



# Kapcsolj a 6. sebességbe! A mobil távközlés új irányai



**Németh Vilmos**  
**ATOMCSILL**

**ELTE, 2022. október 6.**

# Tartalom

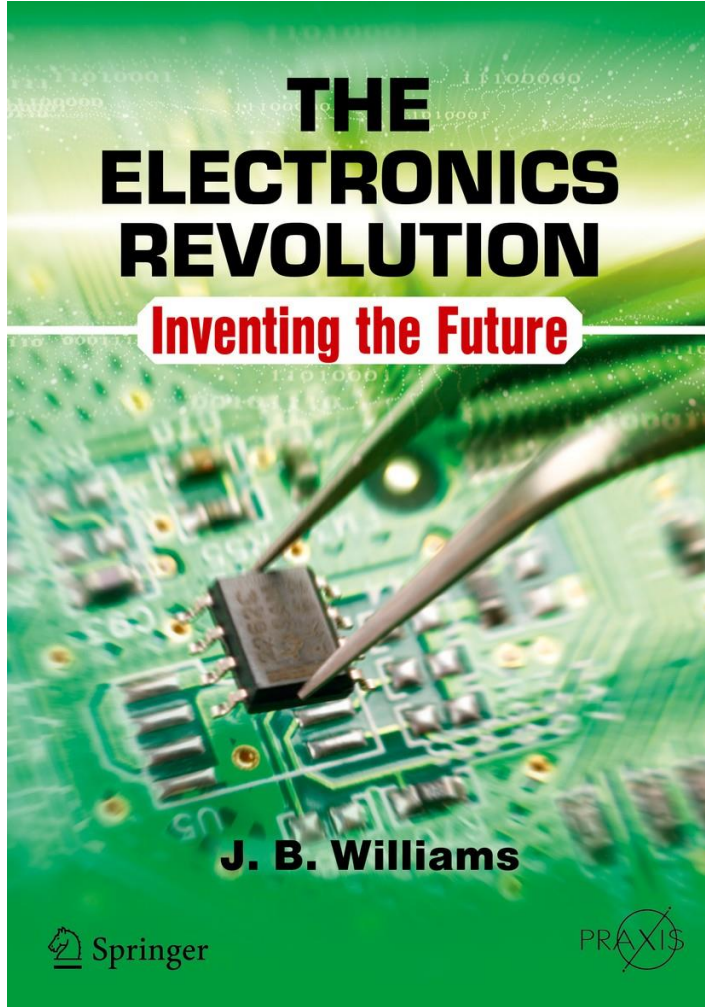


- **Digitális forradalom**
- **Miért kell 5G?**
- **5G műszaki jellemzői**
- **Fontos 5G komponensek**
- **5G felhasználási területek**
- **5G Magyarországon**
- **6G vízió és extrém alkalmazások**
- **6G az EU-ban és itthon**
- **Mit hoz a jövő?**

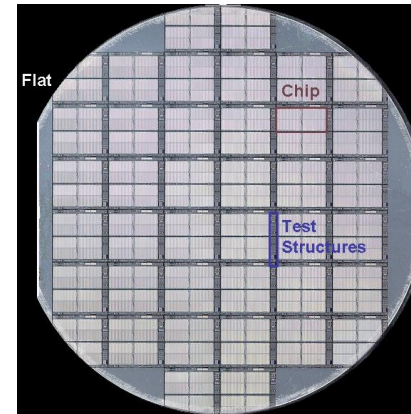
# Digitális forradalom



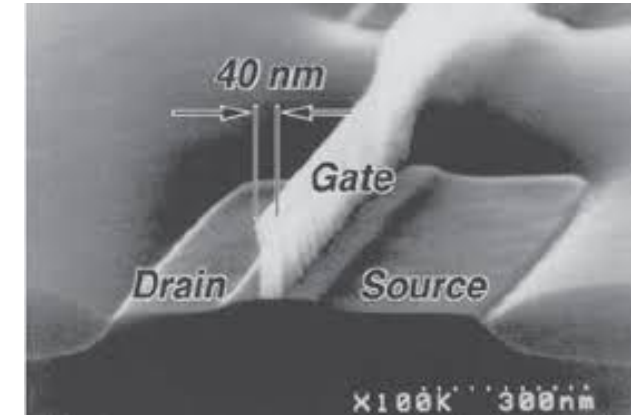
# Mikroelektronika és a digitális robbanás



1947



1958



# Internet felhasználók száma



## Internet Users in 2021



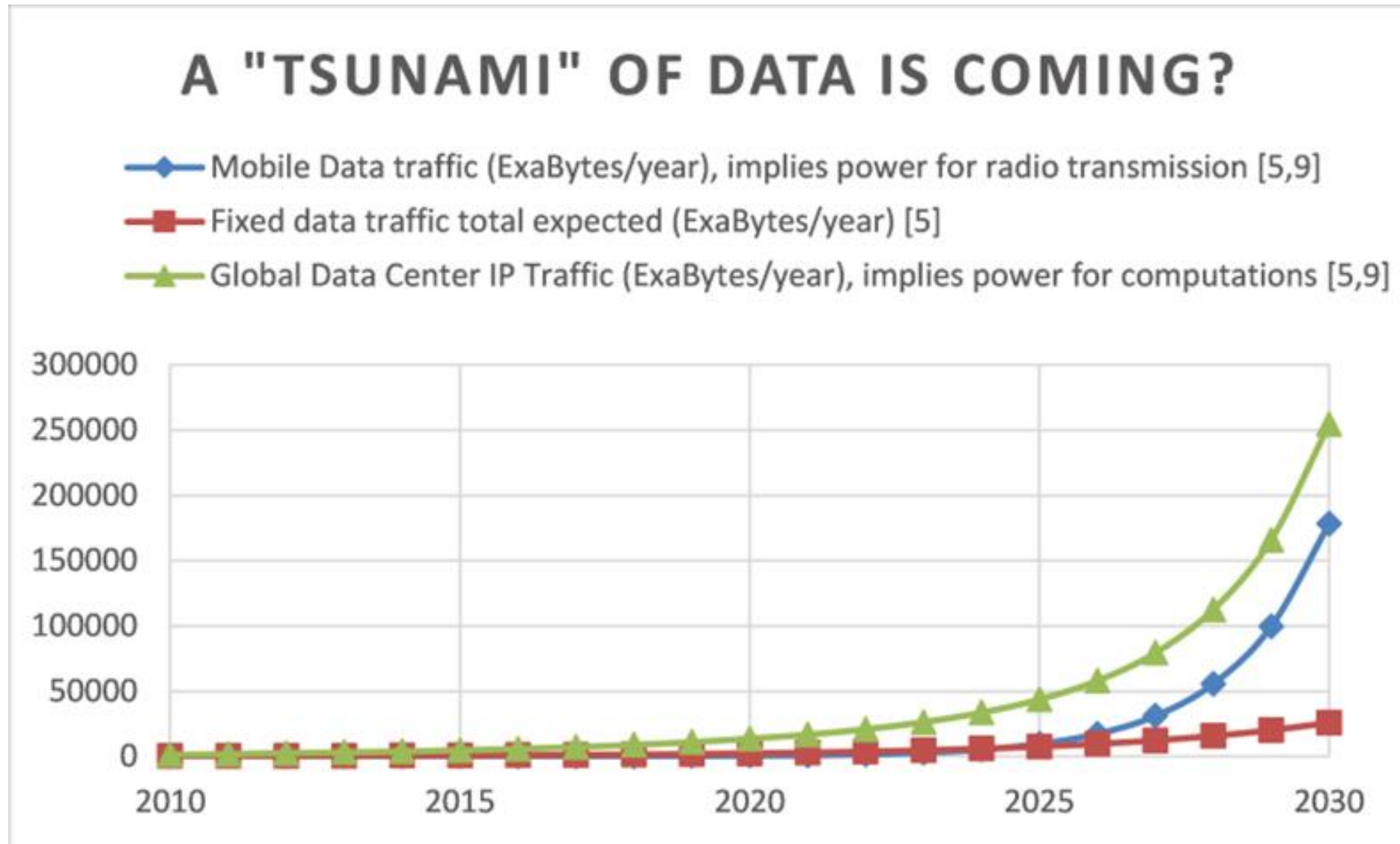
# Gyorsuló világ



## 2021 This Is What Happens In An Internet Minute



# Exponenciális adatforgalom növekedés

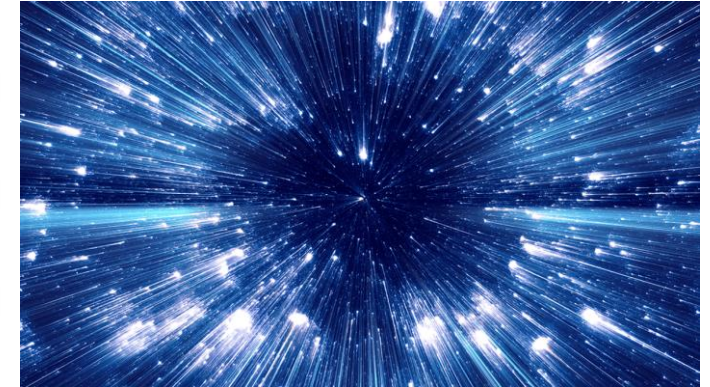
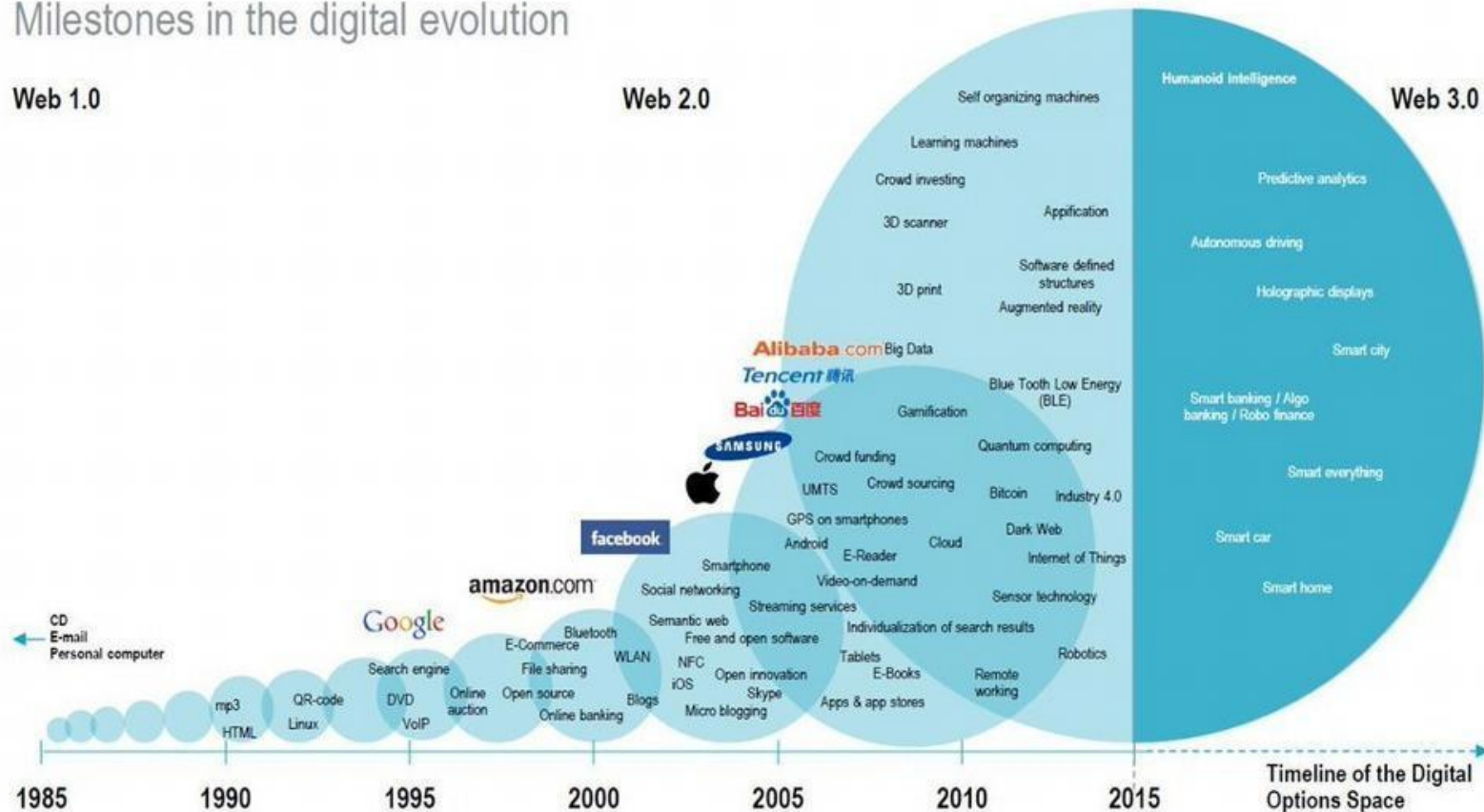


# Digitális univerzum tágulása

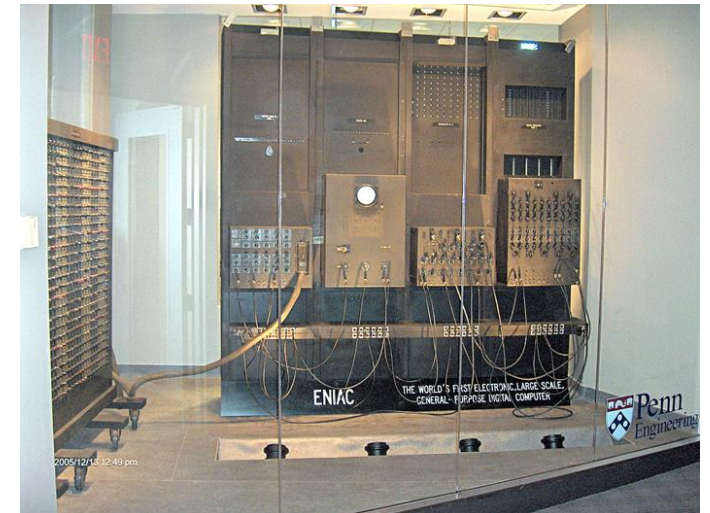


Digital Transformation has changed everything and is set to continue, as digital options follow an exponential growth path

Milestones in the digital evolution



Big Bang



ENIAC – 1945. dec. 10.



# Exponenciális technológiai változások



**Az exponenciálisan növekvő technológiák alapjaiban változtatják meg az életünket és a gazdaságot (disruptive technologies)**



**Innovációs hullámok**



**Új iparágak és üzleti modellek**

# Semmi sem örök!



**Róma, Szt. Péter tér**

# Az 5G már megérkezett

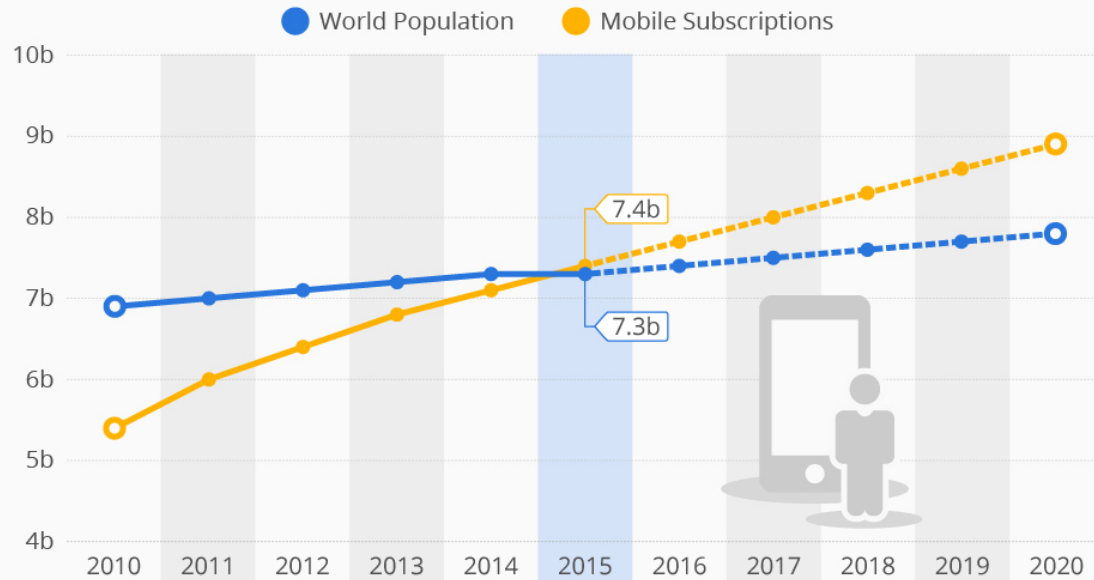


# Miért kell 5G?



## Mobile Subscriptions to Outnumber the World's Population

World population vs. estimated number of worldwide mobile subscriptions



© StatistaCharts Sources: Ericsson, United Nations

statista

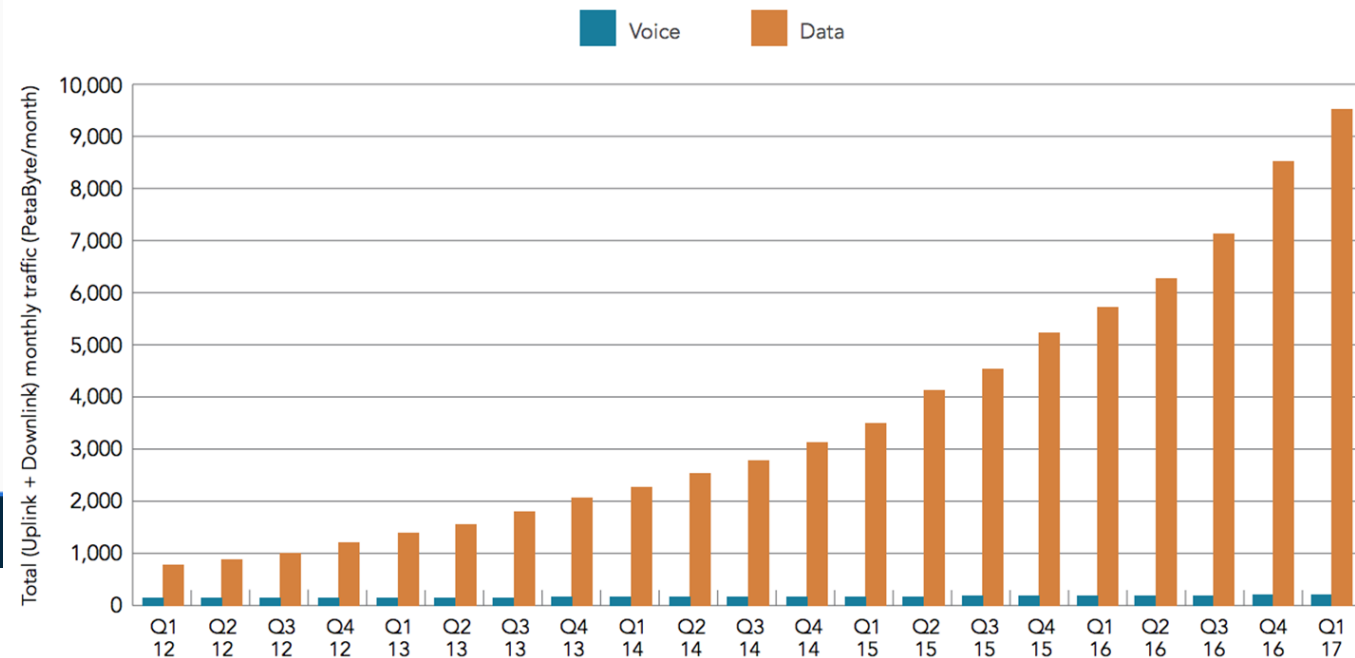
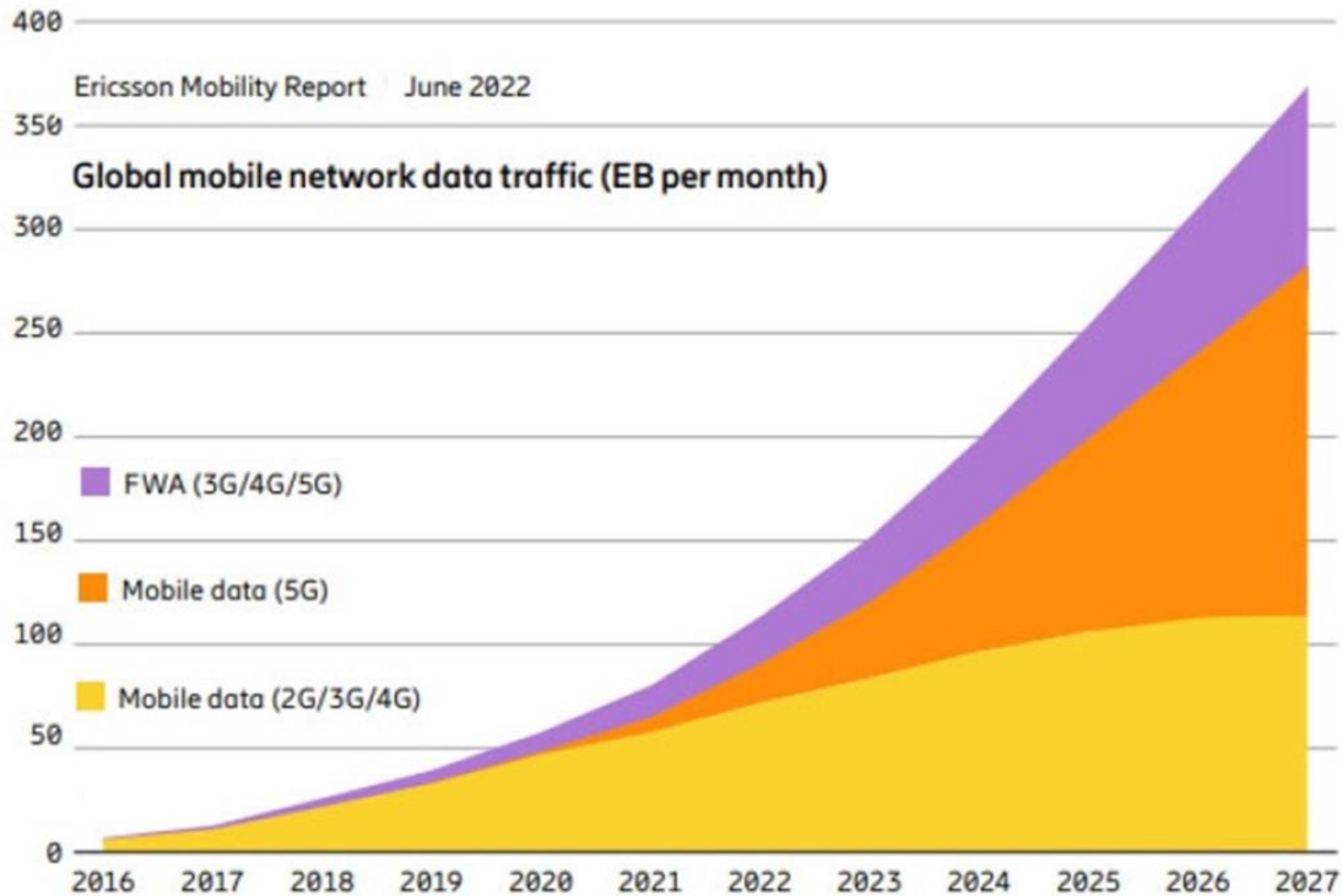


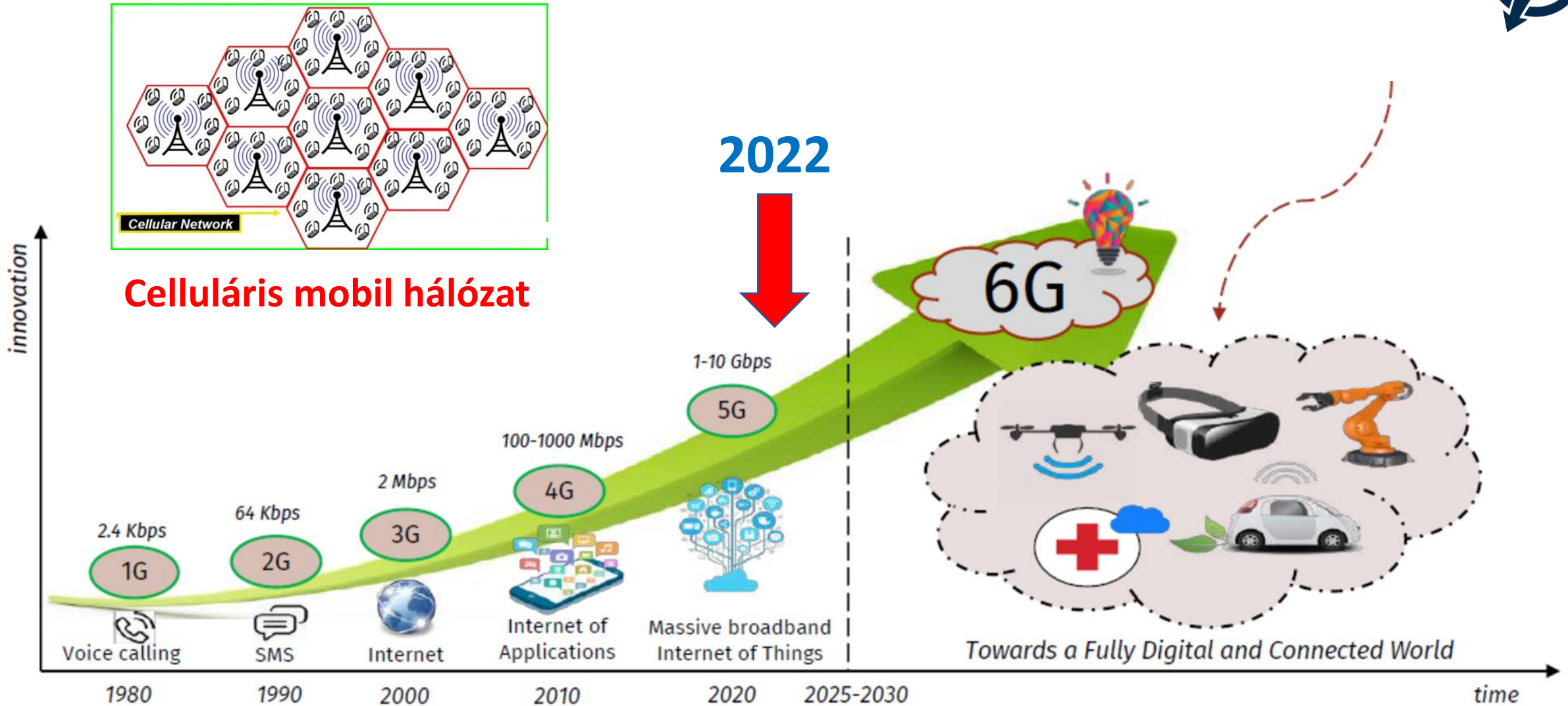
Figure 39: Total Monthly Mobile Voice and Data Traffic as Measured by Ericsson

A mobil előfizetések 68 %-a szélessávú szolgáltatás a világon

# Várható mobil adatforgalom



# Mobil technológia evolúciója



# 5G spektrum kiosztás



Low frequency  
cells *700 MHz*



High frequency  
cells *3.4-3.8 GHz*



Millimetre wave  
cells *26 GHz*



Large scale events  
Thousands of users

Vehicle communications  
Transport infrastructure

Environmental  
monitoring &  
Smart cities

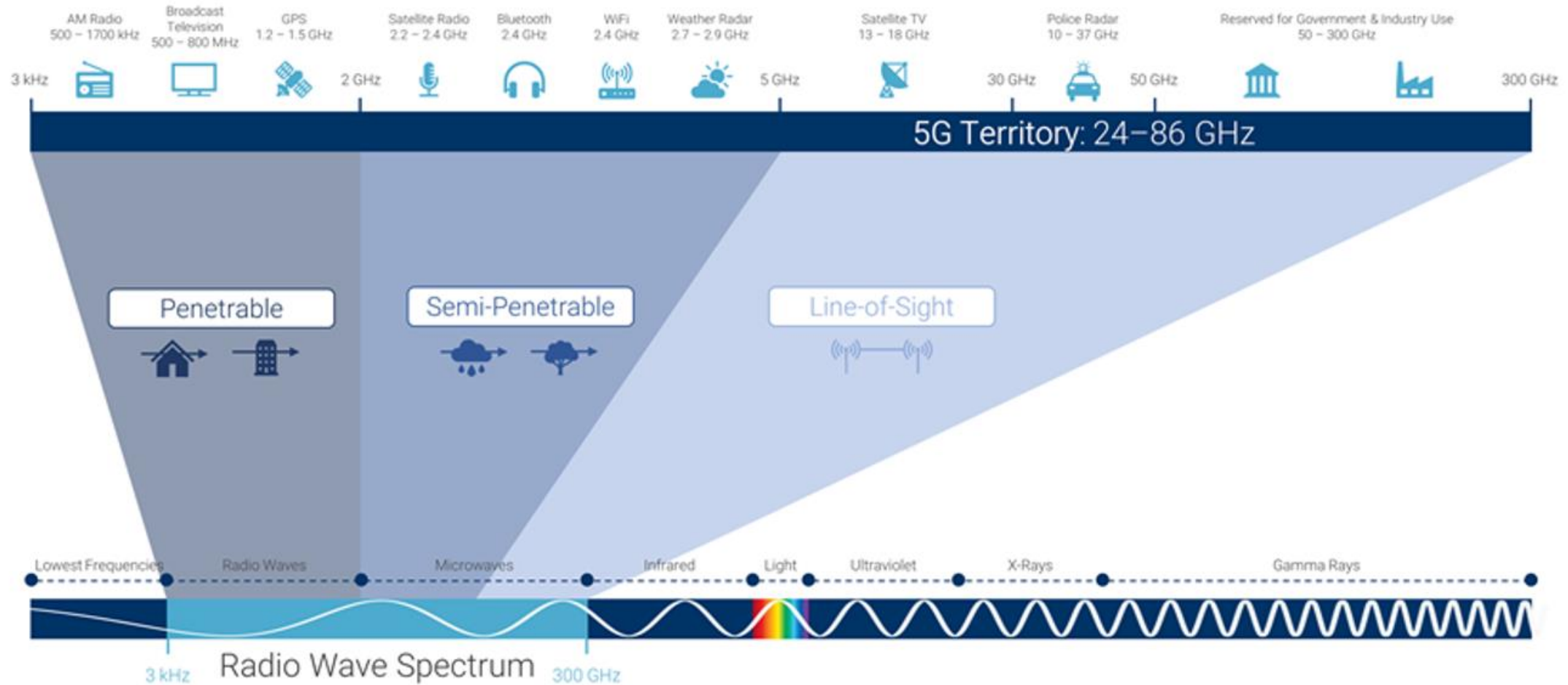
Transport &  
infrastructure

Improved residential  
connections,  
Smart energy

# 5G spektrum

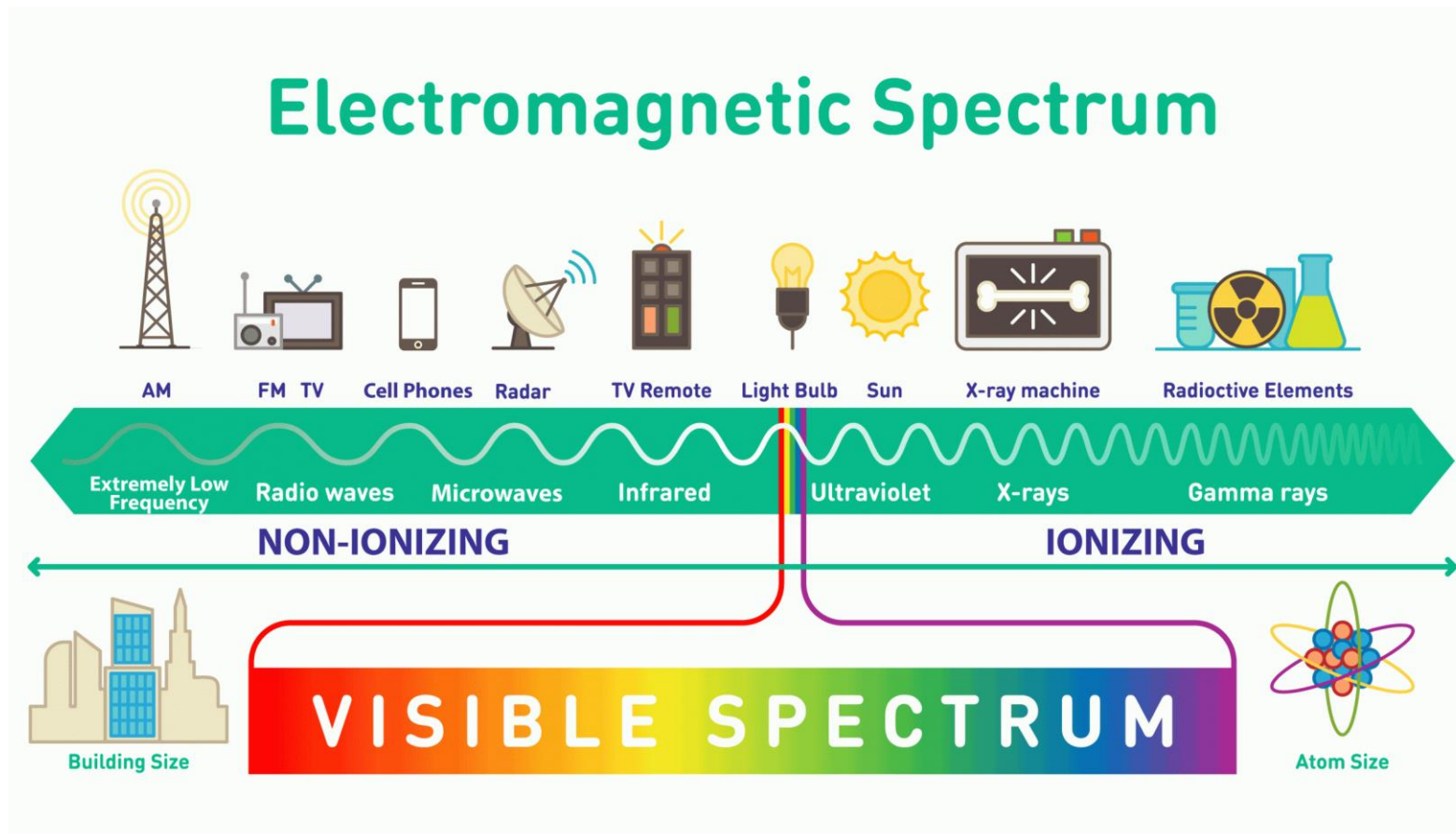


## High speeds favor high frequencies for 5G





# RF egészségügyi hatások



Hullámhossz:

10 Km- 1 m

1m - 0,3 mm

300 - 0,78  $\mu$ m

0,7 - 0,4  $\mu$ m

380 - 10 nm

10 - 0,01 nm

< 0,01 nm

Megnevezés:

Rádió  
Mikrohullám  
Infravörös  
Fény  
Ultraibolya  
Röntgen  
 $\gamma$  sugarak



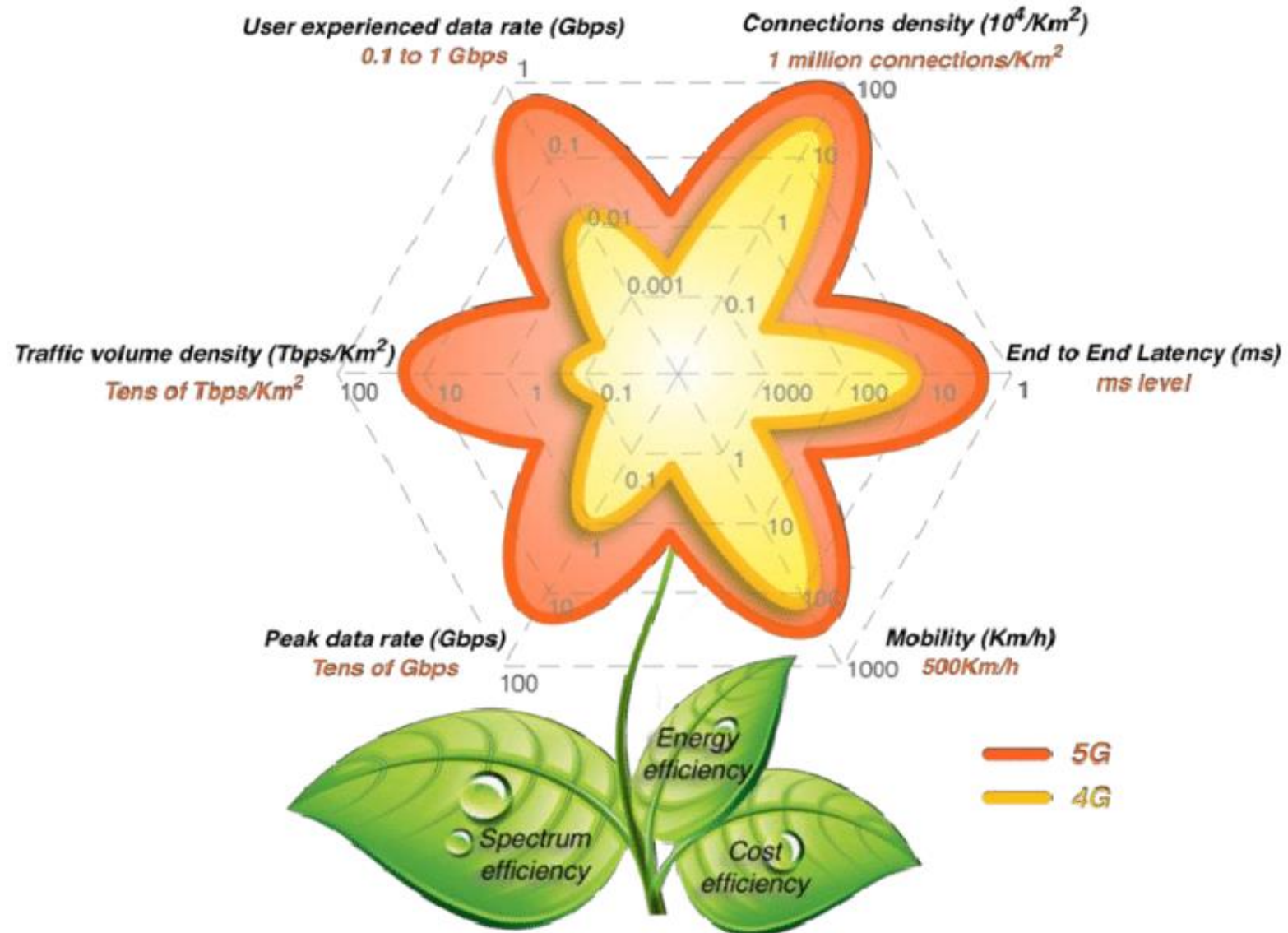
**WHO: „Eddig nem találtak hosszútávú káros egészségügyi hatásokat”**

# 5G szabványosítási menetrend



Release-15 and Release-16 Specification and Commercial launches timeline

# 5G műszaki jellemzők (KPI)

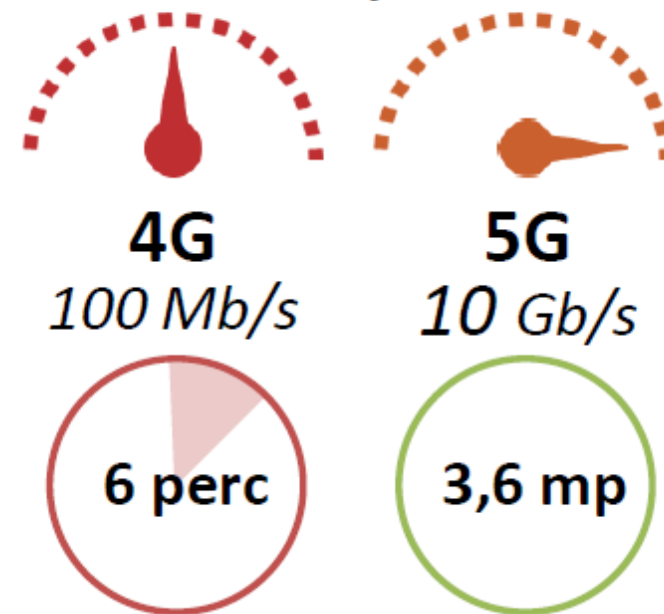


# 4G LTE vs. 5G

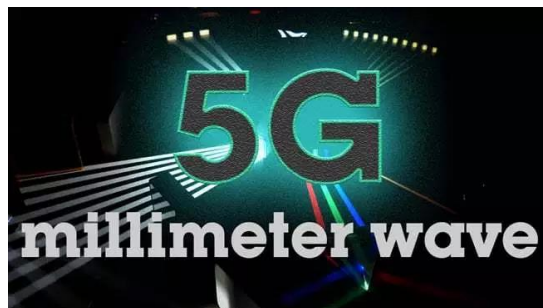


|                                       | 4G                             | 5G                               |
|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Csúcs letöltési sebesség              | 1Gbps                          | 20Gbps                           |
| Felhasználó által tapasztalt sebesség | 10Mbps                         | 100Mbps                          |
| Késleltetés                           | 10ms                           | 1ms                              |
| Csatlakozási sűrűség                  | 100,000 eszköz/km <sup>2</sup> | 1,000,000 eszköz/km <sup>2</sup> |
| Energiahatékonyság                    | 1x                             | 100x                             |
| Spektrumhatékonyság                   | 1x                             | 3x                               |
| Terület forgalmi kapacitása           | 0.1Mbps/km <sup>2</sup>        | 10Mbps/ km <sup>2</sup>          |

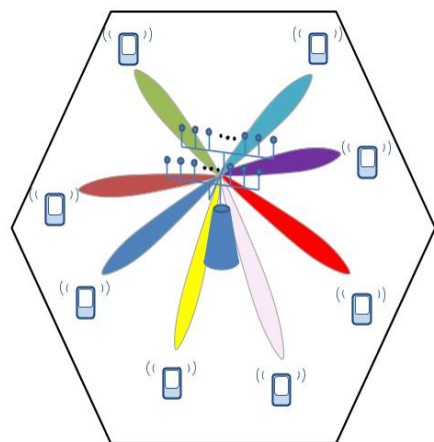
egy 2 órás film letöltési ideje



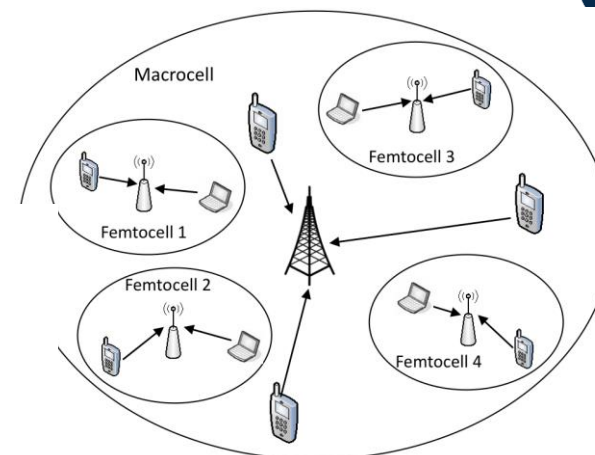
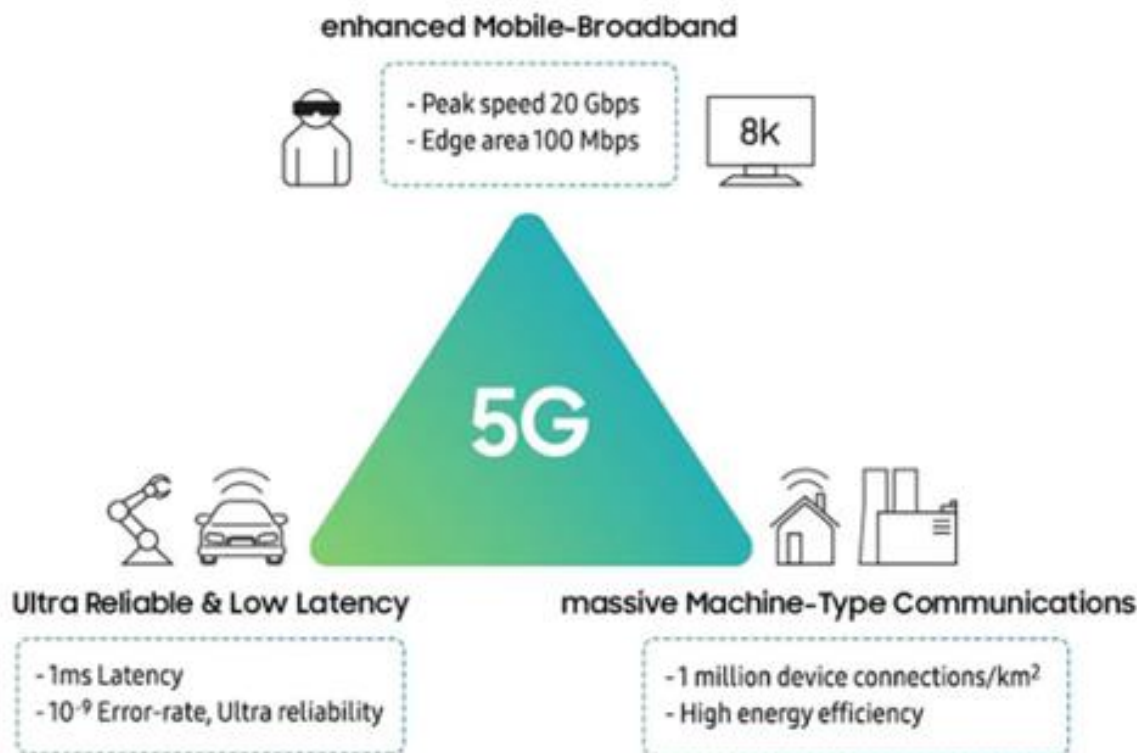
# 5G scenáriók és kulcstechnológiák



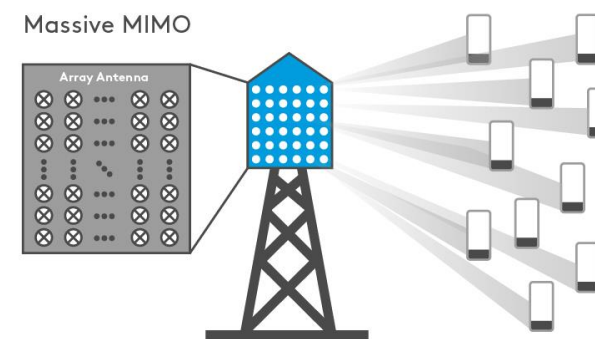
mmWave



Nyalábformálás

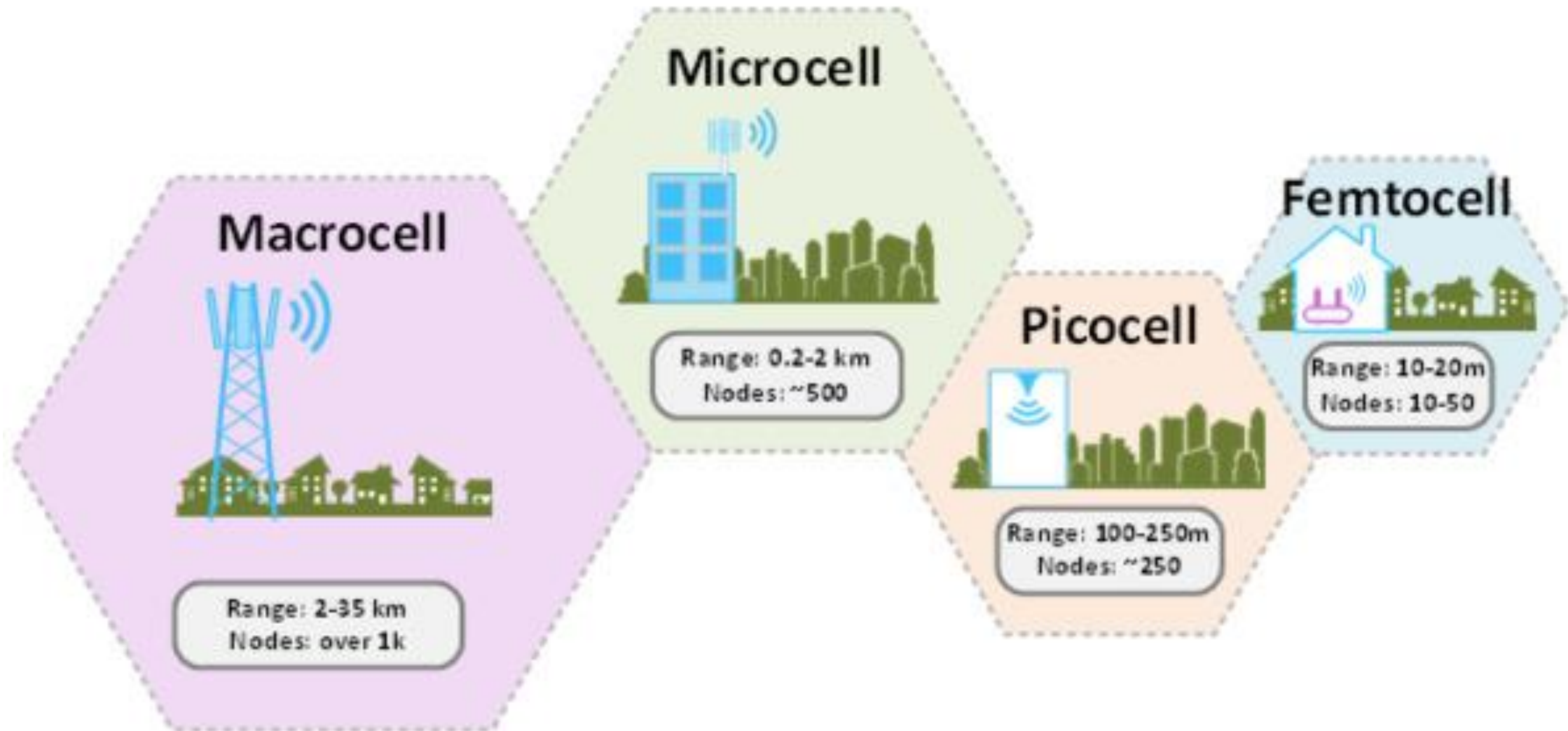


Kis cellák

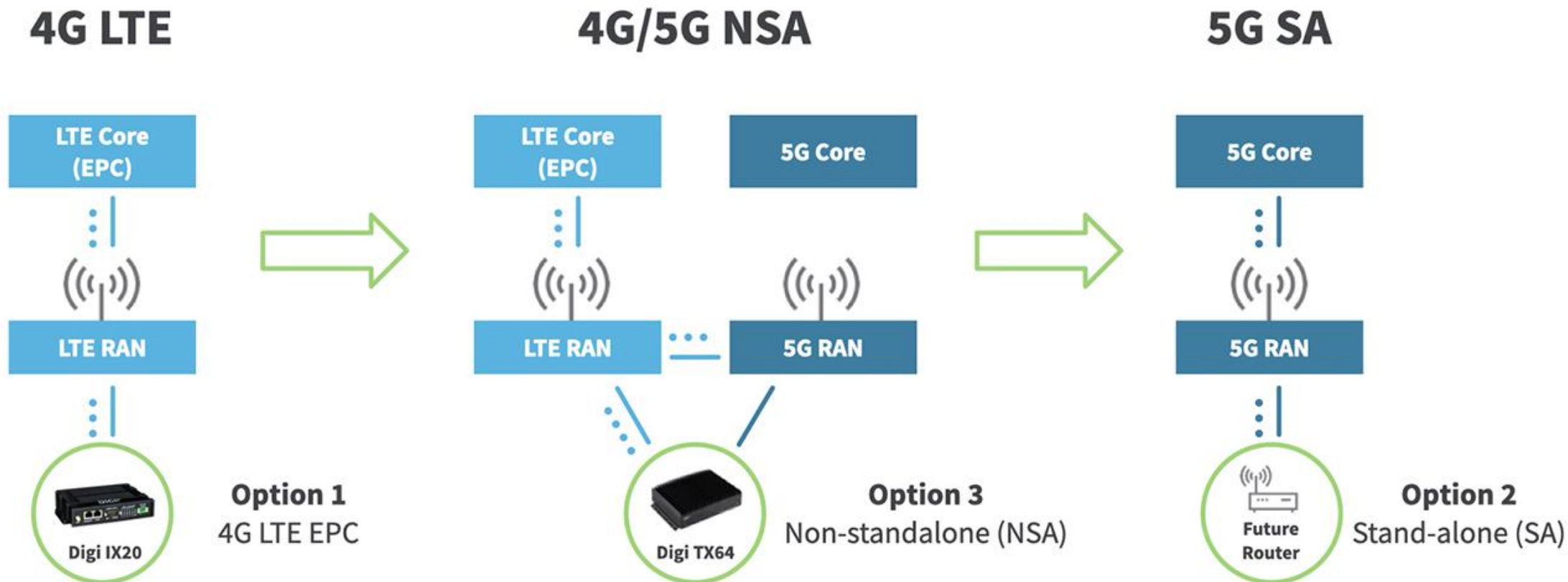


Massive MIMO

# 5G makro- és kisméretű cellák

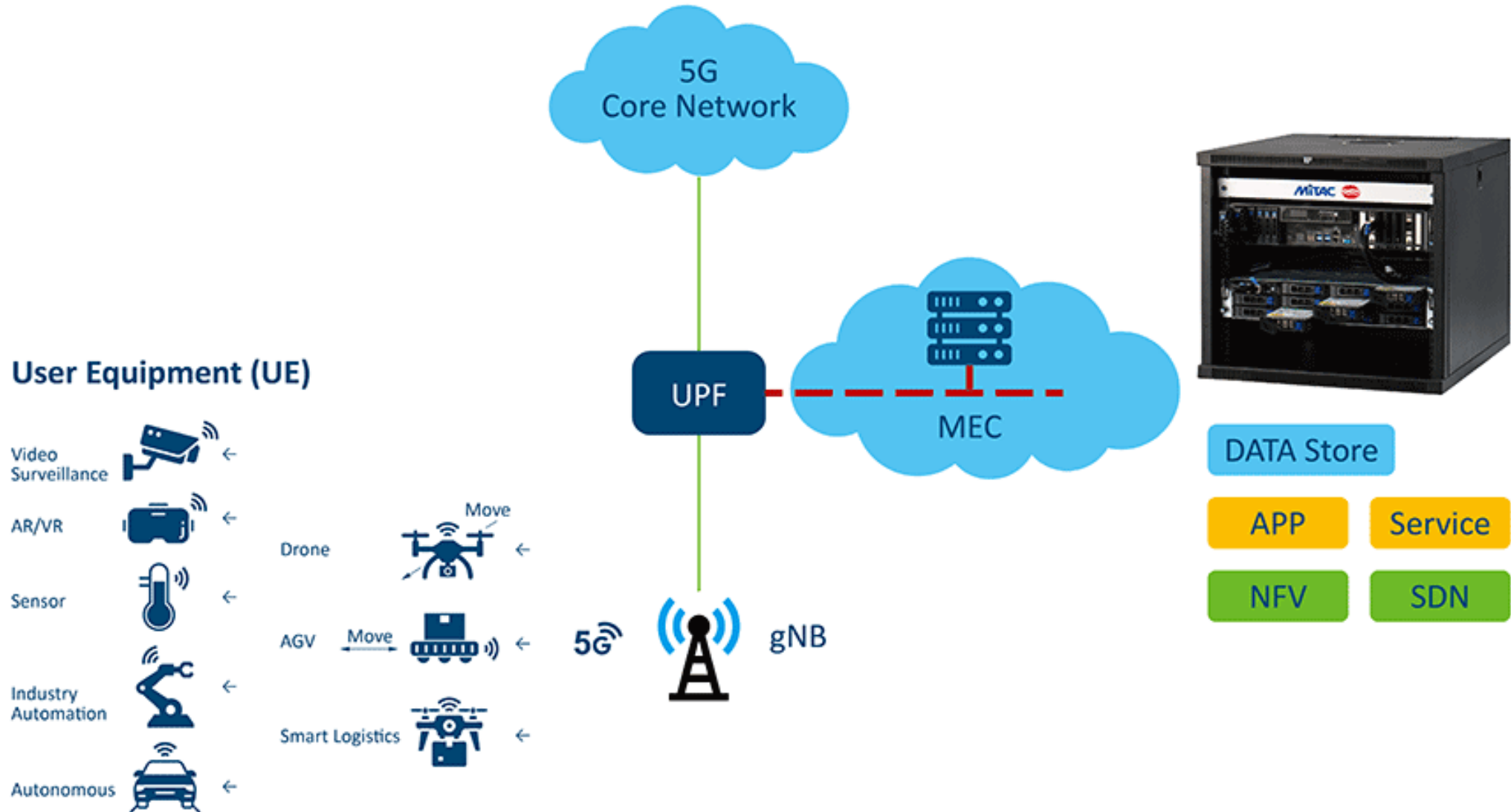


# 4G és 5G hálózatok együttműködése



**5G mobil szolgáltatások „Non-Standalone” és „Standalone” üzemmódban**

# 5G Mobile Edge Computing (MEC)





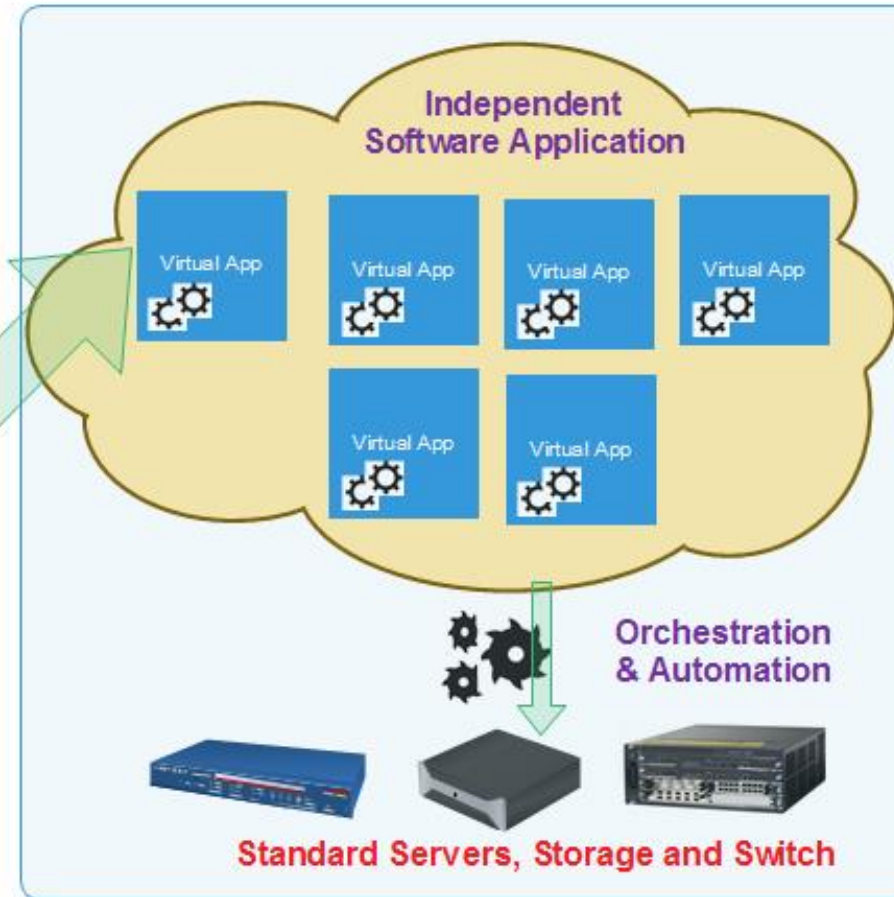
# 5G virtualizáció – SDN & NFV



Traditional Network Appliance Approach

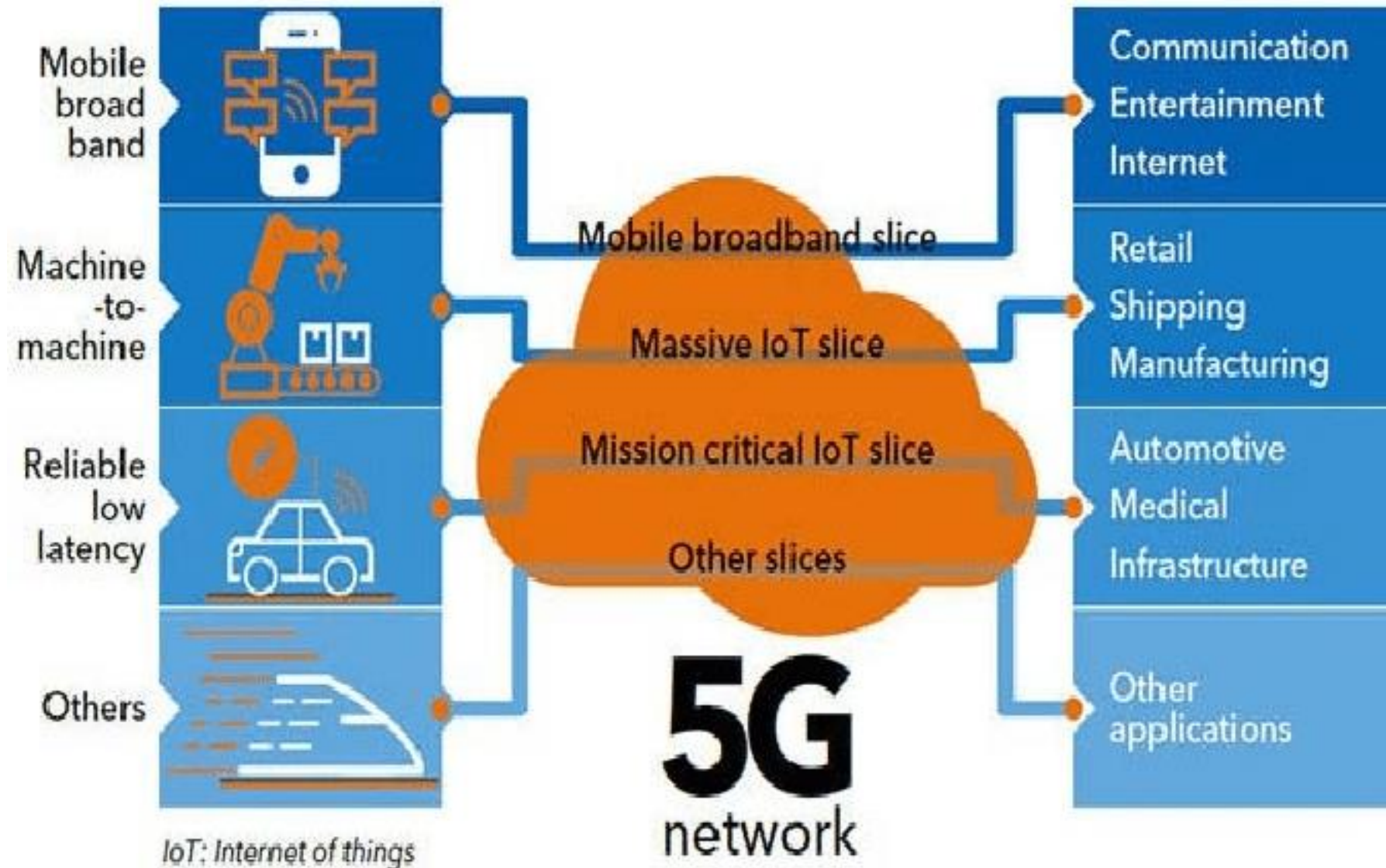


Network Virtualisation Approach



**SDN – Software Defined Network**  
**NFV – Network Function Virtualization**

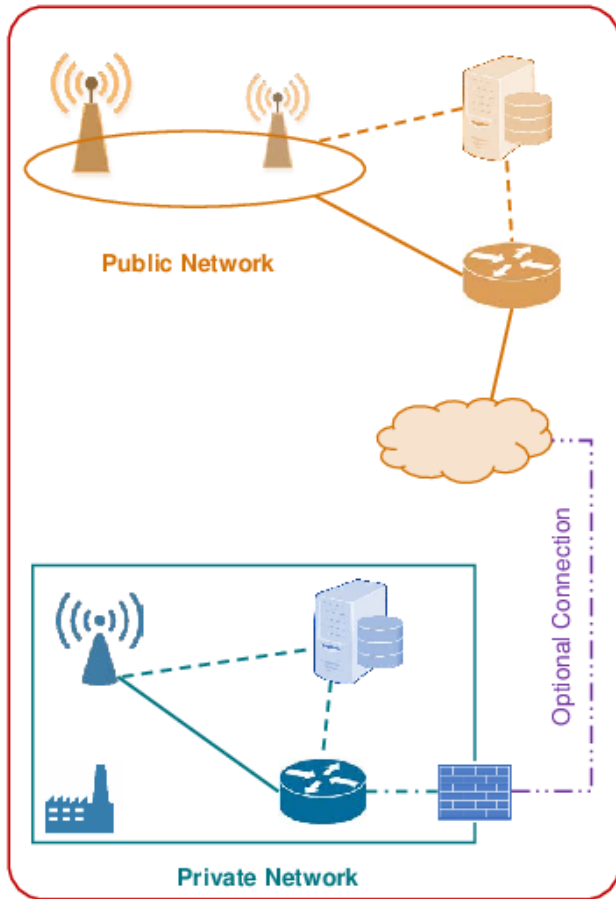
# Hálózati szeletelés



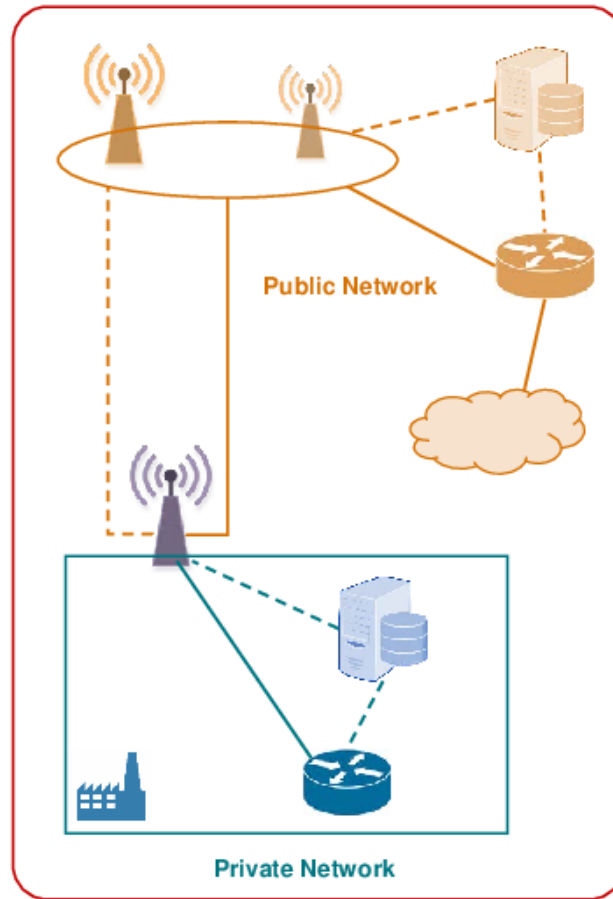
# 5G Fixed Wireless Access (FWA)



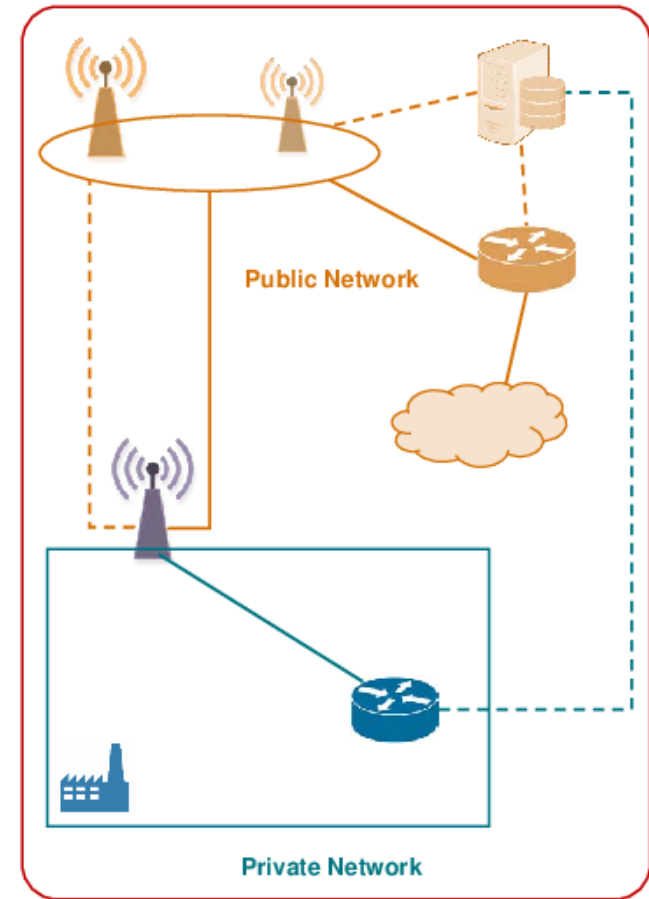
# Privát 5G hálózatok



Standalone Private Deployment



Public-Private Shared RAN Deployment



Public-Private Shared RAN and Control-plane Deployment

----- Control-plane (public network)

----- Control-plane (private network)

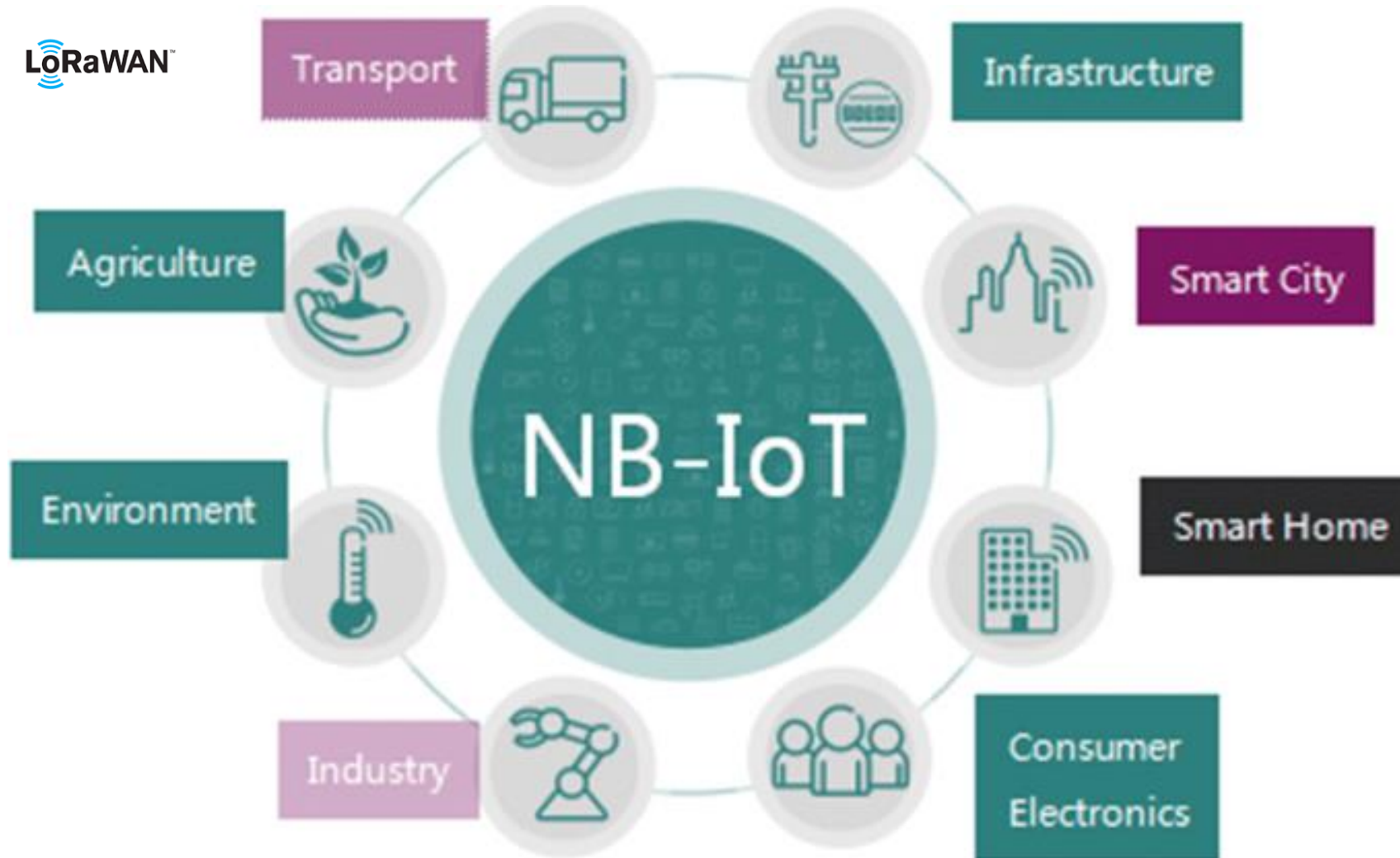
----- User-plane (public network)

----- User-plane (private network)

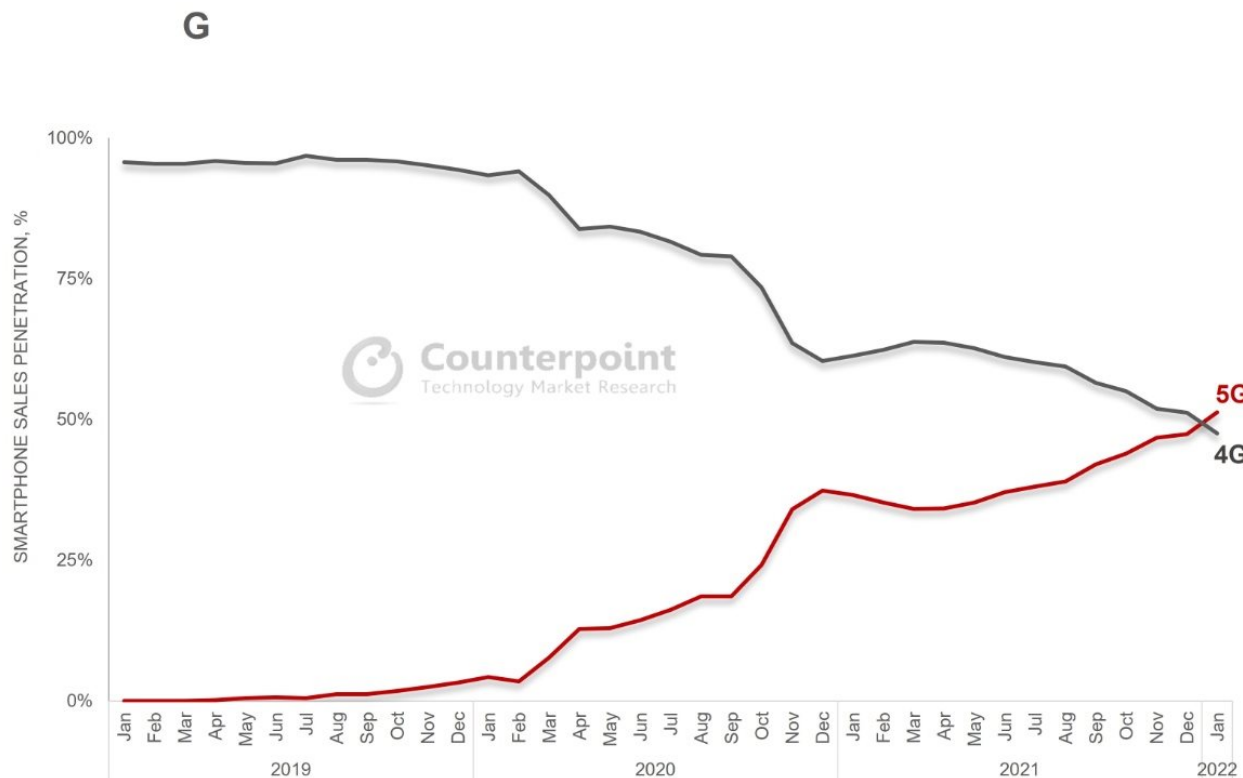


Accessible to both public and private networks

# 5G Internet of Things (IoT)



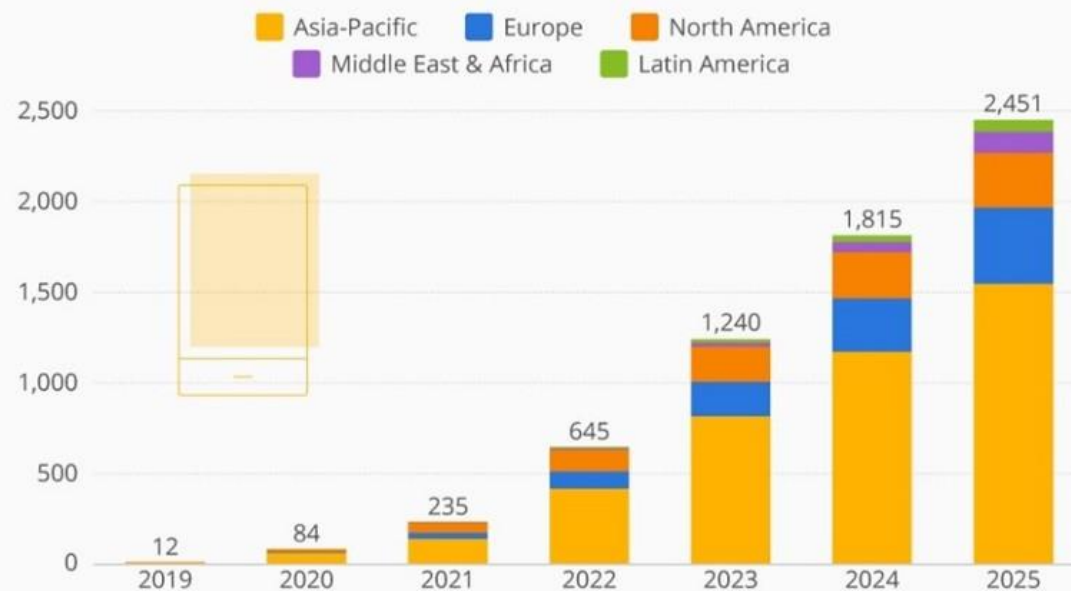
# 5G térhódítás



Source: Counterpoint's Global Monthly Handset Model Sales (Sell-through) Tracker, Jan 2022

## Global 5G Adoption to Take Off in 2021

Forecast of 5G smartphone subscriptions by region (in millions)



Forecast as of November 2019  
Source: Ericsson Mobility Report

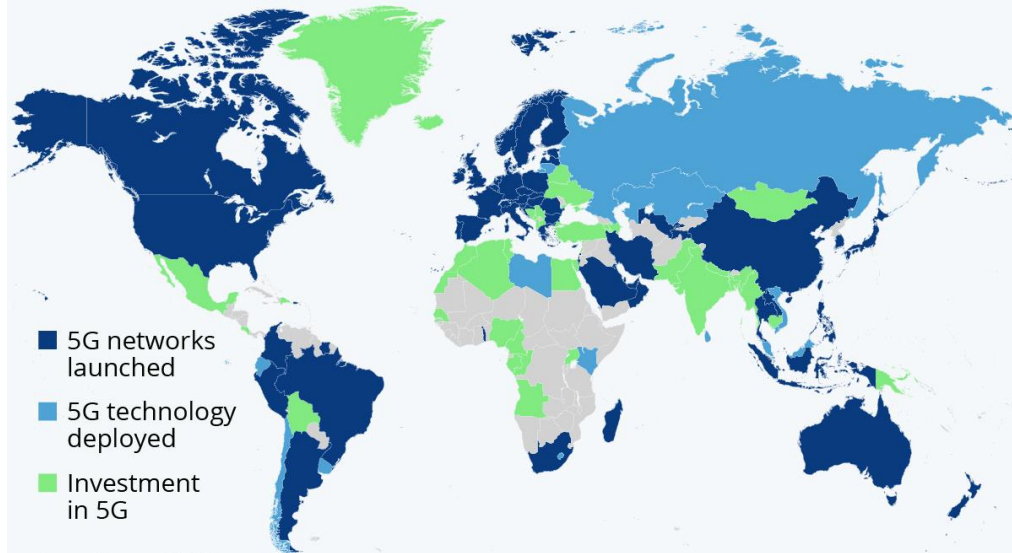


# 5G - Hol tartunk ma?



## Where 5G Technology Has Been Deployed

Countries where 5G networks/technology have been deployed and where 5G investments have been made



As of June 2021  
Source: GSA 5G Snapshot

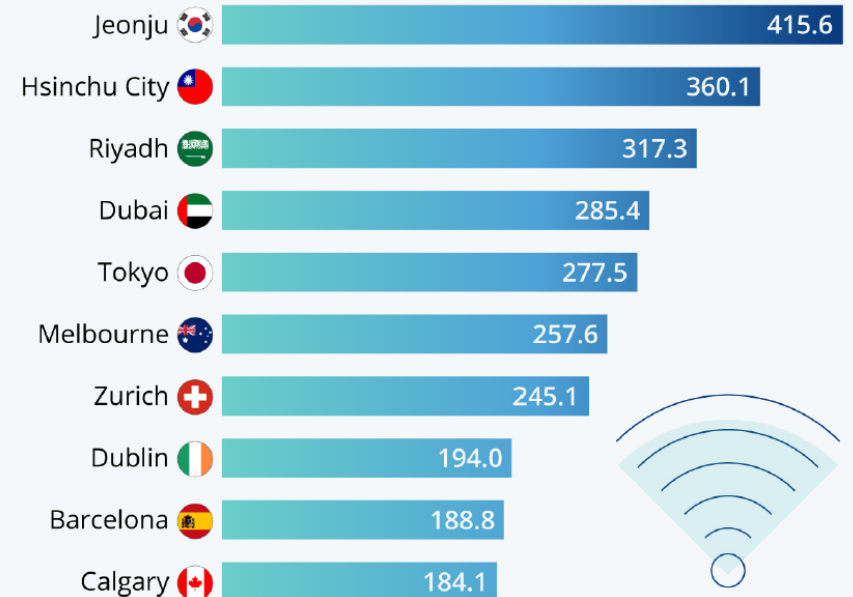


statista

## 5G hálózatok a világban

## The Cities With The Fastest 5G Speeds

Cities with the fastest 5G download speeds globally in Mbps (Jan 01-Mar 31, 2021)



Source: OpenSignal



statista

## Városi 5G sebességek

# 5G scénáriók és alkalmazások





# Önvezető járművek

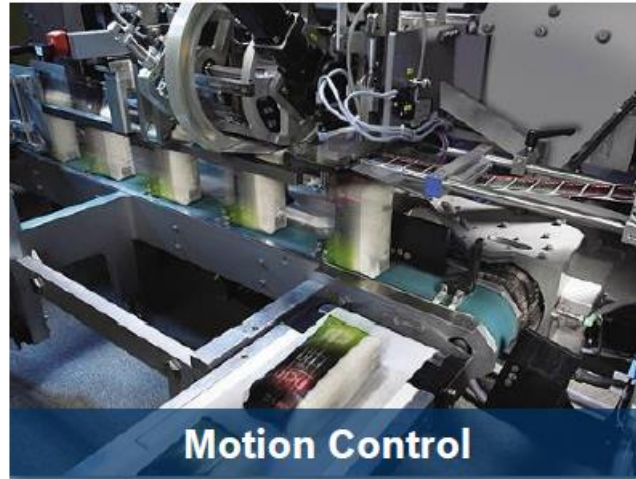


**THE COMING FLOOD OF DATA IN AUTONOMOUS VEHICLES**

- RADAR ~10-100 KB PER SECOND
- SONAR ~10-100 KB PER SECOND
- GPS ~50KB PER SECOND
- CAMERAS ~20-40 MB PER SECOND
- LIDAR ~10-70 MB PER SECOND

**AUTONOMOUS VEHICLES 4,000 GB PER DAY... EACH DAY**

# Jövő Gyára – Ipar 4.0



# Intelligens logisztika



Városi logisztika

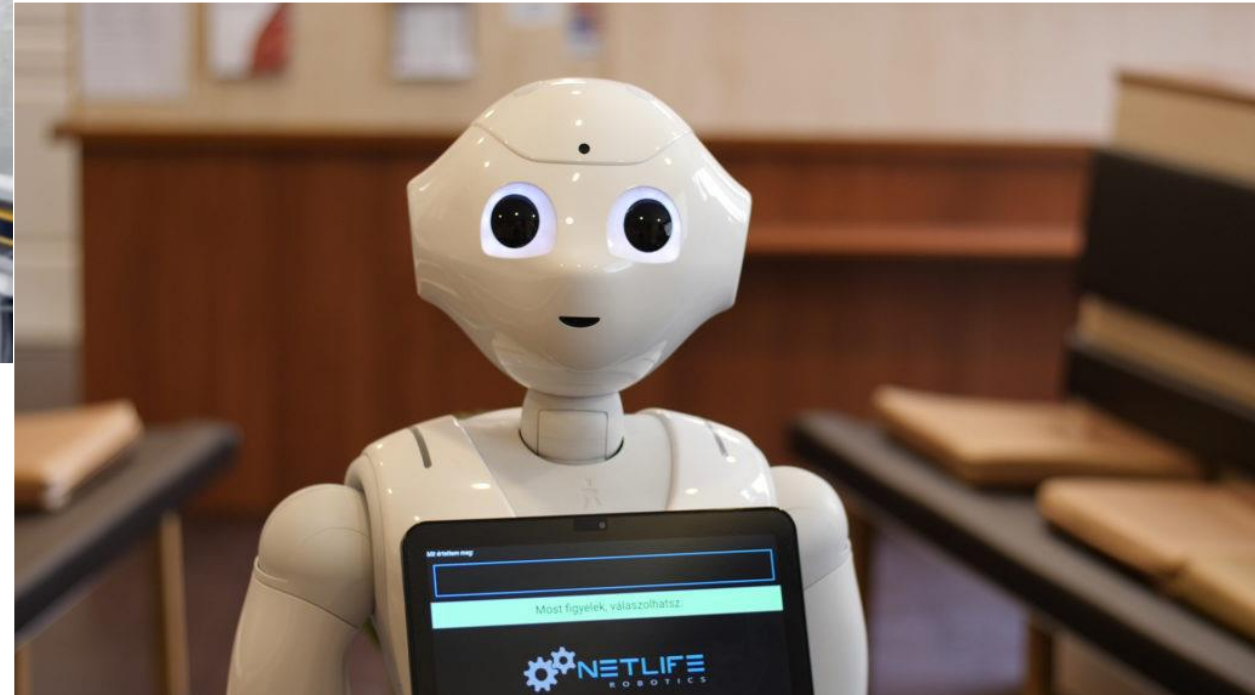


Intelligens targoncák

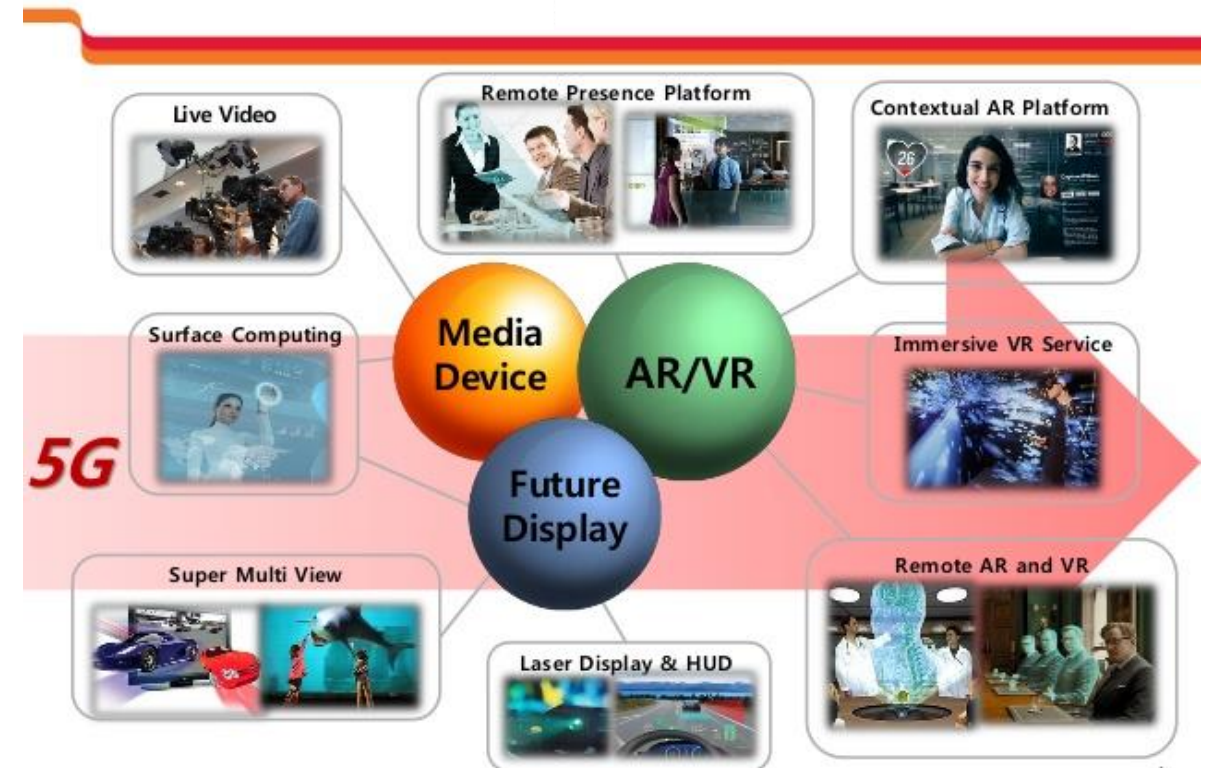
# Robotika



- Ipari robotok
- Orvosi robotok
- Humanoid robotok



# Virtuális/Kiterjesztett Valóság (VR/AR)



# Drónok Internete



Flying cameras



Delivery



Public safety /  
Disaster recovery



Precision Agriculture



Inspection in Oil,  
Wind, Construction,  
electrical industry



Defense



# Egészségügyi megoldások



**Telemedicina**

## Távdiagnosztika COVID-19 pandémia idején



# Gépek távoli vezérlése



**Teleoperation**

**East-West Gate Intermodal  
Terminal  
Fényeslitke**





# VR „telepresence car”

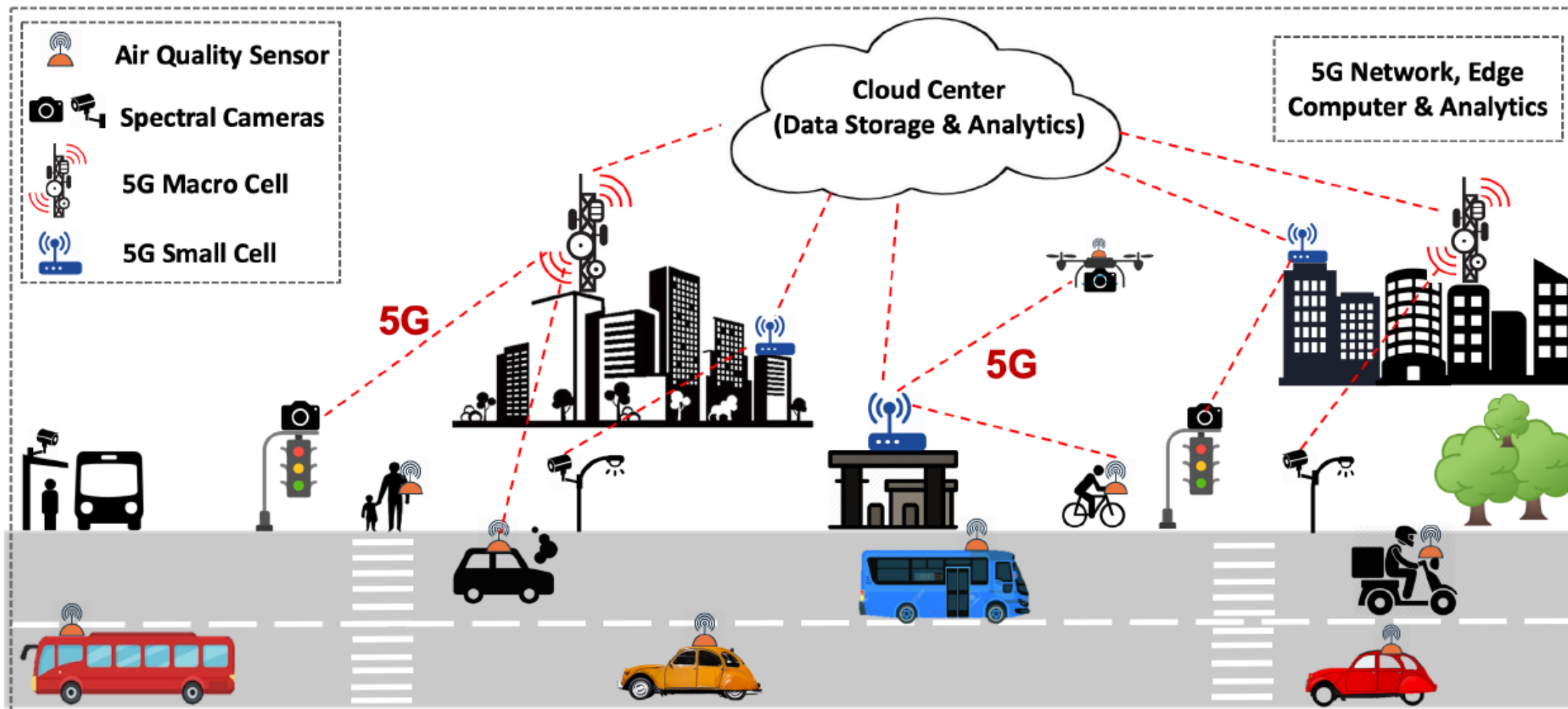


**BME-Nokia 5G**

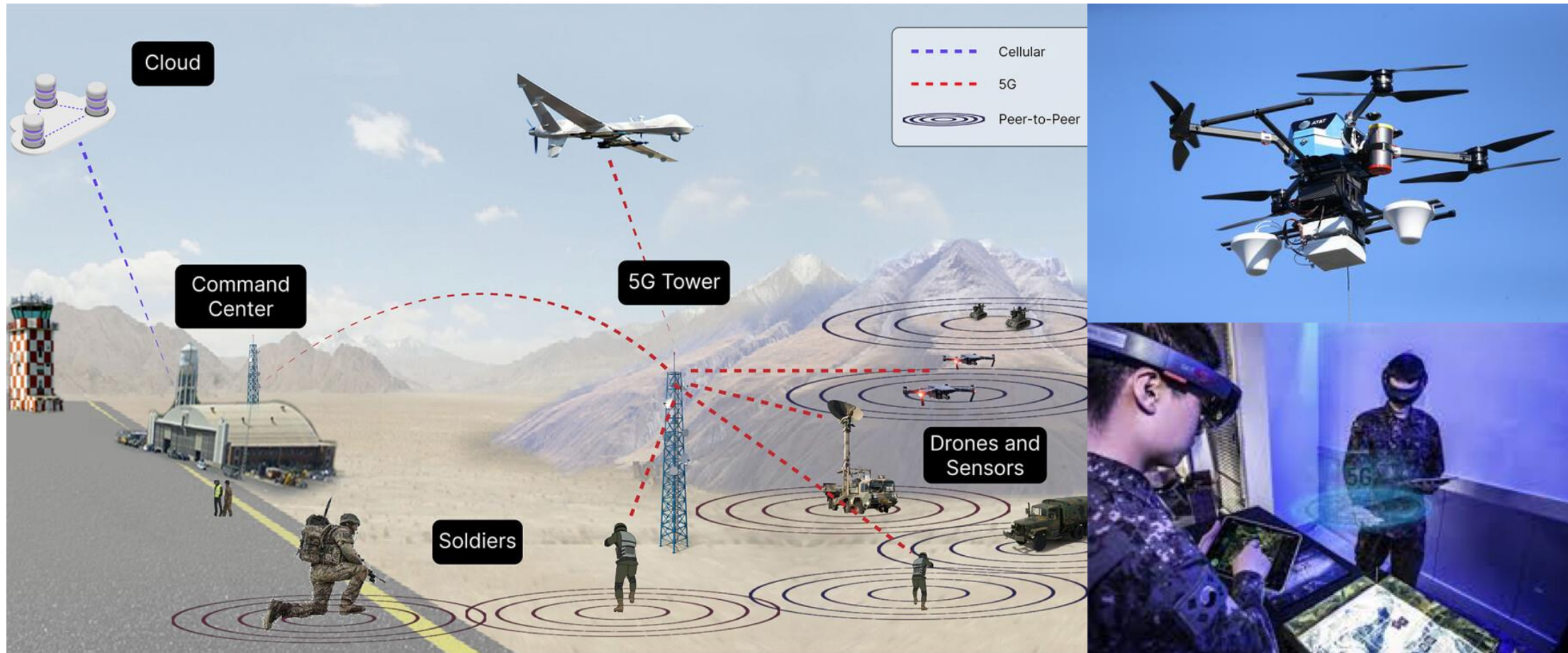
Kutatási és Innovációs Hálózat

a Vodafone támogatásával

# „5G for Green” - Levegőminőség monitoring



# 5G védelmi technológiák

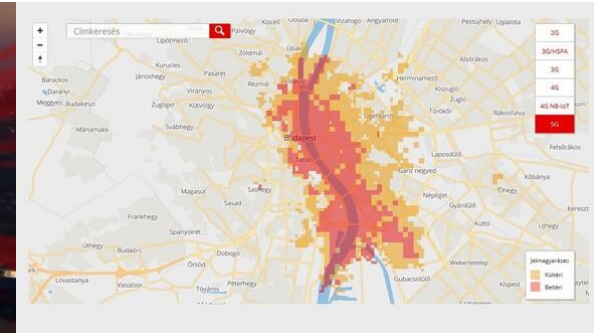
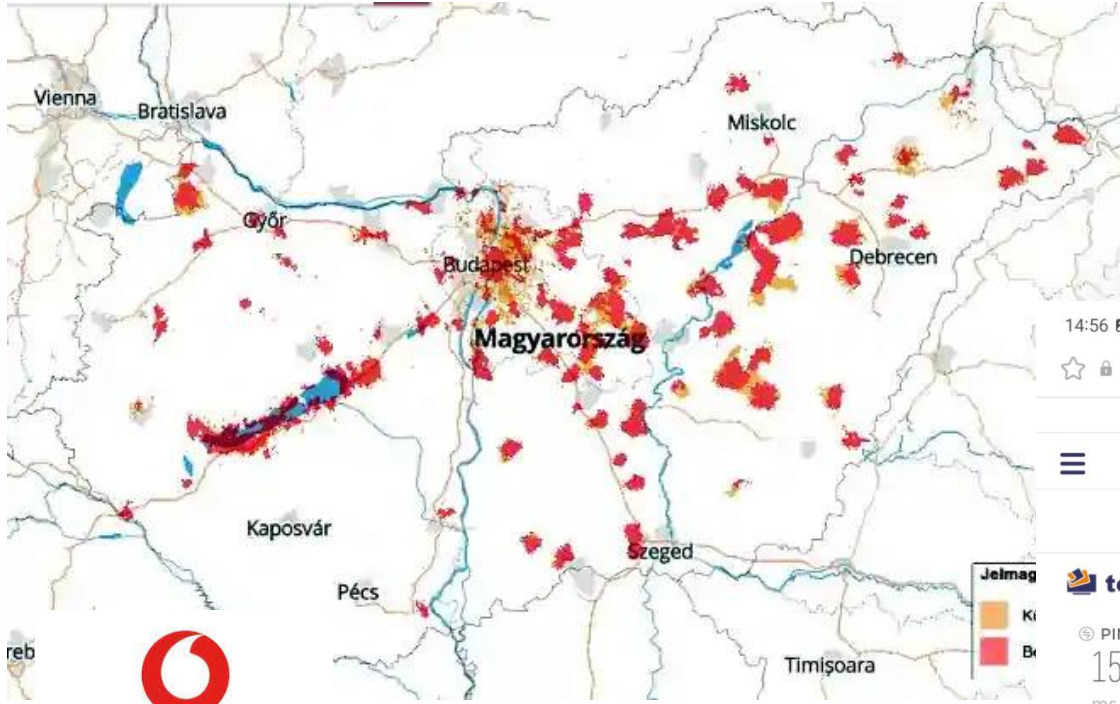


## A hadsereg digitális transzformációja

# 5G szolgáltatások Magyarországon



# 5G hálózati lefedettség



14:56 74%

www.telenet.hu +36 70 463 7788

**telenet.hu**

**INTERNET SEBESSÉGMÉRŐ**

**telenet.hu** SPEEDTEST

PING: 15 ms

DOWNLOAD: 147.0 Mbps

JITTER: 3 ms

UPLOAD: 36.3 Mbps

2019. okt. 18.

| Értékesített 5G-frekvenciablokkok | Magyar Telekom    | Telenor          | Vodafone          | Összesen           |
|-----------------------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| 700 MHz                           | 20 MHz            | 10 MHz           | 20 MHz            | 50 MHz             |
| 2100 MHz                          | 20 MHz            | 0 MHz            | 10 MHz            | 30 MHz             |
| 3600 MHz                          | 120 MHz           | 140 MHz          | 50 MHz            | 310 MHz            |
| Árverési összeg                   | 54,24 milliárd Ft | 35,6 milliárd Ft | 38,65 milliárd Ft | 128,49 milliárd Ft |



# Járműipari tesztpálya és 5G tesztkörnyezet



**ZalaZone**



**5G Koalíció (5GK):** alapítóinak közös szándéka alapján létrehozott, tagjainak önkéntes szakmai munkájára építő, szervezett jogi forma nélküli együttműködési fórum.

Létrejött 2017. június 19-én az Alapító Nyilatkozat aláírásával.

## 5GK célja, hogy

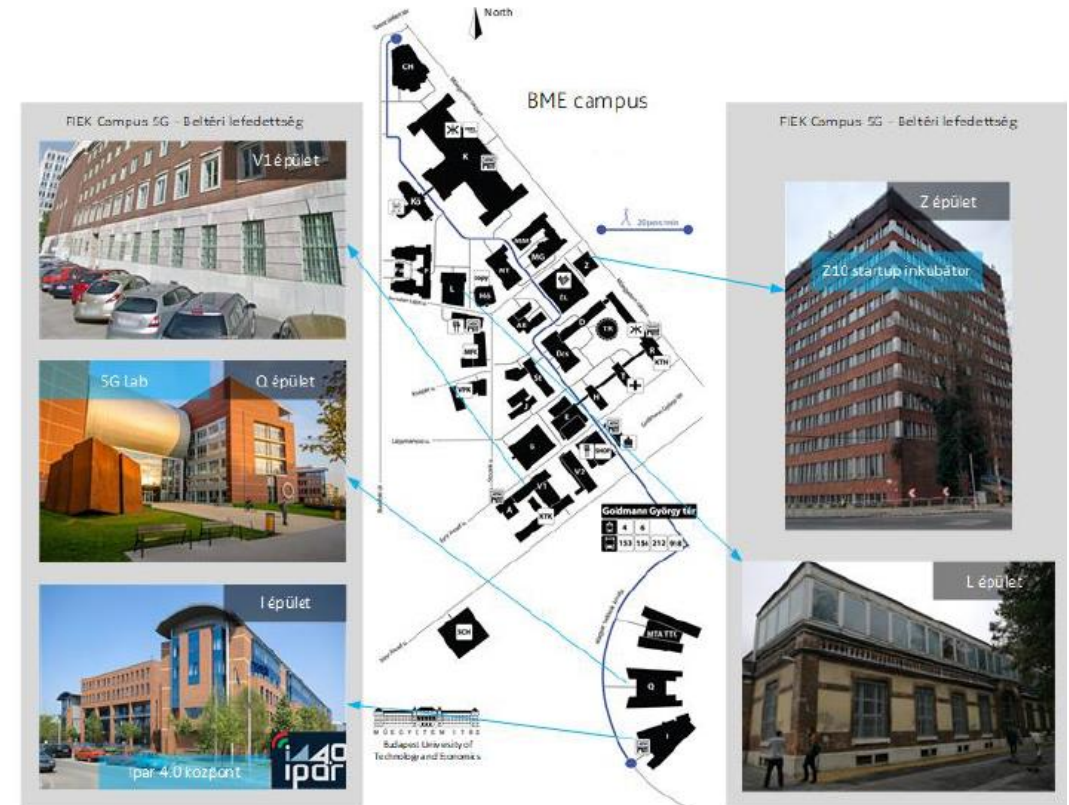
- **stratégiai és szakmai platformot** teremtsen a kormányzat, a kutatói szféra és a piaci szereplők számára a magyarországi 5G innovációkkal és fejlesztésekkel kapcsolatban;
- hozzájáruljon egy világszínvonalú **5G tesztkörnyezet** kialakításához; továbbá a magyarországi **5G stratégia** kidolgozásához és megvalósításához.

# BME-Nokia 5G K+F Hálózat



## BME-Nokia 5G Kutatási és Innovációs Hálózat

- 5G SA beltéri lefedettség a BME 6 épületében
- **Nokia** privát 5G platform
- **Vodafone** 3.5 GHz-es frekvencia tartományban (52 db pRRH)
- **Hálózat fő célja:**
  - 5G KFI tevékenység
  - 5G alkalmazások fejlesztések
  - rugalmas 5G K+F test- és demo tér
  - **5G/B5G fejlesztési tervek:**
    - beltéri/kültéri lefedettség bővítése
    - mmWave (28 GHz) hálózat



**Európa egyik legnagyobb  
akadémiai beltéri privát 5G  
hálózata!**



# Oktatás és ipari alkalmazások fejlesztése



**IKT laboratóriumok  
(Q., I. ép.)**



**PharmaTech Labor  
(Ch. ép.)**



**Hajtáslabor  
(V1. ép.)**



**Smart Power Lab  
(V1. ép.)**



**Z10 Inkubátor  
(Z. ép.)**



**Logisztikai Labor  
(L. ép.)**

# BME-Nokia 5G Lab



## 5G KFI prioritások:

- 5G média és nagyfelbontású „streaming” video továbbítása
- robotika, gépek és eszközök távoli vezérlése
- virtuális, kiterjesztett, és kevert valóság alkalmazások (VR/AR/MR)
- 5G hálózatba kapcsolt drónok, drónok internete
- Ambient Assisted Living (AAL), 3D „telepresence”
- 5G az Ipar 4.0-ban, IoT
- 5G-vel támogatott intelligens logisztikai alkalmazások



# Kapcsolj a 6. sebességbe!

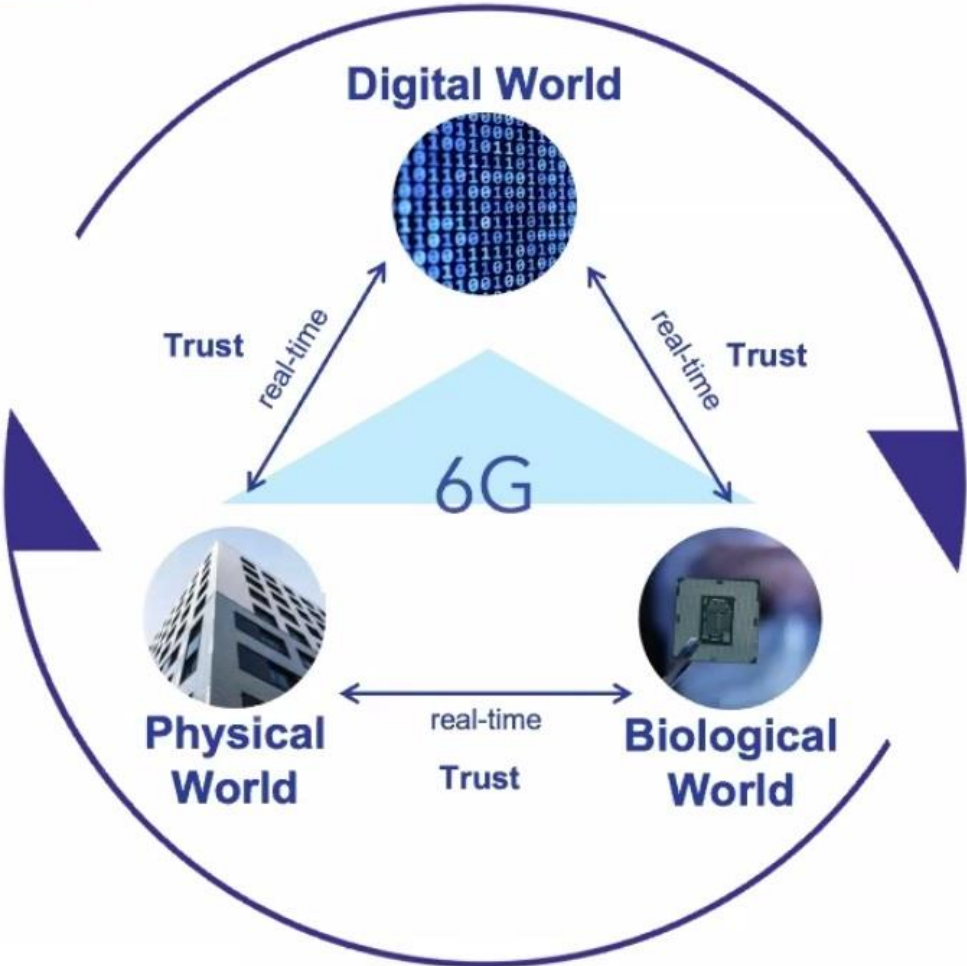


# Miért kell 6G?



- 10 évente új generációs mobil technológia: **5G – 2020** → **6G – 2030**
- 1G-4G (2G/3G/4G) – **Egyéni felhasználók kiszolgálása** (beszédátvitel, mobil internet)
- 5G technológia – **Szélessávú mobil internet szolgáltatás (eMMB) és ipari szolgáltatási igények** kielégítése (mMTC, uRRLC)
- **5G technológiai korlátok, pl.:**
  - 2030-ra 125 milliárd eszköz kapcsolódik az internetre, amit az 5G nem tud kiszolgálni (1 millió kapcsolat/km<sup>2</sup>), ezért kapacitás bővítés szükséges
  - Nem nyújt nagyon megbízható (URLLC) és extrém nagy sáv szélességet (eMBB) nagyon sok eszköznek (mMTC)
  - 5G nem alkalmas fejlett VR/AR alkalmazások megvalósítására: késleltetés csökkentése szükséges (< 1 msec)
  - Telepresence és holografikus megjelenítés és kommunikáció: 100 GBps-Tbps adatátviteli sebesség, msec alatti késleltetés, amire az 5G nem képes
  - Alacsony beltéri 5G lefedettség, hatékony új megoldások szükségesek, pl. femtocells, WiFi és optikai kommunikáció integrációja

# 6G vízió



1 Tbps  
data rates

0.1ms  
air latency

CM level  
positioning

1000 km/h  
mobility

$10^7$  UE/km<sup>2</sup>  
density

# 6G – „Hyperconnected” világ



Opportunity

Wireless connectivity offers **unlimited opportunities**

**1980s – 2000s**

Millions of  
voice users

**– 2020s**

Billions of mobile  
broadband users

**– 2040s**

Trillions of  
connected objects

2G

3G

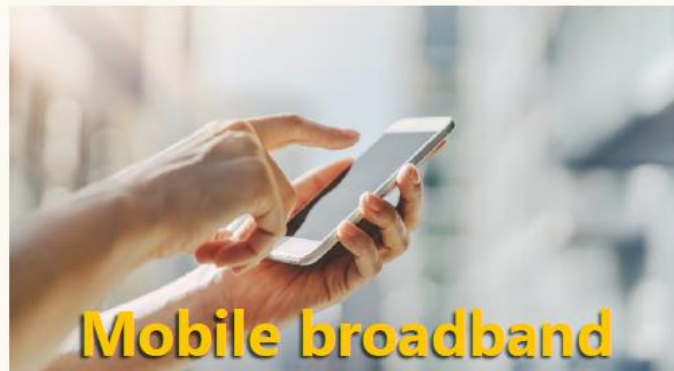
4G

5G

6G



Mobile voice

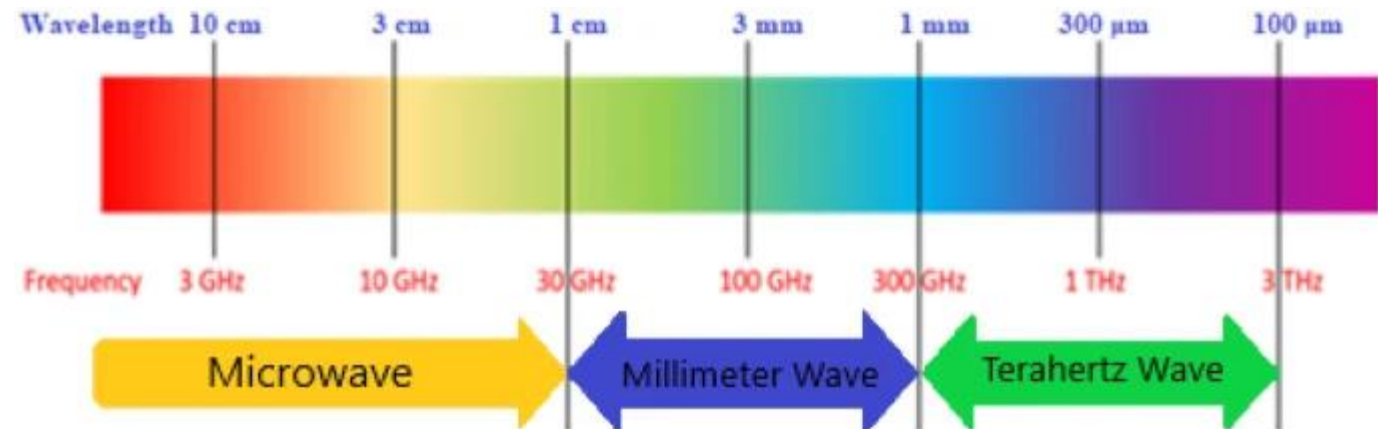
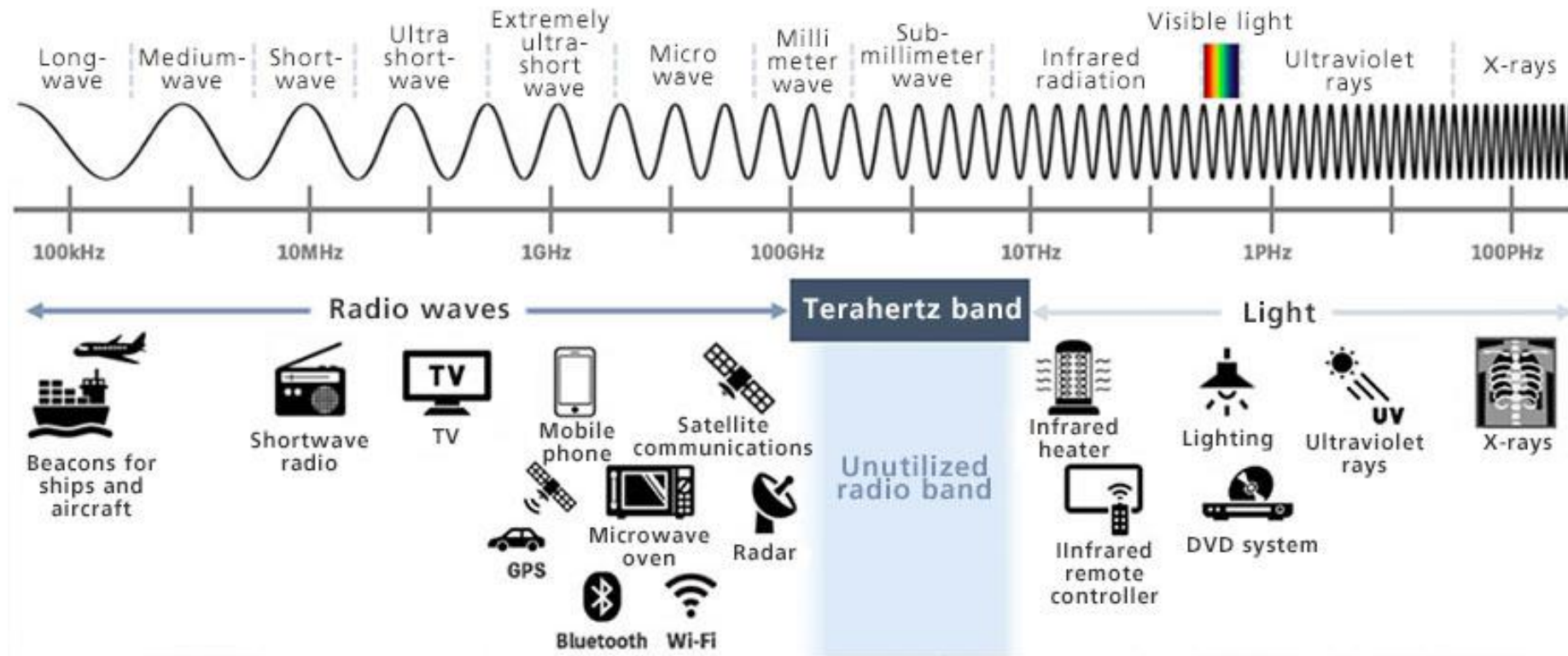


Mobile broadband

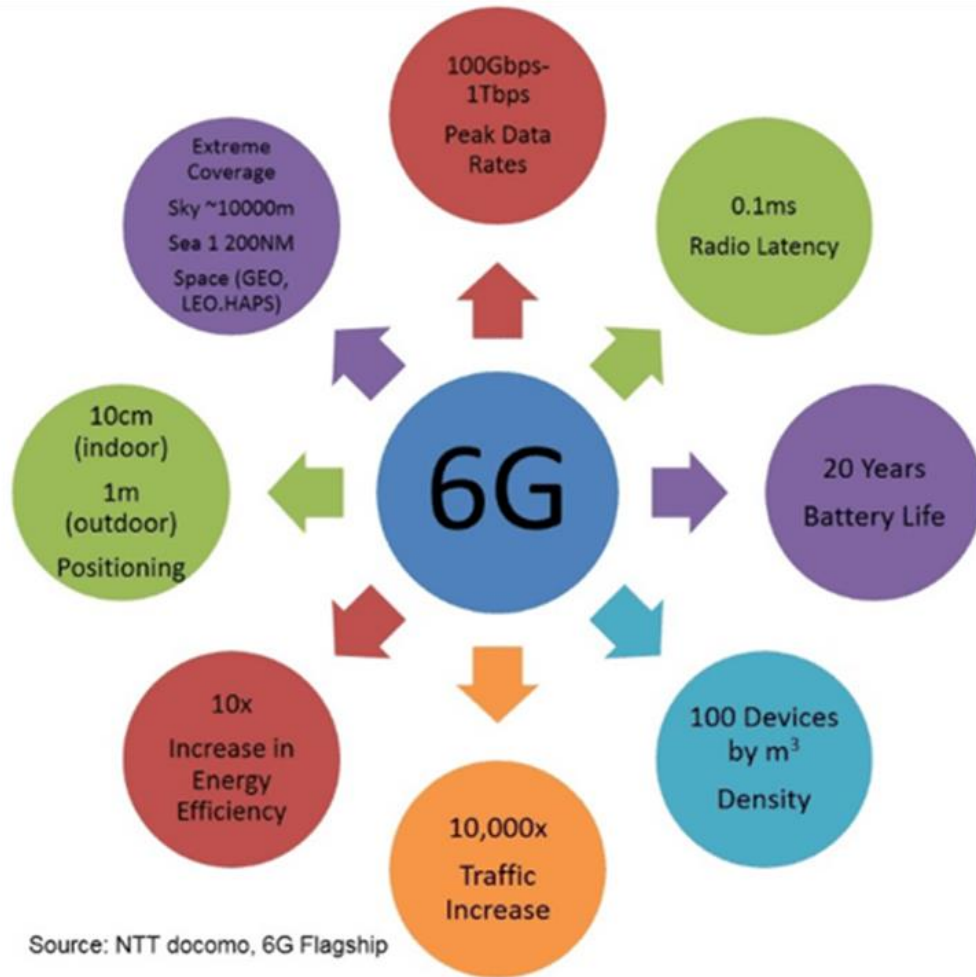


Wireless of everything

# 6G spektrum



# 6G műszaki követelmények



- Nem kizárólag rádiós technológia: magába foglal „non-RF” kommunikációs technikákat is (pl. optikai)
- **Működési frekvencia:** sub-6 GHz, mmWave, THz bands (300 GHz felett)
- **Adatsebesség:** 100 Gb/sec-Tb/sec
- **Késleltetés:** < 1 msec
- **Csatlakozási sűrűség:** 10 millió eszköz/km<sup>2</sup>



# 6G scenáriók és alkalmazások



## Super-enhanced Mobile Broadband



100s Gigabytes in a second



3D video, UHD screens



Work and play in the cloud



Augmented reality

Industry automation

Mission critical application,  
e.g. e-health

Self Driving Car

Smart Home/Building

Voice

Smart City

Evolution of 5G



## Super-high Precision Positioning



## Super-massive Connectivity

## Super-reliable Low-Latency Communication

## AI-powered Communications

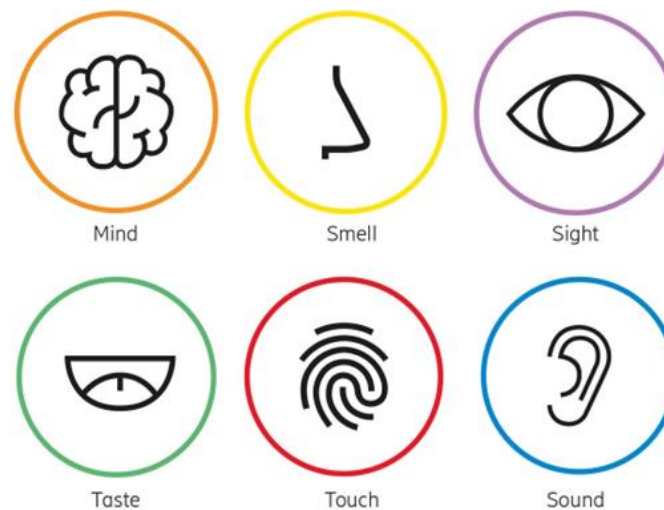


# Tactile Internet – Távoli érintés



**„Tapintható internet”:** emberekkel és kiberfizikai rendszerekkel való távoli interakció, pl. robotsebészet.

**Feltételek:** nagyon alacsony késleltetés, nagy megbízhatóság, és tapintás, mint érzékelés.



**Augmented Human**

# 6G hálózati érzékelés és lokalizáció



## 6G mobil hálózat – „Network-as-a-Sensor”

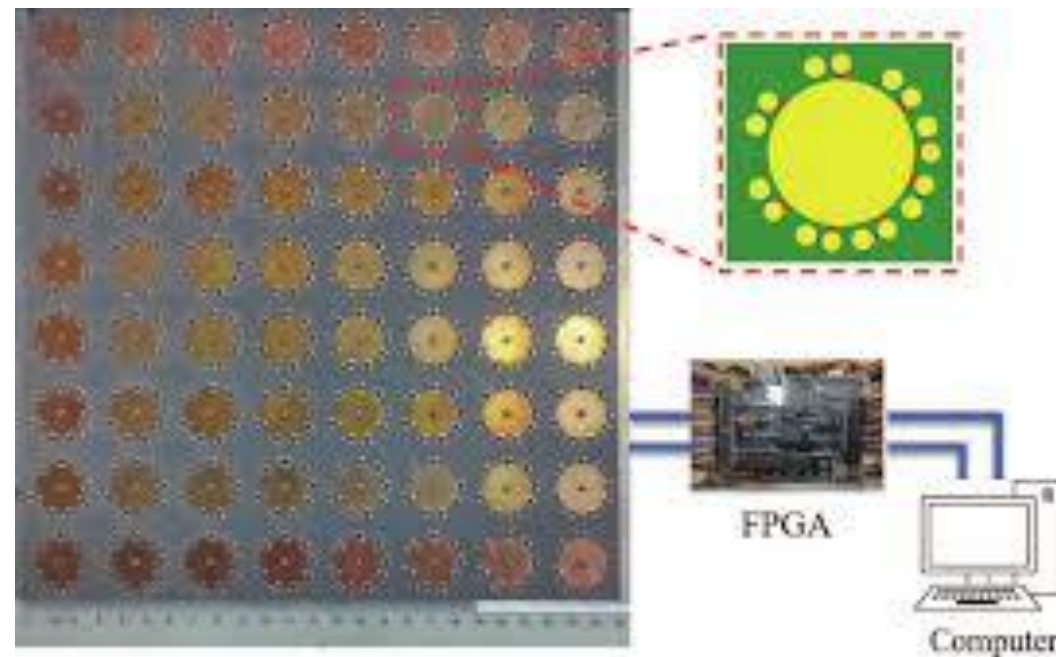
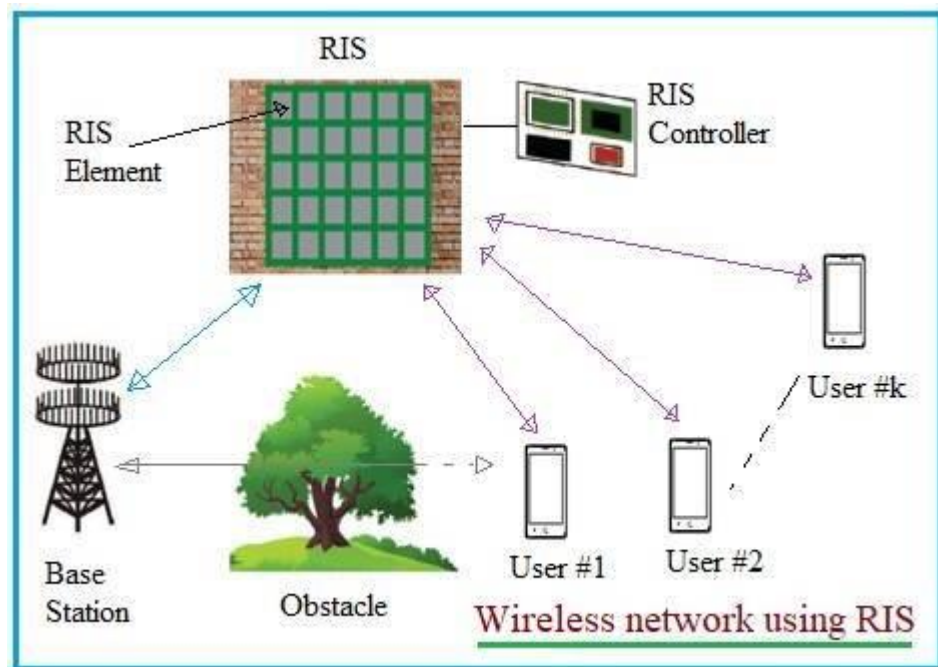
### **Integrált Érzékelés and Kommunikáció (ISAC):**

- Nagy pontosságú lokalizáció és nyomkövetés
- Egyidejű képalkotás és helymeghatározás
- Kiterjesztett emberi érzékelés
- Gesztus és viselkedés felismerés

### **ISAC alkalmazások:**

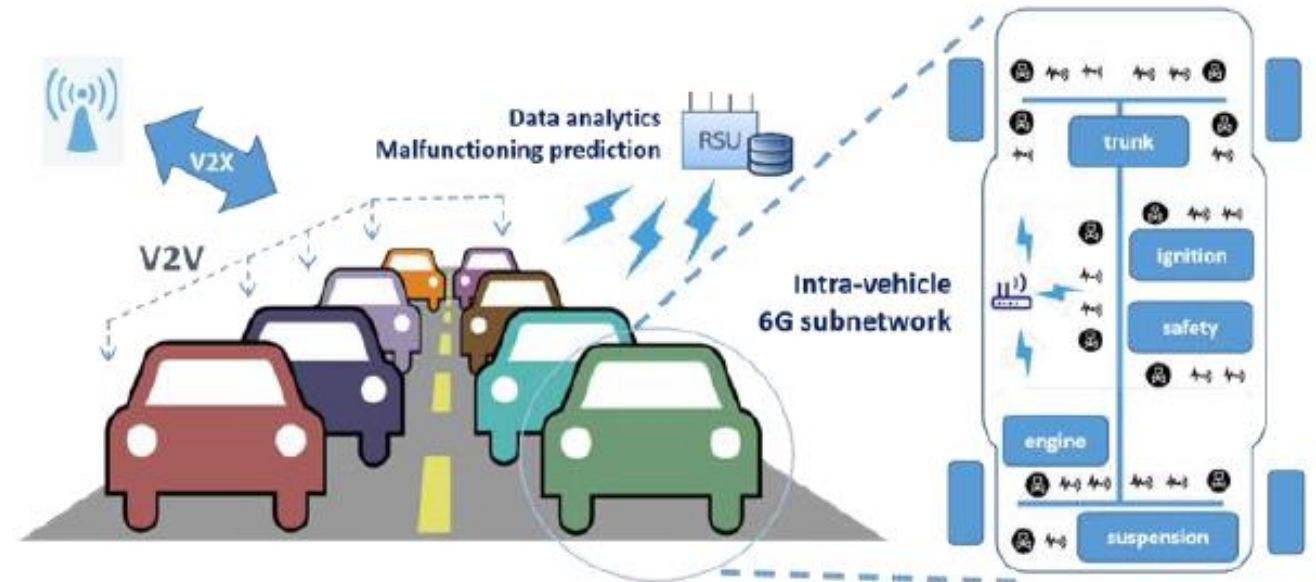
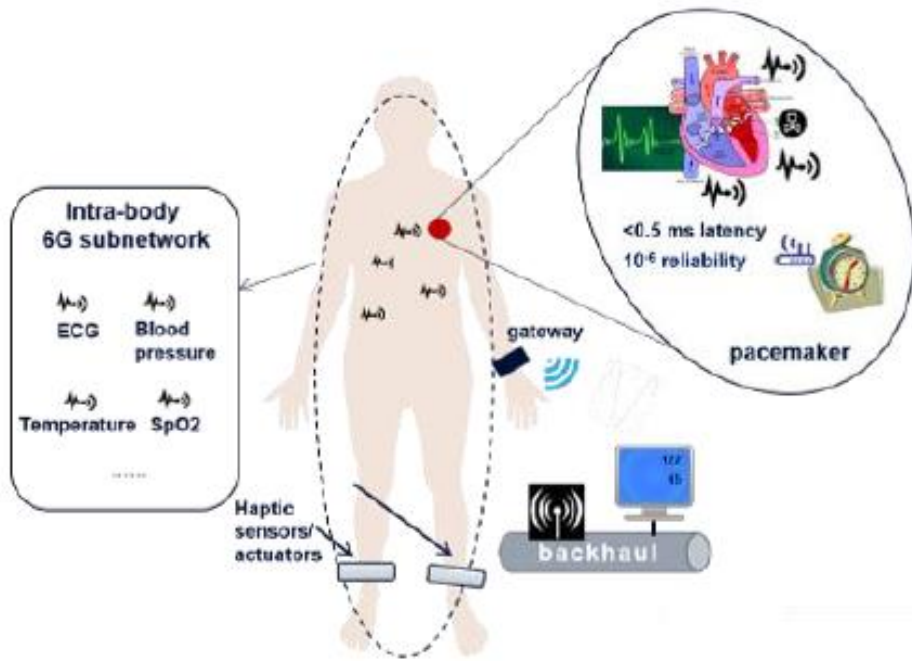
- Forgalom monitoring
- Gyalogos detektálása
- Parkoló autó érzékelése
- „Around the corner”
- Mozgásérzékelés

# Intelligens metafelületek



**Újrakonfigurálható intelligens felület (Reconfigurable Intelligent Surface-RIS)** egy metaanyagból készült, programozható szerkezet, amellyel szabályozhatjuk az elektromágneses (EM) hullámok terjedését, a felület elektromos és mágneses tulajdonságainak változtatásával. Intelligens felületekkel módosíthatjuk a rádiócsatornák tulajdonságait.

# Rövid hatótávolságú 6G hálózatok



Testen belüli kommunikáció

Fedélzeti kommunikáció

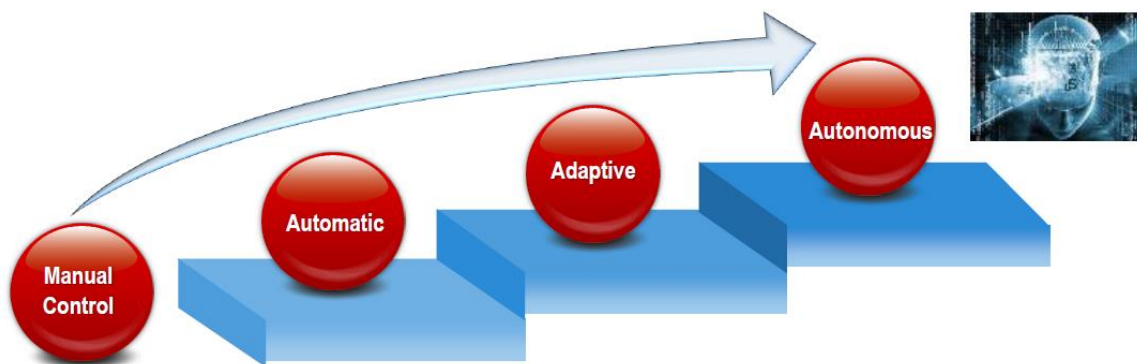
# Holografikus kommunikáció és távjelenlét



**Virtuális találkozó**



# 6G és Mesterséges Intelligencia



6G autonóm hálózatok

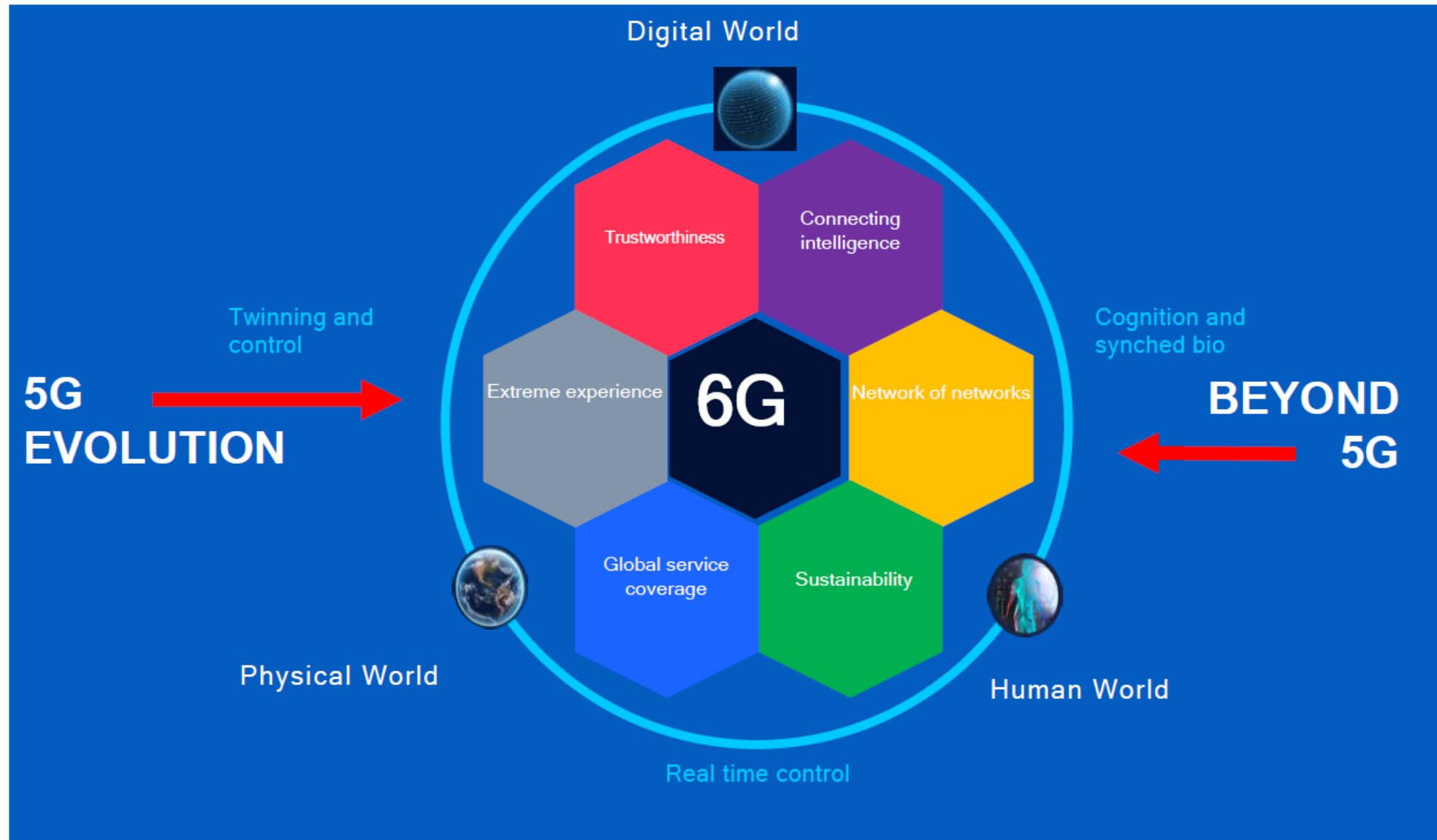
# 6G szabványosítási menetrend



## 6G timeline









- Az **EU 6G K+F programjában (SNS Partnerségi Program)** való részvételhez szükséges a magyar 6G K+F álláspont megfogalmazása, és az országos szintű K+F együttműködés.
- **BME kezdeményezés:** 6G K+F Munkacsoport felállítása az 5G Koalíció keretein belül (2022. ápr. 13.)
- **6G Munkacsoport feladata:** Hazai 6G K+F vízió elkészítése.

# Mit hoz a jövő?



## MATRIX



**6G+MI: Metauniverzum és globális mesterséges intelligencia?**



**Köszönöm a figyelmet!**

**Németh Vilmos**

**BME VIK/5G Lab**