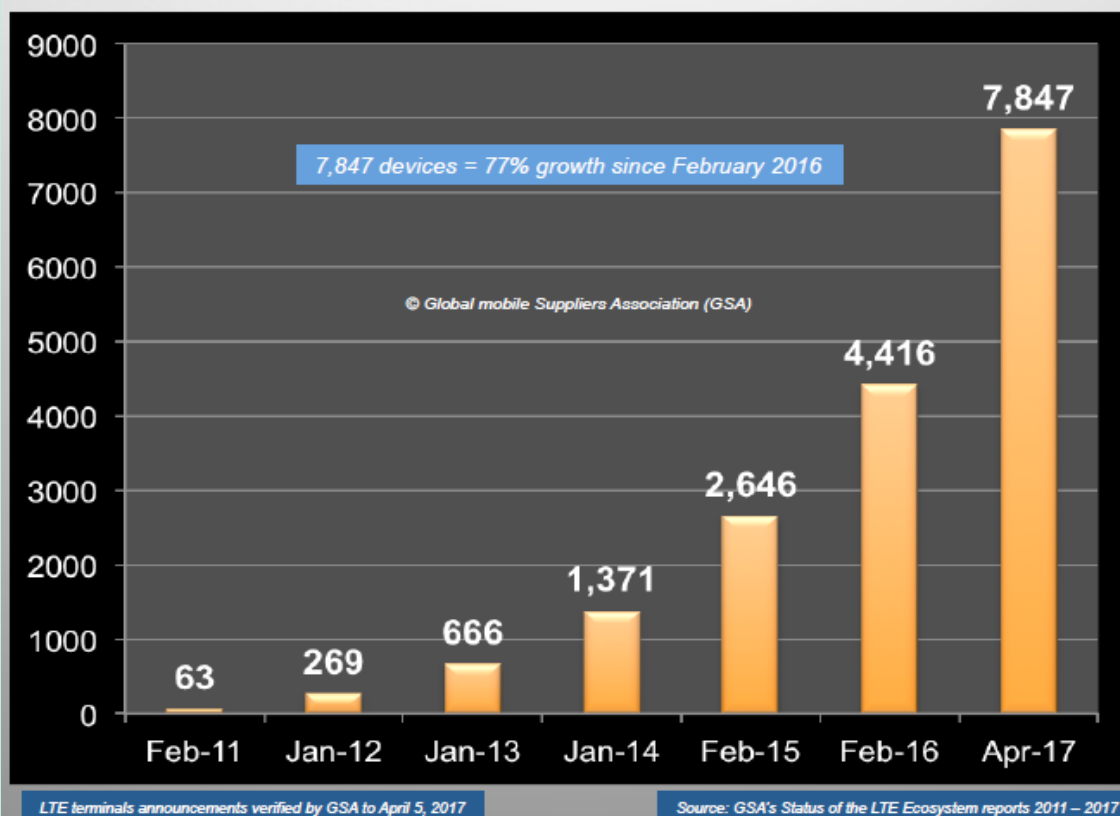
a) hálózatok



A GSA adatai szerint 2017. májusig bezárólag **591 kereskedelmi LTE hálózat működött a világ **189** országában (beleértve 97 LTE TDD hálózatot is 56 országban). Az 591 hálózatból **195** LTE-A vagy LTE-A Pro. Összesen **19** LTE-Advanced Pro hálózat működik 15 országban.**

3) HOL TART MA AZ LTE?

b) felhasználói eszközök (UE)



LTE FDD

| | |
|------------------------|---------------|
| 1800 MHz band 3 | 4,872 devices |
| 2600 MHz band 7 | 4,502 devices |
| 2100 MHz band 1 | 3,885 devices |
| 800 MHz band 20 | 2,784 devices |
| 800/1800/2600 tri-band | 2,655 devices |
| 850 MHz band 5 | 2,179 devices |
| AWS band 4 | 2,048 devices |
| 900 MHz band 8 | 1,959 devices |
| 1900 MHz band 2 | 1,802 devices |
| 700 MHz band 17 | 1,572 devices |
| 700 MHz band 13 | 809 devices |
| APT700 band 28 | 639 devices |
| 700 MHz band 12 | 539 devices |
| 1900 MHz band 25 | 358 devices |

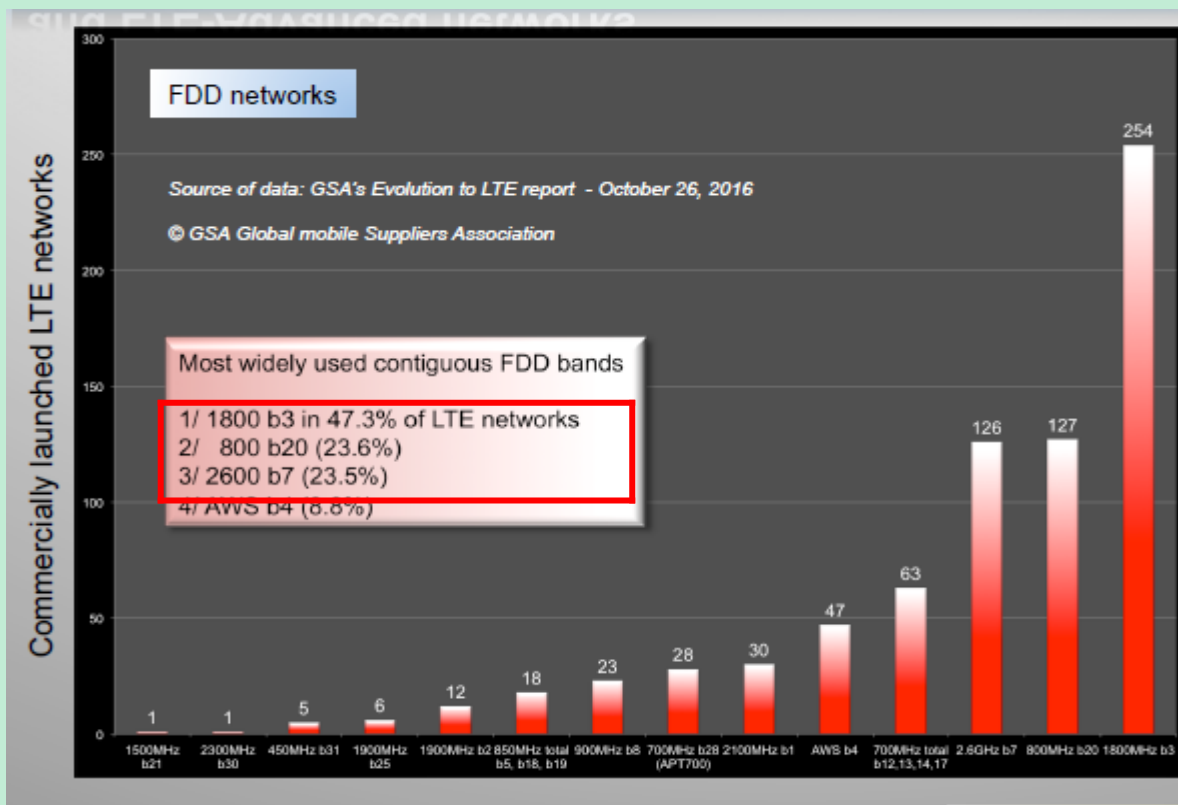
LTE TDD

| | |
|------------------|---------------|
| 2300 MHz band 40 | 2,369 devices |
| 2600 MHz band 38 | 1,889 devices |
| 2600 MHz band 41 | 1,733 devices |
| 1900 MHz band 39 | 1,454 devices |
| 3500 MHz band 42 | 118 devices |
| 3600 MHz band 43 | 93 devices |

A GSA 2017. május 7-i jelentése szerint **7847** különböző típusú LTE felhasználói eszköz elérhető a piacon **546** gyártótól, ami lenyűgöző eszközválasztékot jelent. (Az eszközök 65 %-a mobil telefon, 15 %-a router, 8 %-a táblagép.)

3) HOL TART MA AZ LTE?

c) frekvenciasávok



A 3GPP TS 136 101 műszaki specifikáció 33 FDD és 14 TDD E-UTRA (LTE) üzemi sávot határoz meg, tehát összesen 47 sávot (ebből 24 sáv használt). A leggyakrabban használt LTE sáv az 1800 MHz-es sáv (47,3 %) ezt követi a 800 MHz-es (23,6 %) és a 2600 MHz-es sáv (23,5 %) és a 700 MHz-es sávok (GSA October 26, 2016).

4) 700 MHz-es LTE

a1) 700 MHz-es E-UTRA sávok (3GPP TS 36.101)

Table 5.5-1 E-UTRA operating bands

| E-UTRA Operating Band | Uplink (UL) operating band BS receive UE transmit | Downlink (DL) operating band BS transmit UE receive | Duplex Mode |
|-----------------------|---|---|-------------|
| | $F_{UL\ low} - F_{UL\ high}$ | $F_{DL\ low} - F_{DL\ high}$ | |

É-Amerika

| | | | |
|----|-------------------|-------------------|-----|
| 12 | 699 MHz - 716 MHz | 729 MHz - 746 MHz | FDD |
| 13 | 777 MHz - 787 MHz | 746 MHz - 756 MHz | FDD |
| 14 | 788 MHz - 798 MHz | 758 MHz - 768 MHz | FDD |
| 15 | Reserved | Reserved | FDD |
| 16 | Reserved | Reserved | FDD |
| 17 | 704 MHz - 716 MHz | 734 MHz - 746 MHz | FDD |

B13: Verizon Wireless

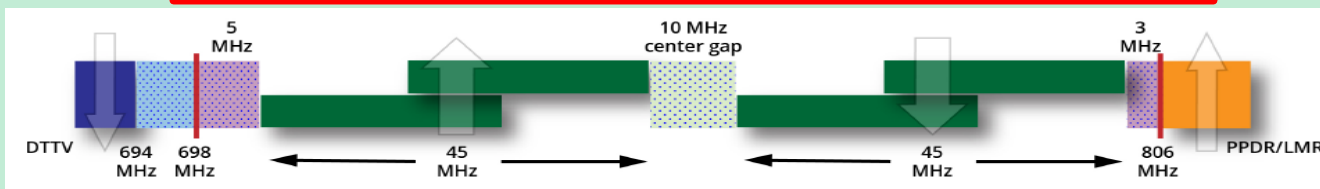
B14: Public Safety

É-Amerika

B17: AT&T Mobility

APT sáv

| | | | |
|----|-------------------|-------------------|-----|
| 28 | 703 MHz - 748 MHz | 758 MHz - 803 MHz | FDD |
|----|-------------------|-------------------|-----|



APT700
2x 45 MHz !
CEPT700
 2x 30 MHz

A 700 MHz-es sáv globálisan nem teljesen harmonizált MFCN rendszerek részére! Észak-Amerikában nem az APT 700 sávtervet használják (b12, 13, 14 és 17 sávok). Az 1.-3. Körzetek közötti frekvenciaharmonizáció jelentős eredményeként az APT 700 sávval kompatibilis a 703-733/758-788 MHz-es (CEPT 700) sáv.

4) 700 MHz-es LTE

a2) A CEPT 700 MHz-es sáv

ECC Decision (15)01 Harmonised technical conditions for MFCN in the band 694-790 MHz Annex 1. (meghatározza a preferált 700 MHz-es sávtervet Európában (normál duplex).

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------------------------------|---------|---------|---------|----------------------------|---------|---------|---------|------------|---------|---------|
| 694-703 | 703-708 | 708-713 | 713-718 | 718-723 | 723-728 | 728-733 | 733-738 | 738-743 | 743-748 | 748-753 | 753-758 | 758-763 | 763-768 | 768-773 | 773-778 | 778-783 | 783-788 | 788-791 |
| Guard band | Uplink | | | | | | Gap | SDL (A) | | | | Downlink | | | | Guard band | | |
| 9 MHz | 30 MHz (6 blocks of 5 MHz) | | | | | | 5 MHz | 20 MHz (zero up to 4 blocks of 5 MHz) | | | | 30 MHz (6 blocks of 5 MHz) | | | | 3 MHz | | |

(A) SDL Option: "The zero or up to 4 blocks of 5 MHz approach" provides flexibility for combination with other options being considered in CEPT (see considering n).

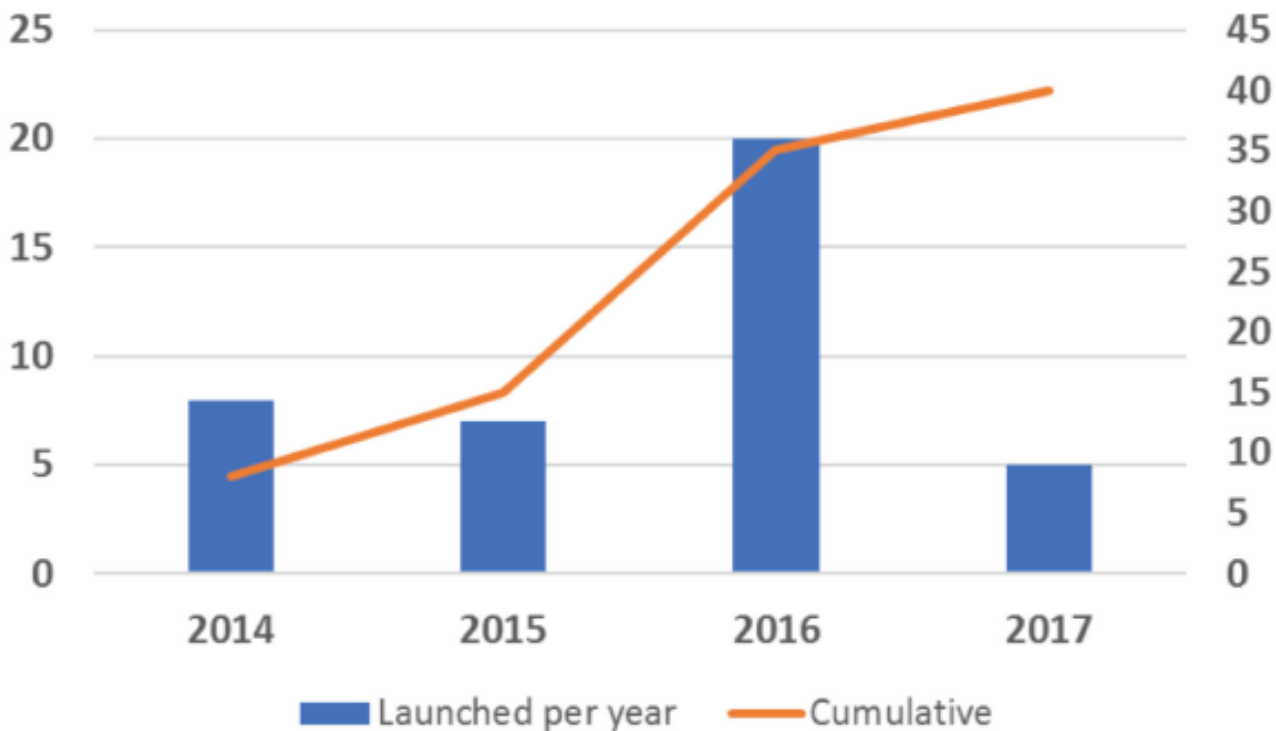
Commission Implementing Decision 216/687 on the harmonization of the 694-790 MHz frequency band.....(meghatározza a BEM-et, BS/TS teljesítmény korlátokat.)

2017/899 DECISION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the use of the 470-790 MHz frequency band in the Union (2020. június 30-ra elérhetővé kell tenni a 694-790 MHz-es sávot MBB-re, 2 éves derogáció lehet.)

ECC Recommendation (15)01 on the cross-border coordination for mobile / fixed communications networks (MFCN) in the frequency bands: 694-790 MHz,

4) 700 MHz-es LTE

b) APT 700 MHz-es LTE hálózatok





Argentína
Ausztrália
Brazília
Chile
Finnország*
Franciaország*
Japán
Mongólia
Nigéria
Új-Zéland
Nigéria
Panama
Pápua-Új Guinea
Peru
Fülöp-Szigetek
Tajvan....

* CEPT700 sávterv

A GSA adatai szerint 2017. áprilisáig **40 operátor** indított kereskedelmi LTE szolgáltatást az APT 700 (Band 28) sávban (beleértve a CEPT700 sávot is). Az APT700 hálózatok száma 2016-ban jelentősen nőtt 20 új hálózattal. A legnagyobb fejlődési potenciál ebben a sávban van (Európa, Közel-Kelet, Afrika, Ázsia, Latin-Amerika). Összesen **639** Band 28 felhasználói eszköztípus van a piacon.

6) A KÖVETKEZŐ LÉPCSŐFOK: 4,5G/LTE-A PRO

a1) specifikáció

| |  |  |
|----------------------|--|--|
| 3GPP specifikáció | 3GPP Release 10, 11, 12 | 3GPP Release 13,14 |
| Max. sávszélesség | 5x20 MHz = 100 MHz | 32x 20 MHz = 640 MHz |
| Névleges DL sebesség | ≥1 Gbit/s | ≥3 Gbit/s |
| Késleltetés | ≤10 ms | ≤2 ms |
| Funkciók | <ul style="list-style-type: none"> -<u>vivőegyesítés (max. 5 CC)</u> -<u>továbbfejlesztett MIMO</u> -<u>heterogén hálózat</u> -<u>eICIC-továbbfejlesztett interferencia koordináció</u> -<u>relé...</u> | <ul style="list-style-type: none"> -<u>vivőegyesítés (max.32 CC)</u> -<u>License-Assisted Access (LAA és eLAA)</u> -<u>LTE és WiFi link aggregáció</u> - <u>térbeli nyalábolás (3D- MIMO)</u> -<u>magasabb szintű moduláció (DL:256 QAM, UL:64QAM)</u> -<u>NB-IoT vagy eMTC (LPWA)</u> -<u>készenléti kommunikációs képesség (MCPTT, D2D, ProSe)</u> -<u>C-V2X kommunikáció...</u> |

Az *LTE-Advanced Pro* szinthez nem kell valamennyi követelményt teljesíteni, de a két fő követelményből (ultra kis késleltetés, vagy NB-IoT/eMTC képesség) valamelyikét és legalább még egyet a felsoroltakból, pl. 4CC aggregálása vagy 256 QAM moduláció.

6) A KÖVETKEZŐ LÉPCSŐFOK: 4,5G/LTE-A PRO

a2) specifikáció

| | eMTC (LTE Cat M1) | NB-IOT |
|-------------------|--|--|
| Deployment | In-band LTE | In-band & Guard-band LTE, standalone |
| Coverage* | 155.7 dB | 164 dB for standalone, FFS others |
| Downlink | OFDMA, 15 KHz tone spacing, Turbo Code, 16 QAM, 1 Rx | OFDMA, 15 KHz tone spacing, 1 Rx |
| Uplink | SC-FDMA, 15 KHz tone spacing Turbo code, 16 QAM | Single tone, 15 KHz and 3.75 KHz spacing SC-FDMA, 15 KHz tone spacing, Turbo code |
| Bandwidth | 1.08 MHz | 180 KHz |
| Peak rate (DL/UL) | 1 Mbps for DL and UL | DL: ~50 kbps UL: ~50 for multi-tone, ~20 kbps for single tone |
| Duplexing | FD & HD (type B), FDD & TDD | HD (type B), FDD |
| Power saving | PSM, ext. I-DRX, C-DRX | PSM, ext. I-DRX, C-DRX |
| Power class | 23 dBm, 20 dBm | 23 dBm, others TBD |

A világ 20 legnagyobb mobilszolgáltatója támogatja az LTE alapú NB-IoT-ét. Kizárólagos frekvenciahasználati jogosultság alapján igénybevehető 1GHz-alatti MFCN sávokban működhet. (Jelenleg még a 433 MHz és 868 MHz-es SRD sávokban működő LoRa komoly versenytárs gazdasági okokból.)

6) A KÖVETKEZŐ LÉPCSŐFOK: 4,5G/LTE-A PRO

b) LTE-A PRO kereskedelmi hálózatok (2017. május)

| ORSZÁG | Operátor |
|----------------|---------------------------|
| AUSZTRÁLIA | Telstra |
| FINNORSZÁG | DNA |
| GÖRÖGORSZÁG | Cosmote |
| HONG KONG | SmarTone |
| INDONÉZIA | Telkomsel |
| OLASZORSZÁG | TIM |
| FÜLÖP-SZIGETEK | Globe |
| LENGYELORSZÁG | P4 Play |
| | Polkomtel |
| QUATAR | Ooredoo |

| ORSZÁG | Operátor |
|---------------|------------------------------|
| OROSZORSZÁG | MTS |
| DÉL-KÓREA | SK Telecom |
| SPANYOLORSZÁG | Vodafone |
| THAIFÖLD | AIS |
| | True |
| TÖRÖKORSZÁG | Turk Telecom |
| | Turkcell |
| | Vodafone |
| USA | T-Mobile US |

Jelenleg letöltési sebesség: 600 Mbps - 1Gbps

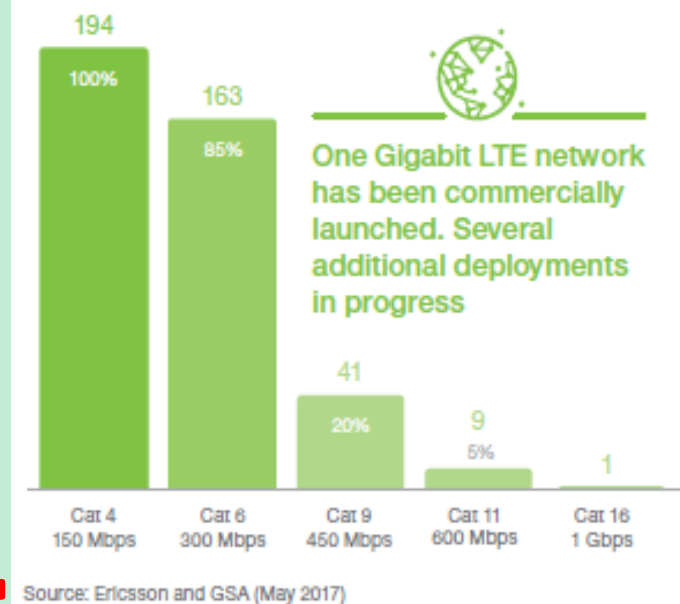
c) LTE-A Pro kísérleti mintarendszerek (100+ operátoros a lista)

| ORSZÁG | Operátor | LTE-A Pro funkció | DL sebesség |
|------------------------|--------------------------|--|---------------------------|
| AUSZTRÁLIA | Optus | 5CC CA, 4x4 MIMO , 256 QAM | 1,41 Gbps |
| CSEHORSZÁG | Vodafone | 4CC CA, 4x4 MIMO, 256 QAM | 1,2 Gbps |
| ÉSZTORSZÁG | Telia | 3CC CA, 4x 4 MIMO, 256 QAM | 1 Gbps |
| FÜLÖP-SZIGETEK | Globe | 5CC CA | 1,4 Gbps |
| EGYESÜLT ARAB EMIRÁTUS | Etisalat | 5CC CA, 4x4MIMO, 256 QAM, NB-IoT | 1 Gbps |

6) A KÖVETKEZŐ LÉPCSŐFOK: 4,5G/LTE-A PRO d) felhasználói eszközök

| Felhasználói eszköz kategória | DL/UL sebesség | Eszköz szám |
|-------------------------------|------------------|-------------|
| Cat.9 | 450/50 Mbps | 80 |
| Cat.10 | 450/100 Mbps | 2 |
| Cat.11 | 600/50 Mbps | 35 |
| Cat.12 | 600/100 Mbps | 25 |
| Cat.13 | 390/150 Mbps | 25 |
| Cat.14 | 3900/1500 Mbps | 1 |
| Cat.15 | max. 750 Mbps DL | 1 |
| Cat.16 | max. 1 Gbps DL | 2 |

Percentage and number of LTE-Advanced networks supporting Cat 4, Cat 6, Cat 9, Cat 11 and Cat 16 devices



A jelenlegi **LTE-Advanced Pro** hálózatokban többnyire **Cat. 11** és **Cat. 12** felhasználói eszközök működnek (LG G5, Samsung S7, 4x4 MIMO-val), de az év elején a Telstra üzemeltetésében elindult az első Gigabites LTE hálózat Ausztráliában **Cat. 16** eszközzel (NEATGEAR MR1100 mobil router).

7) KONKLÚZIÓK

Az LTE minden idők legsikeresebb mobil technológiája a hálózatkiépítés gyorsaságát, földrajzi kiterjedését és az előfizetős szám növekedését figyelembevéve.

Az 5G sikeréhez elengedhetetlen a 3GPP keretében folyamatosan fejlesztett, globális kiterjedtségű LTE. Az LTE-Advanced Pro („Gigabit LTE”), mint egy 4,5G-nek minősíthető rendszer az 5G alaphálózatának tekinthető.

Az LTE-Advanced Pro, mint napjaink legkorszerűbb mobil hálózata, már jelenleg is képes egyes 5G felhasználási eseteket (pl. mMTC, „mission critical” alkalmazások) kielégíteni.

Az 1 GHz alatti sávokban (450 MHz, 700 MHz, 800 MHz) működő nagy területi lefedettséget és beltéri ellátottságot biztosító LTE rendszerek a tömeges gépi típusú kommunikáció (NB-IoT, eMTC) számára ideális alaphálózatot biztosítanak.

A közel globális frekvenciaharmonizáció a 700 MHz-es sávban hatalmas növekedési potenciált jelent az APT 700/CEPT700 (Band 28) sávú LTE infrastruktúra és felhasználói eszközök számára Európa, Közel-Kelet, Afrika, Ázsia, Csendes-óceán, Dél-Amerika térségeiben.

IRODALOMJEGYZÉK

Recommendation ITU-R M. 2083-0 (09/2015) IMT Vision - Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond

Ericsson Mobility Report, June 2017

Philippe Reininger:3GPP standard for the Internet of Things

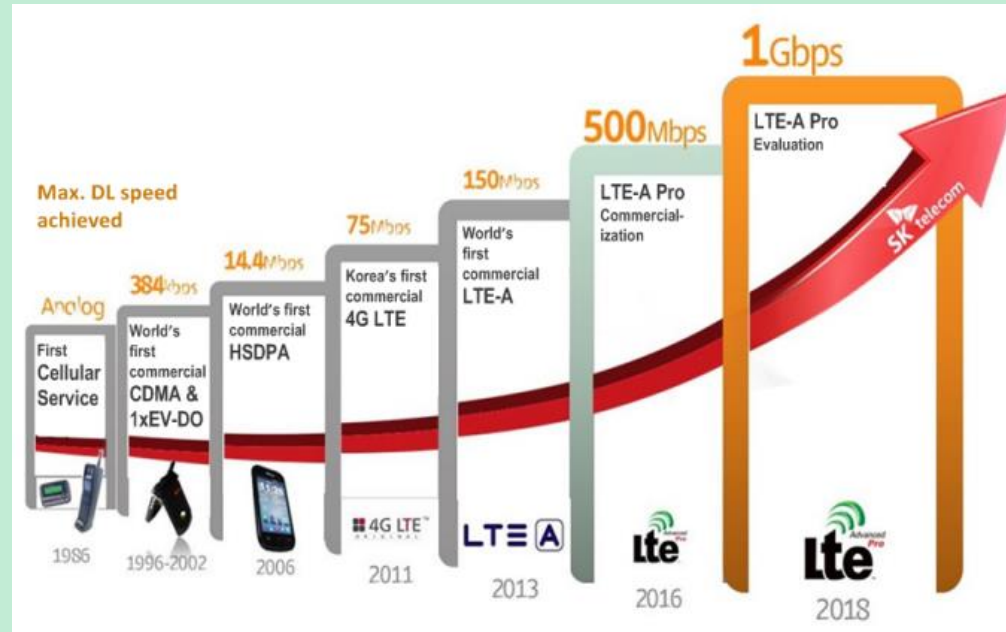
GSA (Global mobile Suppliers Association) Report: Status of LTE Ecosystem (April 5, 2017)

GSA (Global mobile Suppliers Association) 700&800 MHz Ecosystem Evolution (May 2017)

GSA (Global mobile Suppliers Association) Evolution from LTE to 5G (April 2017 update)

GSA (Global mobile Suppliers Association) Snapshot: LTE-Advanced Networks including LTE-Advanced Pro (May 2017)

Alan Hadden Vice President: GSA LTE-Advanced Pro (4.5G) Market Progress (November 25, 2016 –Tokyo, Japan)



KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

KÉRDÉSEK?