



**NMHH**

Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság

# Az 5G hálózatok rendszertervezési kihívásai avagy a minőség visszatérése

**Dr. Bartolits István főosztályvezető  
Technológia-elemző Főosztály**

**EOQ Megbízhatósági és Metrológiai Szakosztály**

**2016. november 28.**

- Trendek az infokommunikációban
- Az 5G hálózatokkal szembeni követelmények
- Az 5G rendszertechnikai lehetőségei
  - Hálózatvezénylés tartományok felett (orchestration)
  - Hálózatszeletelés (network slicing)
  - Hálózatszeletelés és a minőség összefüggése
- 5G: Kontinensek közötti verseny vagy szakmai munka?

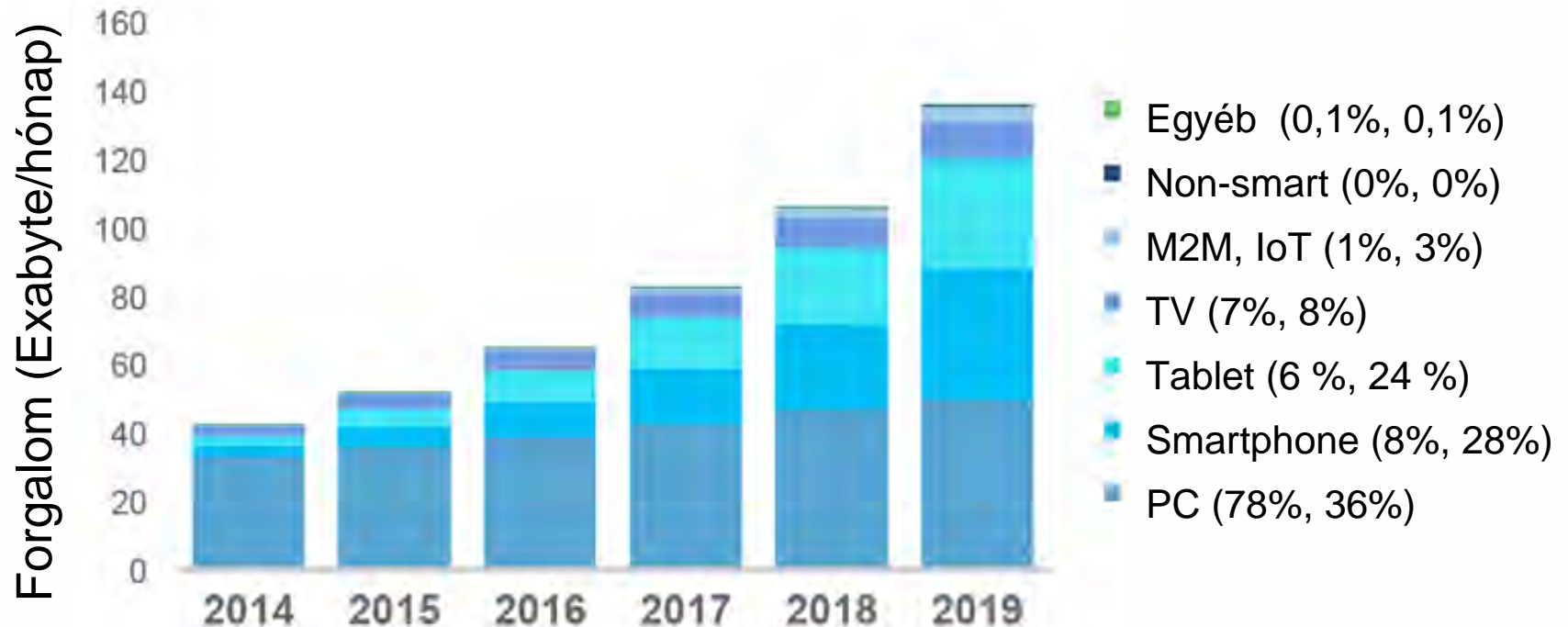
# TRENDEK AZ INFOKOMMUNIKÁCIÓBAN

## A hálózati követelményeket meghatározó trendek



# TRENDEK SZÁMOKBAN

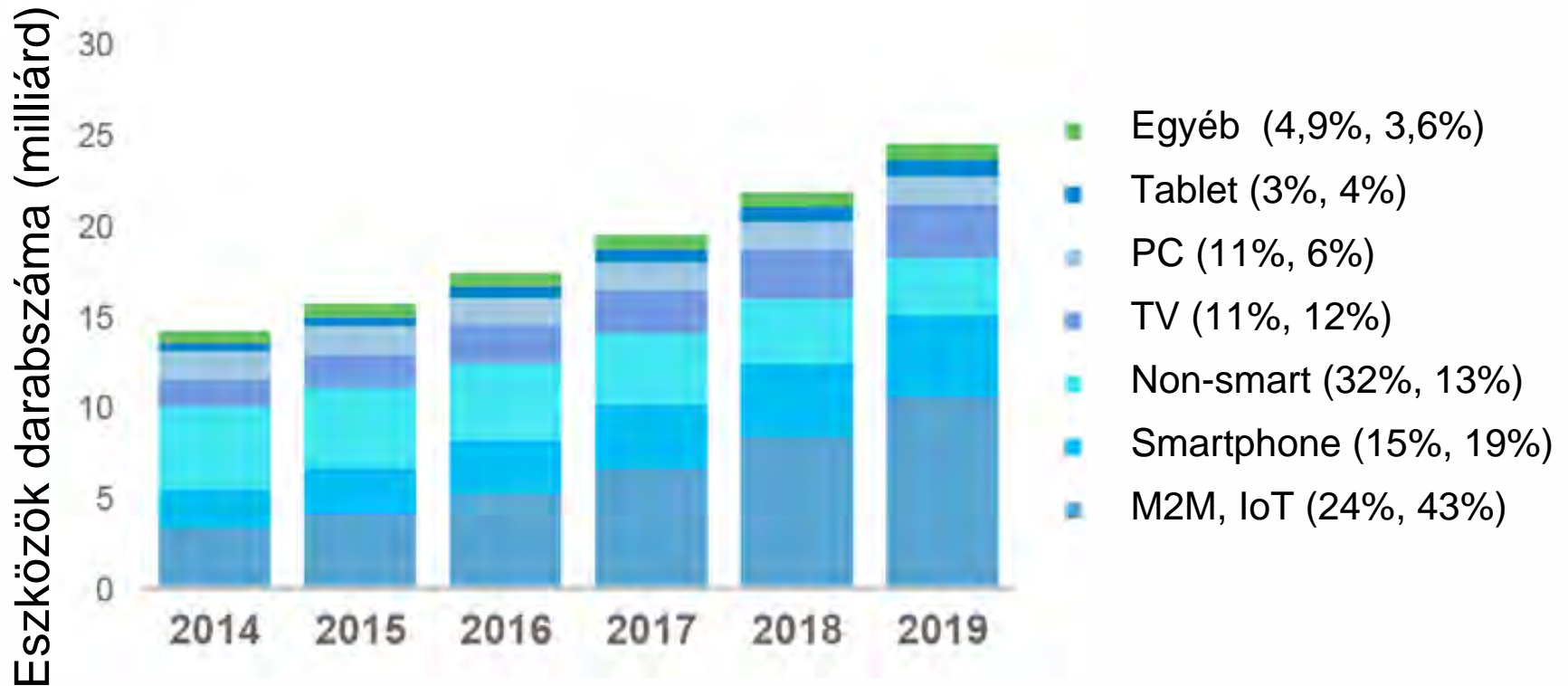
## A globális IP forgalom növekedése és megoszlása



Forrás: CISCO VNI forecast 2014-2019

# TRENDEK SZÁMOKBAN

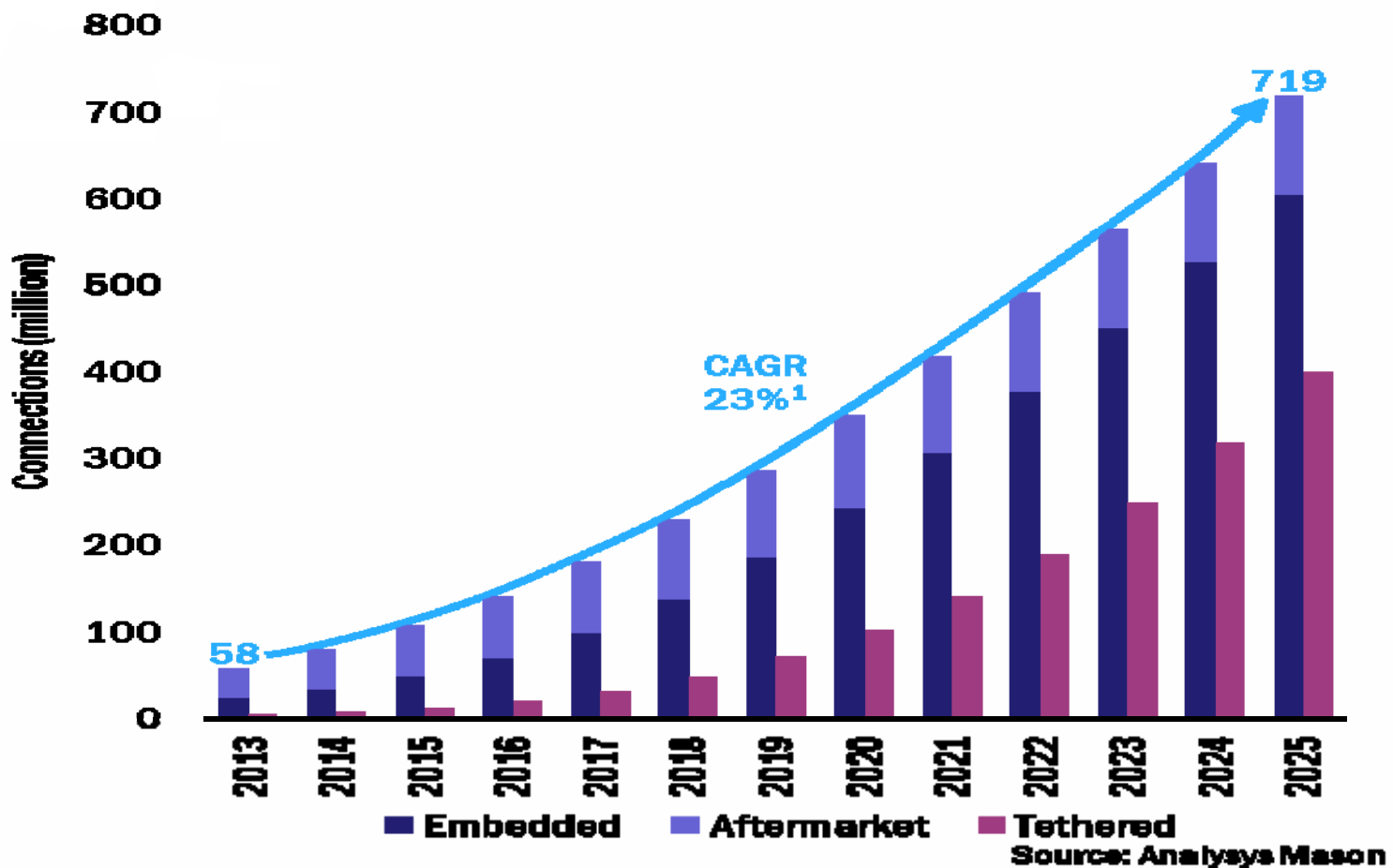
## Az M2M és IoT elterjedése 2019-ig



Forrás: CISCO VNI forecast 2014-2019

# TRENDEK SZÁMOKBAN

## Csatlakoztatott járművek (Connected car)





# TRENDEK SZÁMOKBAN

## Önvezető autók (Autonomous car)

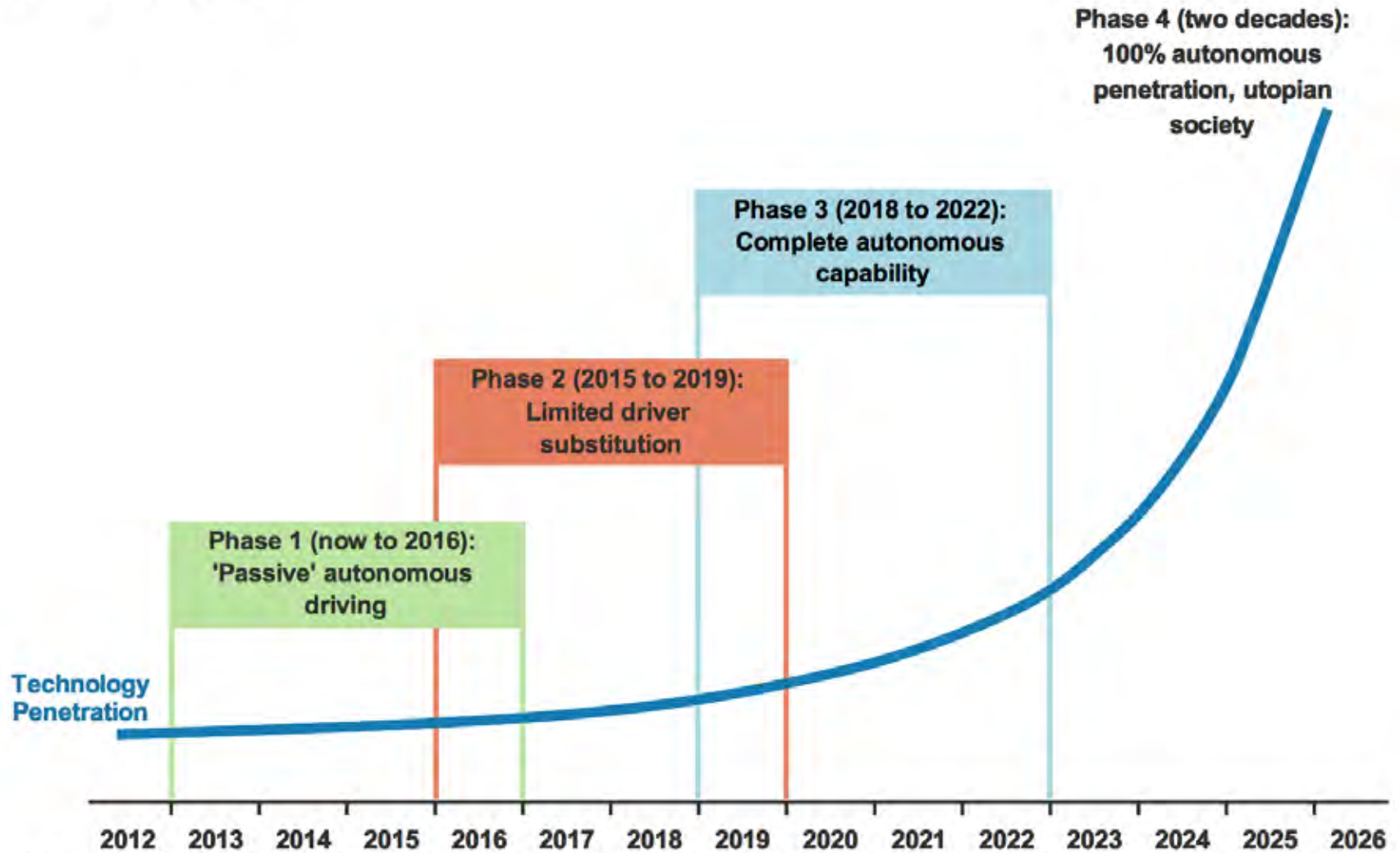
Szint	SAE szint	Definíció	Kormányzás, gyorsítás/lassítás	Vezetési környezeti figyelése	A dinamikus vezetési műveletek átvétele az automatikus rendszerek teljesítményének visszaesése esetén	Az automata rendszer képessége a vezetési módokat tekintve	BASz szint	NHTSA szint
0	Nincs automatizáltság	A humán járművezető végez minden vezetési műveletet folyamatosan. A jármű teljes mértékben emberi irányítás alatt áll.	Humán járművezető	Humán járművezető	-	-	Csak humán járművezető	0
1	Gépjárművezetés támogatása	A gépjárművezetés-támogató rendszer a kormányzási vagy a fékezési/gyorsítási műveletet átveheti, ill. segítheti a biztonságosabb működtetést. Mindemellett a jármű teljes mértékben emberi irányítás alatt áll.	Humán járművezető és automata rendszer	Humán járművezető	Humán járművezető	Egyes vezetési módok	Támogatott gépjárművezetés	1
2	Részleges automatizáltság	A gépjárművezetés-támogató rendszer vagy rendszerek a kormányzási és a fékezési/gyorsítási műveleteket egyszerűen átvehetik, ill. segíthetik a biztonságosabb működtetést. Mindemellett a jármű teljes mértékben emberi irányítás alatt áll.	<b>Humán járművezető és automata rendszer</b>	Humán járművezető	Humán járművezető	Egyes vezetési módok	Részben automatizált	2
3	Feltételes automatizáltság	Az automata járművezető-rendszer irányítja az összes dinamikus vezetési műveletet feltételezve, hogy szükség esetén a humán járművezető megfelelően reagál egy beavatkozási kérésre vagy át tudja venni a vezetési műveleteket.	Automata rendszer <sup>1</sup>	<b>Automata rendszer</b>	Humán járművezető	Egyes vezetési módok	Magas szinten automatizált	3
4	Magas szintű automatizáltság	Az automata járművezető-rendszer irányítja az összes dinamikus vezetési műveletet, még akkor is, ha a humán járművezető nem megfelelően reagál egy beavatkozási kérésre.	Automata rendszer	Automata rendszer	<b>Automata rendszer</b>	Egyes vezetési módok	Teljesen automatizált	3/4
5	Teljes automatizáltság	Az automata járművezető-rendszer irányít minden dinamikus vezetési műveletet folyamatosan. Minden - a humán járművezető által is kezelhető - út-, ill. környezeti körülményt képes kezelni. A jármű ember nélkül is közlekedhet.	Automata rendszer	Automata rendszer	Automata rendszer	<b>Minden vezetési mód</b>	-	

Forrás: Society of Automotive Engineers (SAE)

# TRENDEK SZÁMOKBAN

## Önvezető autók (Autonomous car)

### Timeline for Adoption



Source: Company data, Morgan Stanley Research





- Svájci-francia határon, Genf közvetlen közelében
- 27 km hosszú körgyűrű
- Jelenleg már 6,5 TeV energiájú sugarak ütköztetése (13 TeV-os ütköztetés)

- Másodpercenként több milliárd ütközés – az esetek döntő részében különösebb eredmény nélkül
- Az „izgalmas” esetek csak utólagos kiértékeléssel elemezhetők



# THE LARGE HADRON COLLIDER BY THE NUMBERS

**27KM**  
(16 MILES)

IN CIRCUMFERENCE

**1 PETABYTE-**  
**PER-SECOND**

IN RAW DATA GENERATED  
BY LHC EXPERIMENTS

**1 BILLION**  
**COLLISIONS**

OCCUR PER SECOND

**100K**  
TIMES HOTTER THAN  
THE SUN'S CORE,

HEAT GENERATED  
BY COLLISIONS

**99.**  
99999999%  
SPEED OF LIGHT

ACHIEVED BY PARTICLES

**1.9 KELVIN**  
(-271.3 DEGREES  
CELSIUS)

INTERNAL OPERATING  
TEMPERATURE

**120,000**  
CORES RUNNING

CERN'S OPENSTACK CLOUD  
ACROSS TWO DATA CENTERS

SI mértékegységek

Byte		- 8 bit (binary digit)
Kilobyte		- 1000 byte (vagy 1024 byte? Nem, de mégis)
Megabyte	(MB)	- 1000 <sup>2</sup> KB
Gigabyte	(GB)	- 1000 <sup>3</sup> MB
Terabyte	(TB)	- 1000 <sup>4</sup> GB
Petabyte	(PB)	- 1000 <sup>5</sup> TB (10 ezer órányi SD TV műsor)
Exabyte	(EB)	- 1000 <sup>6</sup> PB
Zettabyte	(ZB)	- 1000 <sup>7</sup> EB
Yottabyte	(YB)	- 1000 <sup>8</sup> ZB
Xenottabyte	vagy	Brontobyte - 1000 <sup>9</sup> YB
Shilentobyte	vagy	Geopbyte - 1000 <sup>10</sup> XB
Domegemegrottebyte		
Icosebyte		
Monoicosebyte		



- A tengeri olajfúró kutak 0,5 TB adatot termelnek hetente
- Jelenleg 46 millió okosmérő van az USA-ban, ami 0,5 TB adatot termel naponta
- Egy intelligens repülőgép egy óra repülés alatt 20 TB adatot termel. 25 ezer repülőgép naponta 25x200 PB = 5 EB adatot dolgoz ki magából
- 2020-ra 30-70 milliárd eszközt jósolnak, ami az internetre kapcsolódik.



### SMART City Framework

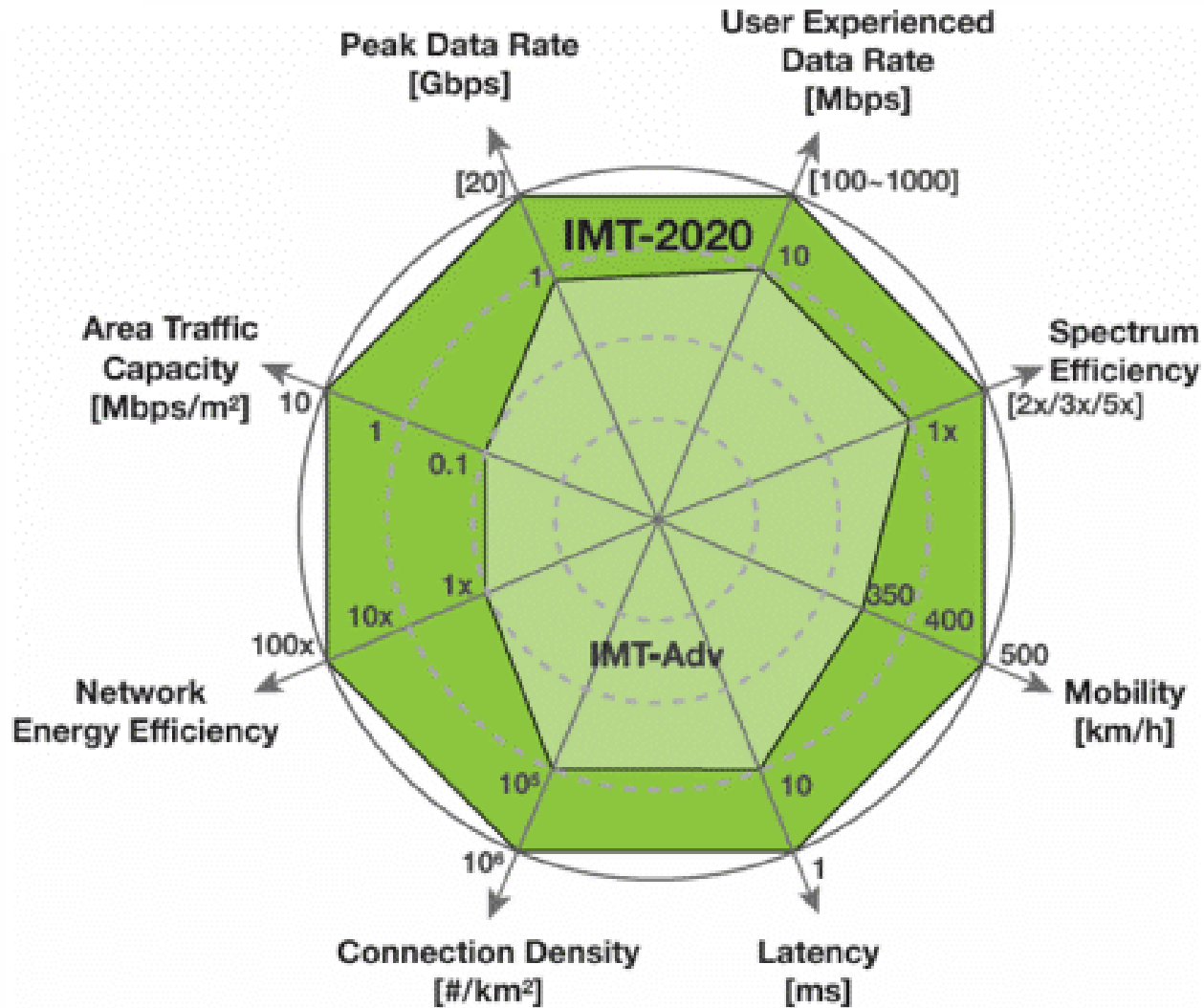


Smart Infrastructure	Smart Living	Smart Technology
Smart Governance	Smart Mobility	Smart Economy



- Az igényeket azok a trendek gerjesztik, melyeket ma és a közeljövőben tapasztalunk
- Miket érzékelünk ma?
  - Video tartalom növekedése → átl. sávszélesség, spektrumhatékonyság  
csúcssebesség
  - Dolgok internetje (IoT) → végpontszám  
többszöröződése
  - Önvezető autók → extrém alacsony késleltetés,  
magas fokú megbízhatóság
  - Nagysebességű vonatok → mobilitás, gyors  
cellaváltás
  - Tömegrendezvények → területi forgalmi kapacitás
  - Akkumulátor, környezet → energiahatékonyság

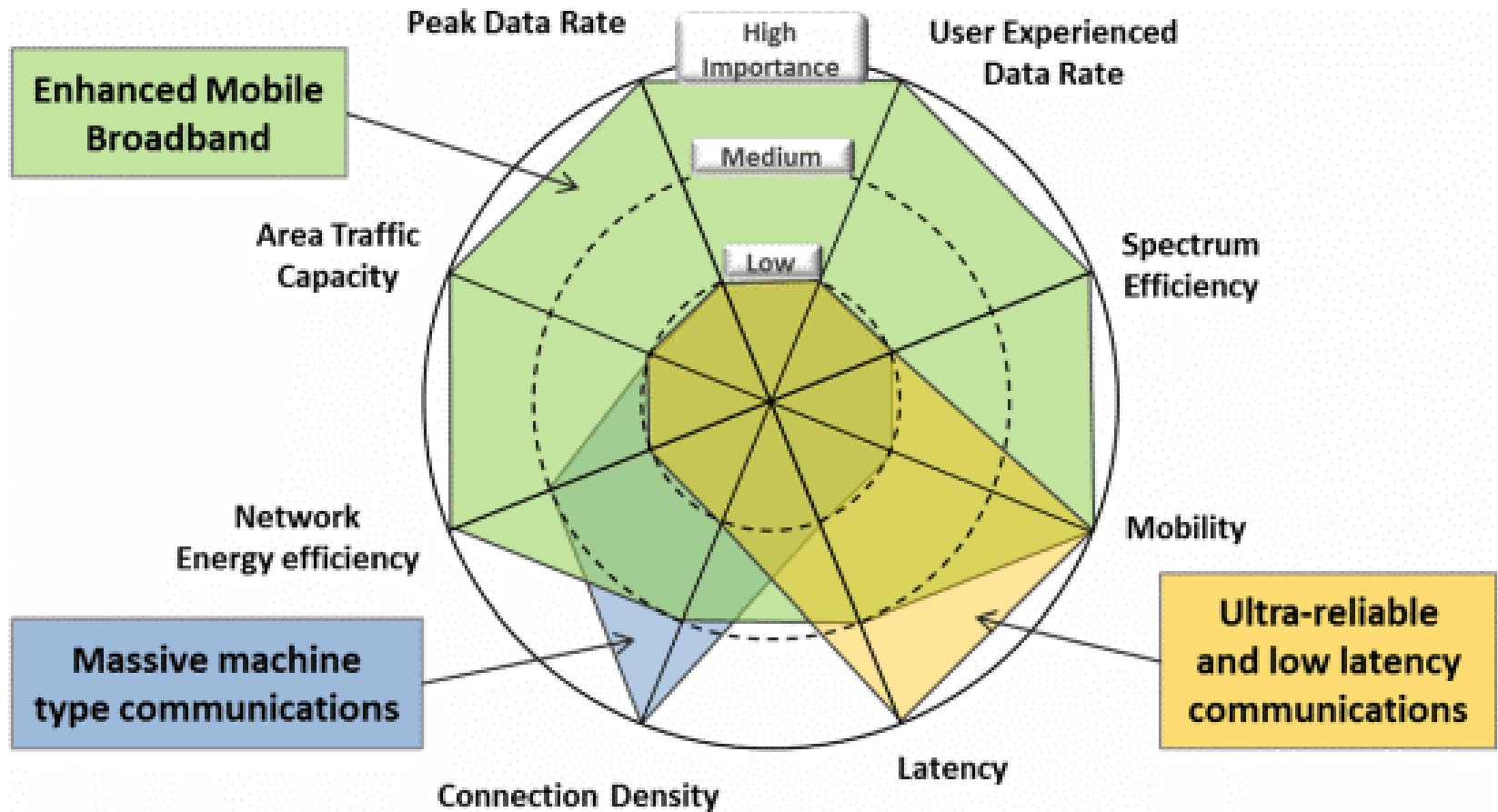
# AZ 5G HÁLÓZATOKKAL SZEMBENI KÖVETELMÉNYEK A kulcsparaméterek kiterjesztése az 5G rendszerben



Forrás: ITU-R M. 2083

# AZ 5G HÁLÓZATOKKAL SZEMBENI KÖVETELMÉNYEK

## Az egyes alkalmazások eltérő igényei



# AZ 5G HÁLÓZATOKKAL SZEMBENI KÖVETELMÉNYEK

## Az 5G hálózat teljesítménye a 4G-hez képest

Paraméter	Kiterjesztés mértéke
A rendszer összkapacitása	1000-szeres
Cella szintű kapacitás	25-szörös
Kapcsolódó eszközök száma	100-szoros
Felhasználói sávszélesség	100-szoros
Akkumulátor élettartama IoT alkalmazás esetén	10-szeres
Végponttól-végpontig mért késleltetés	5-ödrész

- A fix-mobil konvergencia következtében egyre kevésbé van jelentősége
- Természetesen mobil, hiszen a mobilitás alapvető trend
- Abban az értelemben, hogy mobil kontra vezetékes, már nem tehető fel a kérdés
- Vélhetően mobil ÉS vezetékes hálózat lesz az 5G
- Fontos kérdés lesz az igények kielégítésében a rádiós interfész kialakítása
- Fontos kérdés lesz a spektrumigények kielégítése
- A hálózati elvárások kibővültek a teljesítmény jellegű paramétereken túlmutató elemekkel ➡ a hálózati architektúra, a hálózatok együttműködése legalább akkora kihívást jelent, mint a rádiós interfész

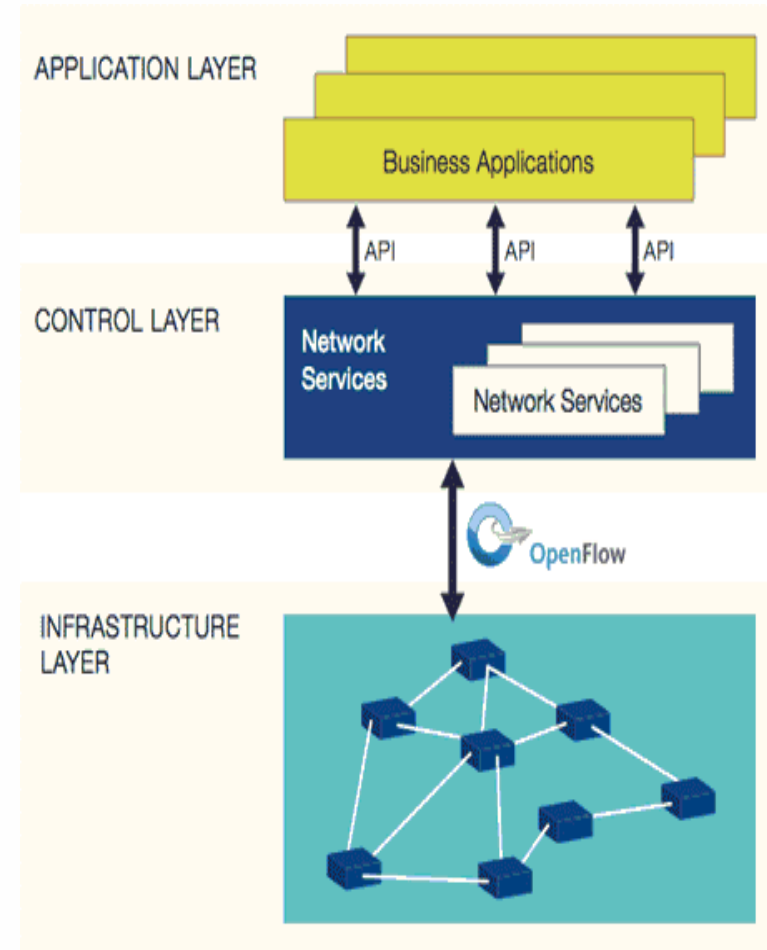


- A hálózat rugalmasságának a növelése
- Új szolgáltatások gyorsabb bevezetése
- QoS nyújtása szolgáltatásokra vonatkozóan
- Magas rendelkezésre állás
- Csökkentett energiaigény
- Kritikus szolgáltatások magas megbízhatósága



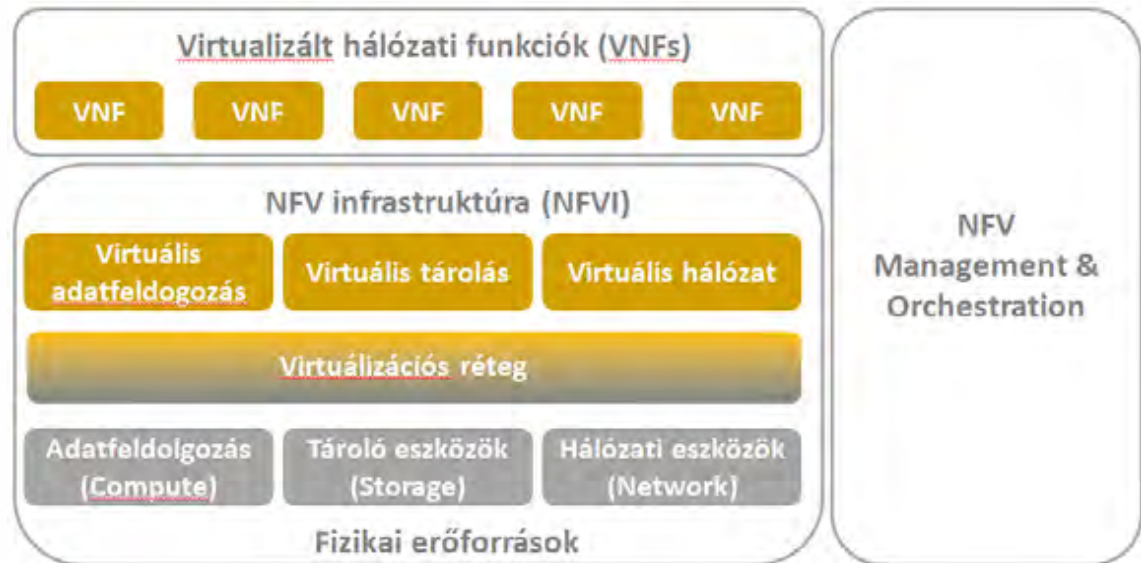
Új hálózati alapelvekre van szükség a fenti igények és a kulcsparaméterek kiterjesztésének az együttes kiszolgálására

- SDN (Software Defined Networks):** Az SDN hálózatokban a vezérlési sík elkülönül a szállítási síktól, a vezérlési sík központi vezérléssel működik és képes a szállítási sík fizikai megoldásától független vezérlésére. Alapját a gyakorlatban az OpenFlow protokoll adja. Eredménye egy rugalmas, költséghatékony, magas szintről menedzselhető, szállító-független hálózat.



- NFV (Network Function Virtualization):** A hálózat-virtualizáció a hálózati szolgáltatásokat megvalósító dedikált hardware egységeinek a kiváltása egységes, kereskedelmi forgalomban lévő szervereken alapuló (virtuális gépek, VM) virtuális megoldásokkal.

A szükséges virtuális elemeket az NFV felett elhelyezkedő Hypervisor funkció hozza létre.



- Az 5G-vel szembeni igények az elkülönült hálózatok erőforrásainak az összehangolt mozgatóását kívánják meg (Multi-Domain Orchestration).
- EU 5G-PPP projektek a megoldásra: 5GEx projekt magyar részvétellel (Ericsson Magyarország kft., BME TMIT):
  - Felgyorsított szolgáltatás-bevezetés
  - OTT alkalmazások kérdésének a rendezése
  - Automatizált szolgáltatás-kialakítási környezet
  - Validált technológiák és szabványok szükségessége
  - Menedzselt virtuális hálózati funkciók és infrastrukturális erőforrások „kereskedése”

# AZ 5G RENDSZERTECHNIKAI LEHETŐSÉGEI

## Az 5Gex EU projekt tagjai



### Operator partners



### Vendor partners



### SME partners



### Academic partners

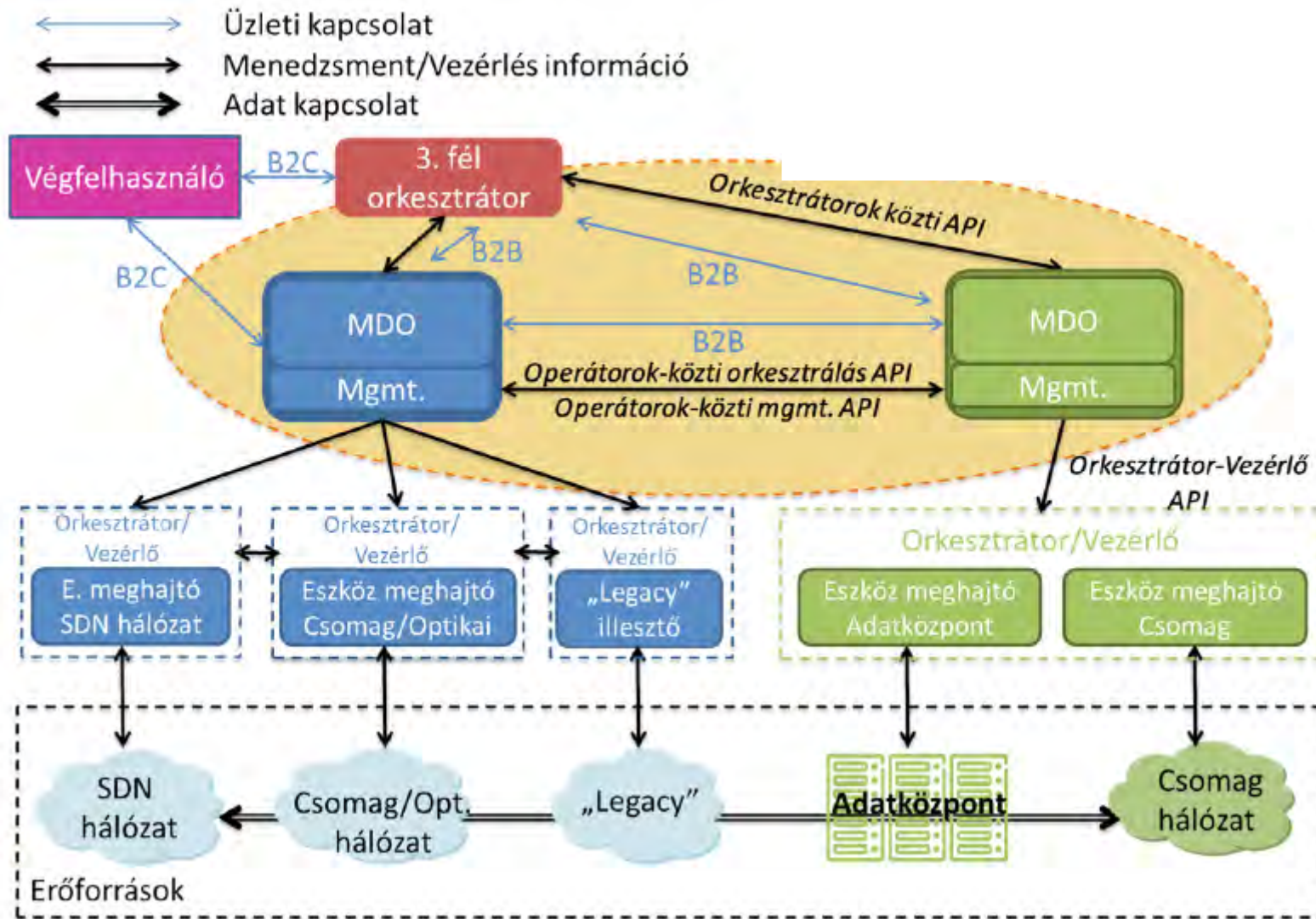




ERICSSON MAGYARORSZAG KOMMUNIKACIOS RENDSZEREK K.F.T.	HU
ATOS SPAIN SA	ES
ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS AND BUSINESS – RESEARCH CENTER	EL
BISDN GMBH – BERLIN INSTITUTE FOR SOFTWARE DEFINED NETWORKS	DE
BUDAPESTI MUSZAKI ES GAZDASAGTUDOMANYI EGYETEM	HU
DEUTSCHE TELEKOM AG	DE
ERICSSON TELECOMUNICAZIONI	IT
HEWLETT PACKARD ITALIANA SRL	IT
HUAWEI TECHNOLOGIES DUSSELDORF GMBH	DE
KUNGLIGA TEKNISKA HOEGSKOLAN	SE
ORANGE SA	FR
REDZINC SERVICES LIMITED	IE
TELECOM ITALIA SPA	IT
TELENOR ASA	NO
TELEFONICA INVESTIGACION Y DESARROLLO SA	ES
UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID	ES
UNIVERSITY COLLEGE LONDON	UK
MEDIA NETWORK SERVICES	NO

# AZ 5G RENDSZERTECHNIKAI LEHETŐSÉGEI

## Hálózatvezénylés több domain felett



Forrás: Cinkler at all.: 5G hálózatok architektúrája; 2. Magyar Jövő Internet konferencia

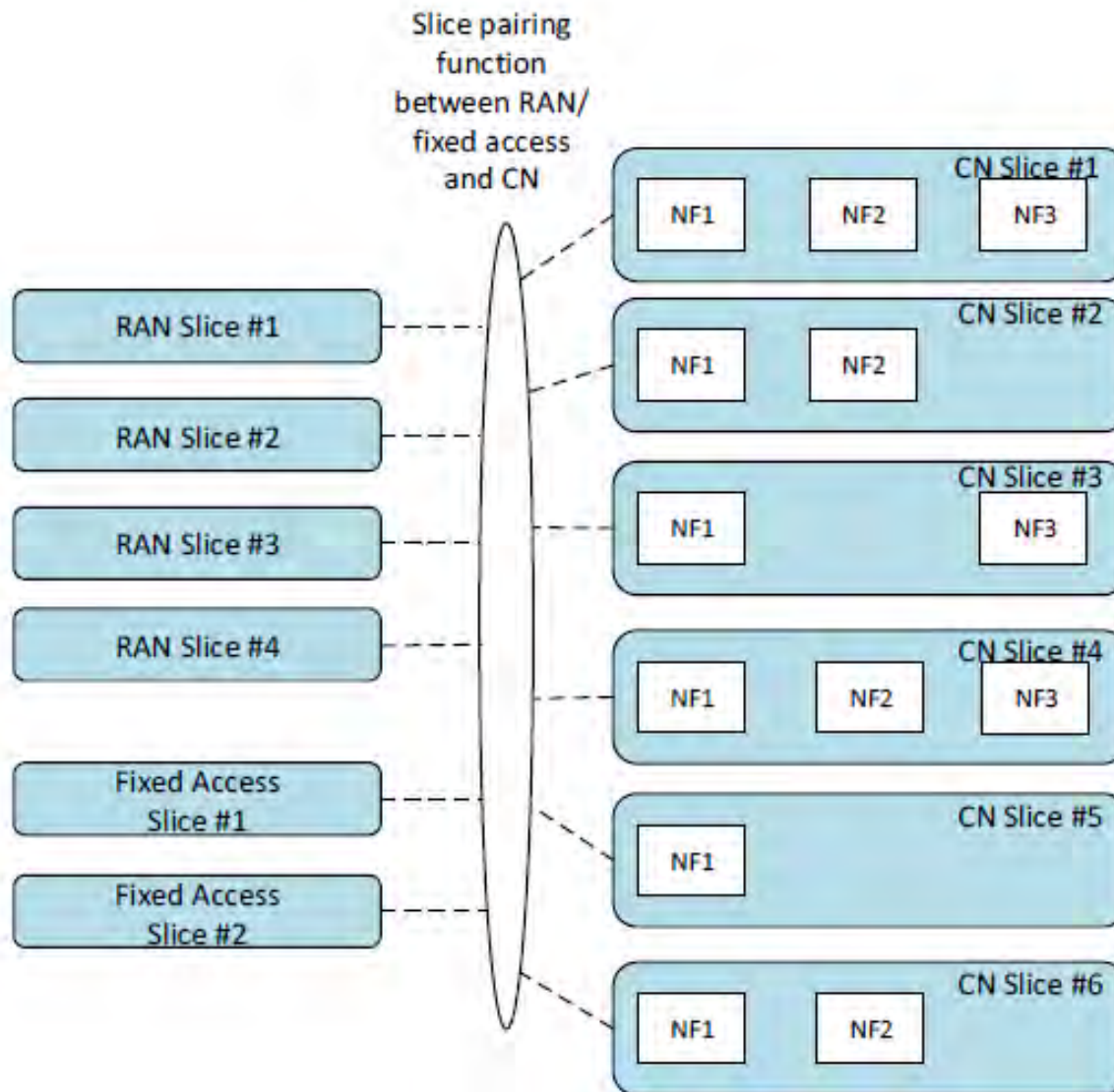
- A szolgáltatók és domain-ek közös hálózatvezénylése (orchestration) megoldja az erőforrások végtől-végig allokálhatóságát, de nem oldja meg a „hogyan” kérdését.
- Egy lehetséges válasz (Ericsson indíttatású): Network slicing (hálózatszeletelés)



- A megvalósított hálózatszelet képes a különböző piaci scenárióknak megfelelni
- Képesek egymás zavarása nélkül működni
- A hálózatszeletnek kell a biztonsági kritériumokat teljesítenie, nem a hálózatnak
- Elhatárolás kibertámadás esetére
- Harmadik fél hozhatja létre a hálózatszeletet a megfelelő API-n keresztül a beállított limitek mellett
- A hálózatszelet rugalmasságának nem szabad más szelet(ek) szolgáltatására hatással lennie
- Hálózati szelet módosítása csak minimális hatással lehet más szelet által kiszolgált előfizetői szolgáltatásra
- Vég-től-vég-ig történő erőforrás-menedzsment támogatása

# AZ 5G RENDSZERTECHNIKAI LEHETŐSÉGEI

## Hálózatszeletelés (Network slicing)

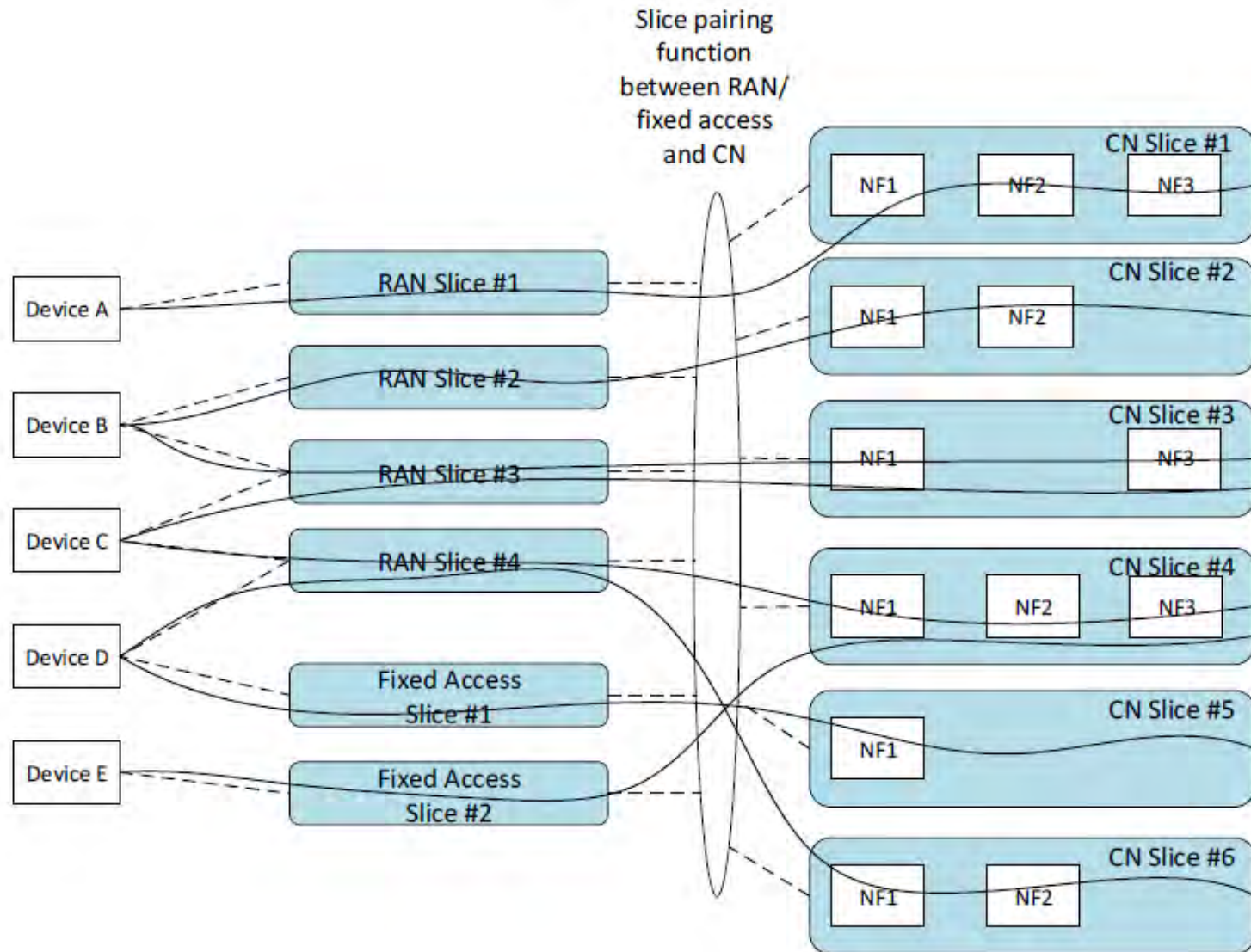


RAN – Radio Access Network  
 CN – Core network  
 NF – Network Function



# AZ 5G RENDSZERTECHNIKAI LEHETŐSÉGEI

## Hálózatszeletelés (Network slicing)



- Kezelen tudja az eltérő igényeket, pl.:
  - Mobil szélessáv (MBB)
  - Gép típusú kommunikáció (MTC)
  - Kritikus MTC
- NaaS (Network as a Service) ki tudja pl. szolgálni az MVNO-kat, ez lehet egy külön szelet
- Barangolás (roaming) szintén egy hálózatszeletté válik
- A hálózatszeletek lehetőséget adnak a szolgáltatás-differenciálásra, eltérő QoS megrendelésére
  - Pl. különböző MVNO-k eltérő QoE-vel
- Megoldandó problémák: a nem megfelelő végberendezések megzavarhatják a szeletet, ennek nem szabad kihatnia más szeletek működésére



- EU projektek: ezek sokat vittek előre a kutatási fázisban, de mégis lemaradásban van Európa!!
- 5G for Europe: An action plan, 8 akciótervi pont
  - 1. intézkedés: ütemterv, nemzeti ütemtervek 2017 végére, korai bevezetés 2018-tól, 2020: legalább egy „5G-képes” nagyváros, 2025: városok és főútvonalak
  - 2. intézkedés: Korai bevezetés frekvenciasávjai
  - 3. intézkedés: 6 GHz alatti és feletti sávokban is megegyezés
  - 4. intézkedés: A nemzeti ütemtervekben EU együttműködés

- 5G for Europe: An action plan, 8 akciótervi pont
  - 5. intézkedés: A szabványok 2019 végére hozzáférhetőek legyenek, 2017-re ágazatközi partnerség
  - 6. intézkedés: Kulcsfontosságú technológiai kísérletek 2017-ben, részletes ütemtervek 2017. márciusig
  - 7. intézkedés: 5G infrastruktúra a közbiztonság és a közrendvédelem szolgálatában
  - 8. intézkedés: Kockázati finanszírozás támogatása, Európai Stratégiai Beruházási Alap segítségével a magánfinanszírozás mellett

„A látás elszürkülése 4G terhelés körül kezdődik, 4.7G körül a látótér a retina megfelelő vérellátásának súlyosbodó zavara miatt már elfeketedhet ("blackout"). Ekkor a pilóta még tudatánál van, de az agy elégtelen vérátáramlása okán (oxigénhiány) már a mozgáskoordinációja is akadozhat. 5.4-5.5G terhelésnél eszméletvesztés következhet be, mely akár másodpercekig eltarthat, a feleszmélés utáni megfelelő tájékozódóképesség visszanyeréséhez szükséges időről már nem is beszélve.”



- Arra kell vigyázni, hogy a régiók közötti nagy versenyben ezek az élettani hatások ne következzenek be, mert az 5G hálózatokat csak kellő kidolgozottság mellett szabad ráengedni a piacra.
- Célszerű lenne visszatérni a 2G sikerének az alapjaihoz, ahol a komplex rendszer specifikálására együttműködés volt a rádióinterfész és a maghálózat fejlesztésében.

Talán még nem késő...



NMHH

Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság

Köszönöm megtisztelő figyelmüket!