



HÁLÓZATI RENDSZEREK  
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK  
TANSZÉK

BMEVIHIMA00 Hálózati technológiák integrációja

## Mobil 5G hálózat

Funkcionális áttekintés és szolgáltatási képességek

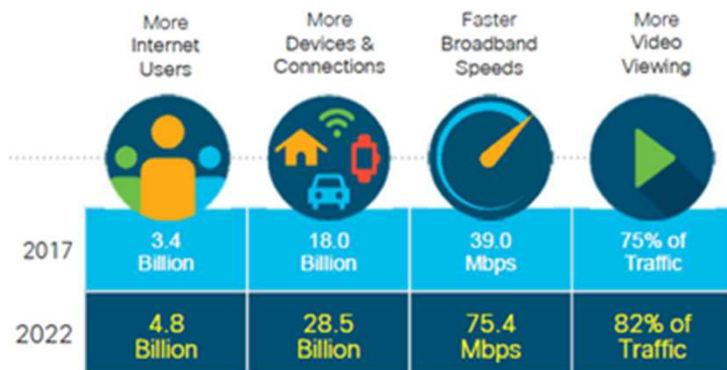
**Jakab Tivadar**  
**[jakab@hit.bme.hu](mailto:jakab@hit.bme.hu)**

Budapest,  
2021.04.29.



- A témakör
  - 5G hálózati követelmények, architektúra, API-k, hálózatbiztonsági és menedzsment vonatkozások áttekintése
- Egyszerűsítések
  - Alapvetően architekturális megközelítés, minimális rádiós vonatkozásokkal
- Tárgyalásmód
  - Összefoglaló jellegű, elsősorban a szolgáltatási képességek szempontjából fontos vonatkozásokra koncentrálva
- Az összefoglaló elsősorban a  
5G Special Issue, Journal of ICT Standardization, Vol: 6, Combined Special Issue 1 & 2, May 2018, (cikkek 1-10) alapján készült, elérhető itt:  
[https://www.riverpublishers.com/journal\\_read\\_html\\_article.php?j=JICTS/6/1/0](https://www.riverpublishers.com/journal_read_html_article.php?j=JICTS/6/1/0)

helyenként 3GPP és ETSI specifikációk, és részterületeket bővebben tárgyaló szakcikkek (leginkább gyártói *white paperek*) alapján alapján kiegészítve



Source: Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2017-2022

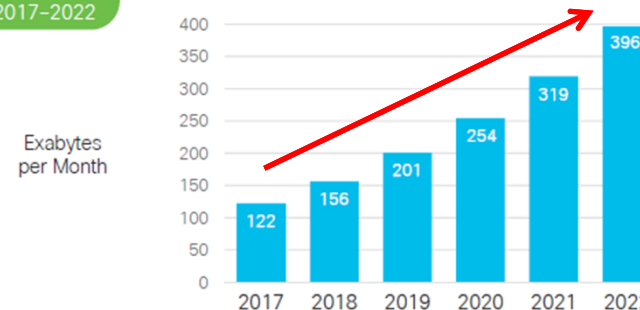
	2017 MBs per Month	2022 MBs per Month
M2M Module	610	1,730
Smartphone	5,110	26,100
Tablet	10,380	31,140
Laptop / PC	35,950	59,250
Ultra High Definition TV*	7,520	35,840

- Növekvő kapacitásigény
- Növekvő állomásszám (IoT, M2M)
- Új alkalmazási területek (alapvetően különböző követelményekkel)

## Global IP Traffic Growth

Global IP traffic will increase 3-fold from 2017 to 2022

26% CAGR  
2017-2022



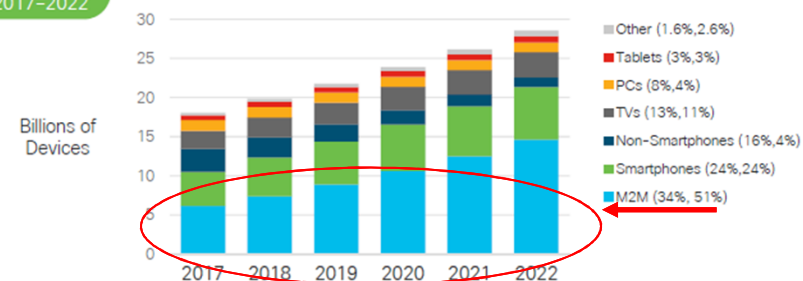
© 2018 Cisco and/or its affiliates. All rights reserved. Cisco Public

Source: Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2017-2022

## Global Device/Connection Growth by Type

By 2022, M2M connections will be more than half of total connections

10% CAGR  
2017-2022

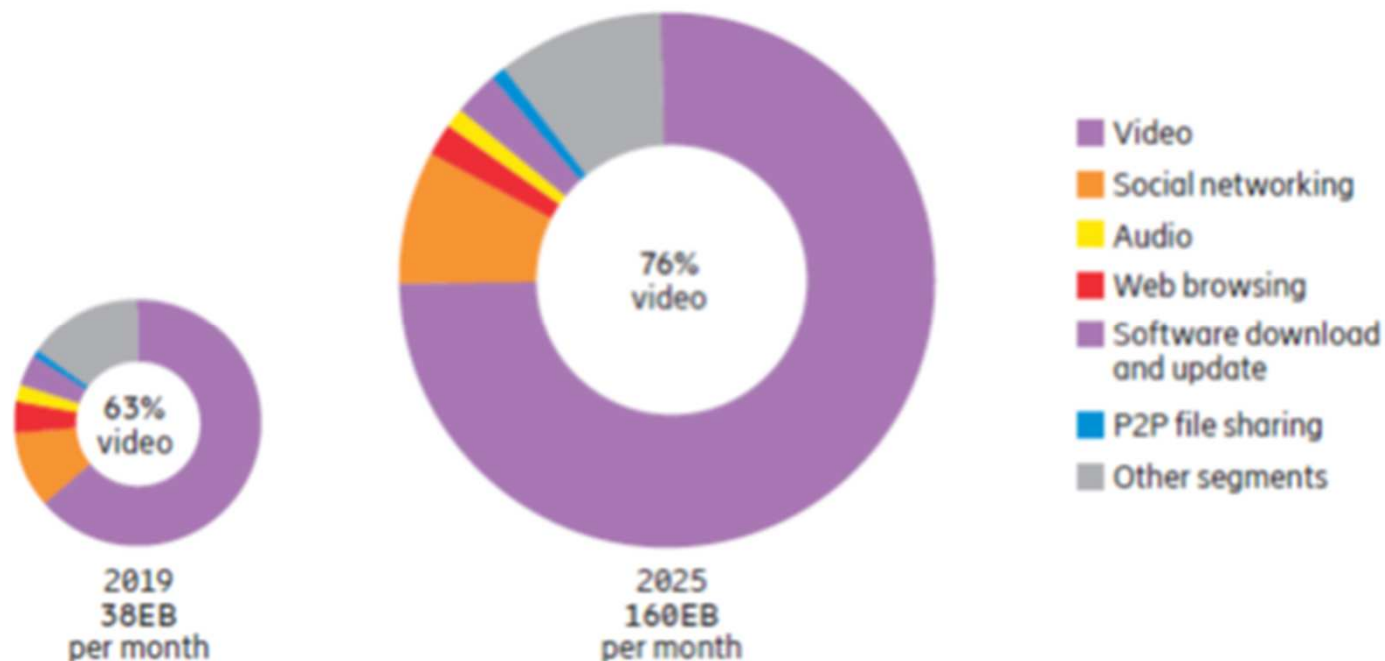


\* Figures (n) refer to 2017, 2022 device share

Source: Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2017-2022

CAGR: Compound/ Cumulative Annual Growth Rate

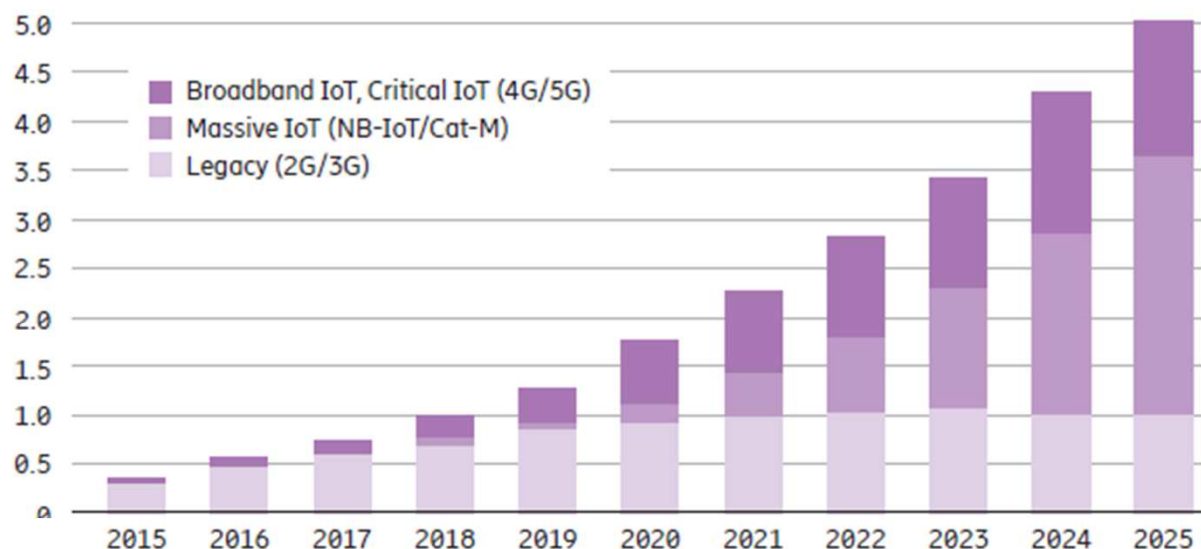
Mobile traffic by application category per month (percent)



Page 4 | Ericsson Mobility Report November 2019 excerpt

- Domináns online tartalom
- Egyre több videó, megosztó szolgáltatás
- Videó streaming szolgáltatások növekvő használata
- Változó felhasználói szokások, egyre fejlettebb videóképes (mobil) eszközök
- Videó alapú megfigyelés (közúti/városi forgalom, különböző biztonsági megfontolások)

Cellular IoT connections by segment and technology (billion)



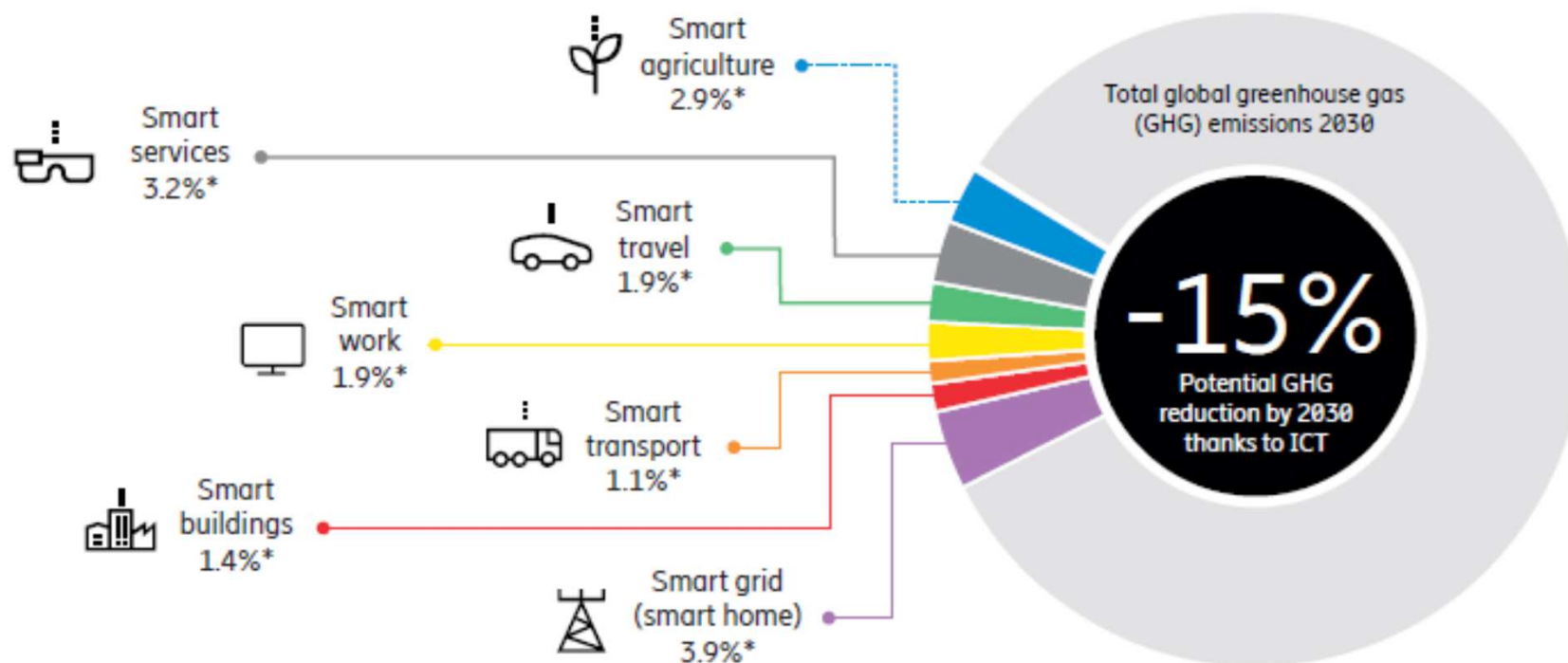
IoT connections (billion)

IoT	2019	2025	CAGR
Wide-area IoT	1.4	5.4	24%
Cellular IoT <sup>2</sup>	1.3	5.0	25%
Short-range IoT	9.3	19.5	13%
<b>Total</b>	<b>10.8</b>	<b>24.9</b>	<b>15%</b>

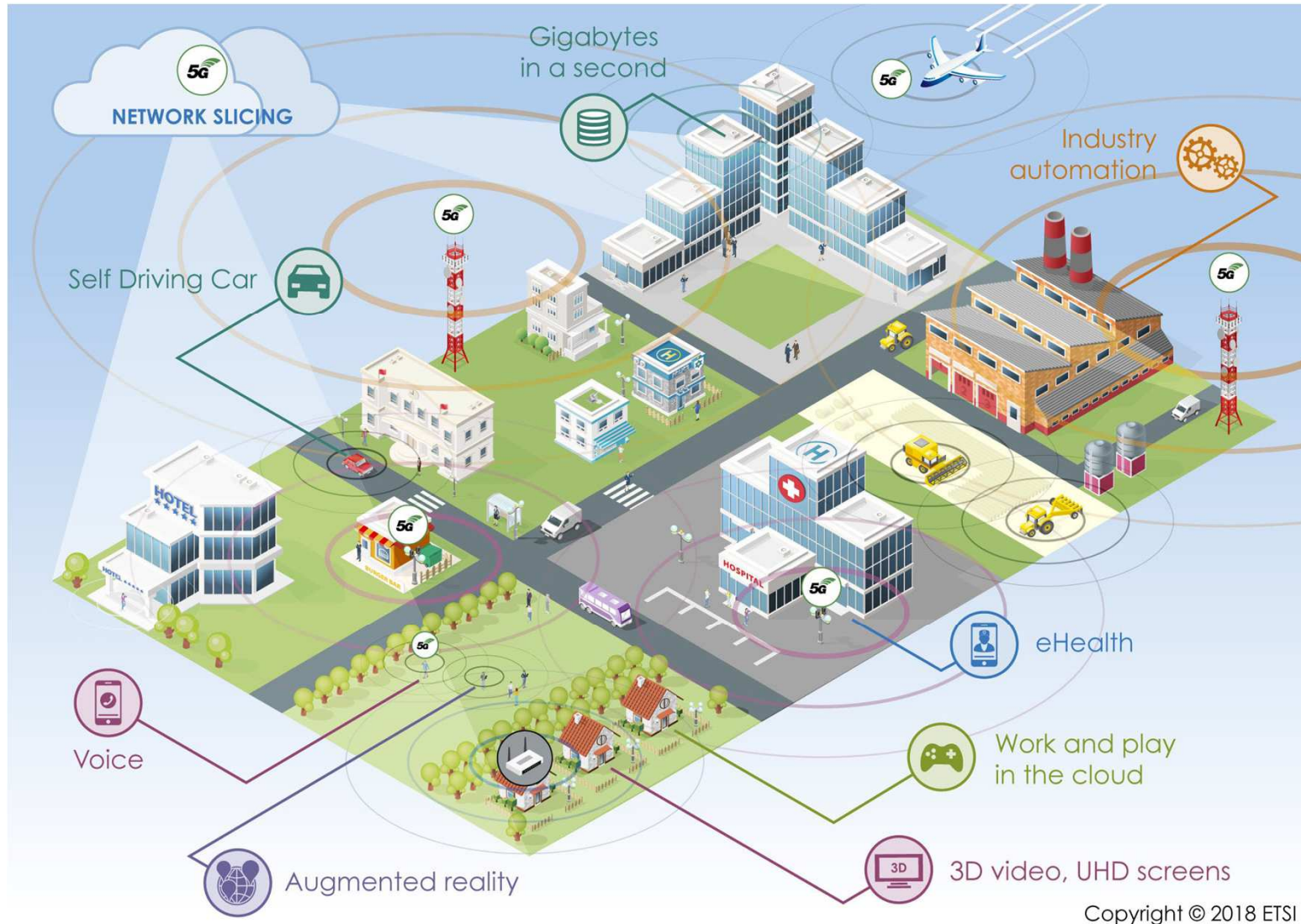
<sup>2</sup> These figures are also included in the figures for wide-area IoT

CAGR: Compound/ Cumulative Annual Growth Rate

# KÖRNYEZETI FENNTARTHATÓSÁG



Exploring the effect of ICT solutions on GHG emissions in 2030  
Malmudin & Bergmark, ICT4S, 2015  
Page 9 | Ericsson Mobility Report November 2019 excerpt



By 2022, M2M modules will be **51%** (14.6 billion) of total global devices and connections and will account for **6%** (25.3 EBs/month) of total global IP traffic.

Source: Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2017-2022

© 2018 Cisco and/or its affiliates. All rights reserved. Cisco Public



### Connected Home



- Home automation
- Building security
- Network equipment – printers + routers +
- Network infrastructure – routers +
- White goods
- Tracking applications
- Household information devices

### Connected Work



- Office building automation
- Building security
- Office equipment – printers + Routers +
- Commercial appliances

### Connected Car



- Fleet management
- In-vehicle entertainment systems, emergency calling, Internet
- Vehicle diagnostics, navigation
- Stolen vehicle recovery
- Lease, rental, insurance management

### Connected Health



- Health monitors
- Assisted living – medicine dispensers +
- Clinical trials
- First responder connectivity
- Telemedicine

### Connected Cities



- Environment and public safety – closed-circuit TV, street lighting, waste removal, information +
- Public space advertising
- Public transport
- Road traffic management

### Retail



- Retail goods monitoring and payment
- Retail venue access and control
- Slot machines, vending machines

### Manufacturing & Supply Chain



- Mining and extraction
- Manufacturing and processing
- Supply chain
- Warehousing and storage

### Energy



- New energy sources – monitoring and power generation support apps
- Smart grid and distribution
- Micro-generation – generation of power, by residential, commercial and community users on their own property

### Other



- Agriculture – livestock, soil monitoring, water and resource conservation, temperature control for milk tanks +
- Construction: Site and equipment monitoring
- Emergency services and national security

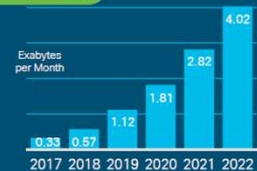
© 2018 Cisco and/or its affiliates. All rights reserved. Cisco Public

### Virtual and Augmented Reality Traffic

By 2022, VR/AR traffic will increase 12-fold

65% CAGR  
2017-2022

Exabytes per Month

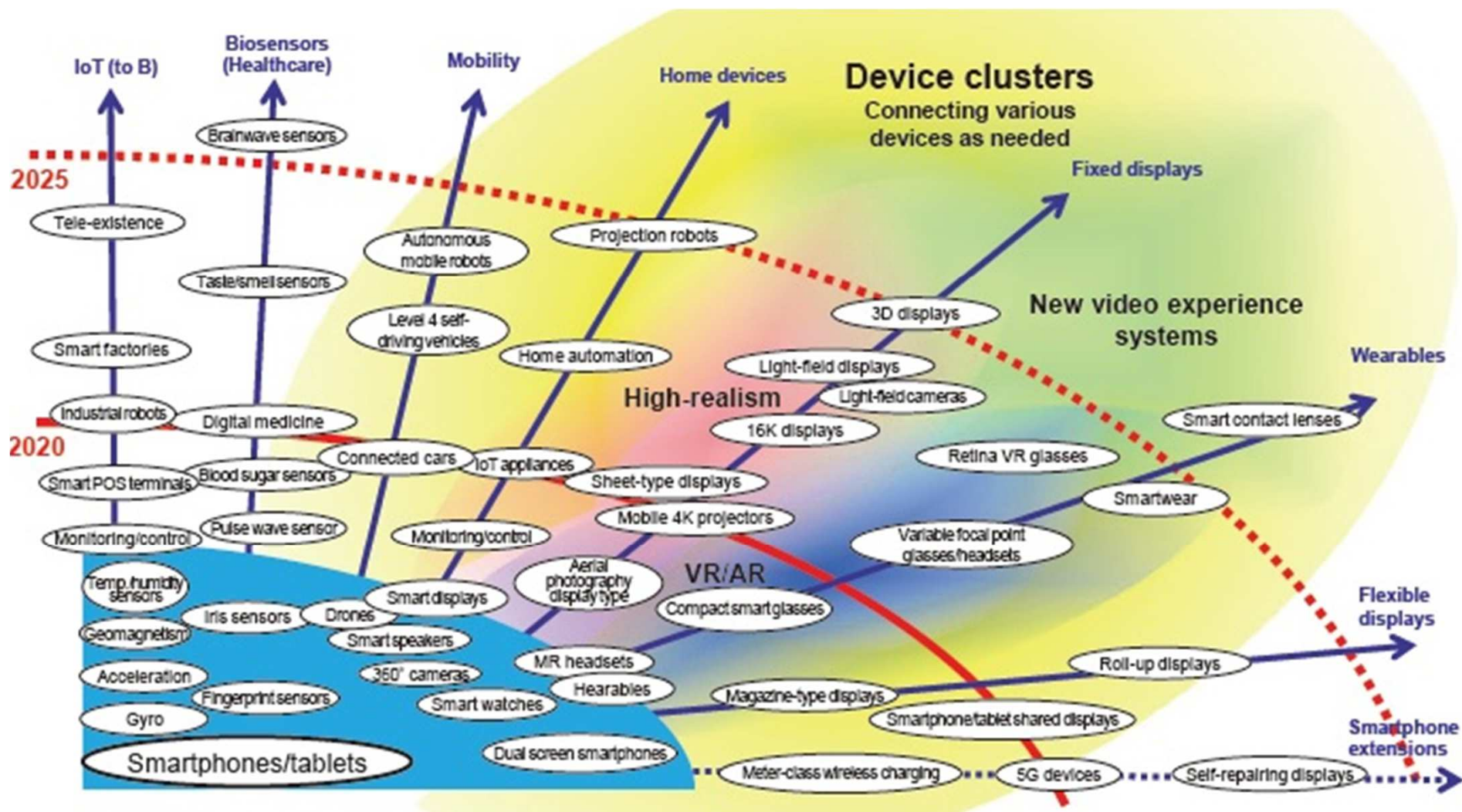


Source: Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2017-2022

© 2018 Cisco and/or its affiliates. All rights reserved. Cisco Public



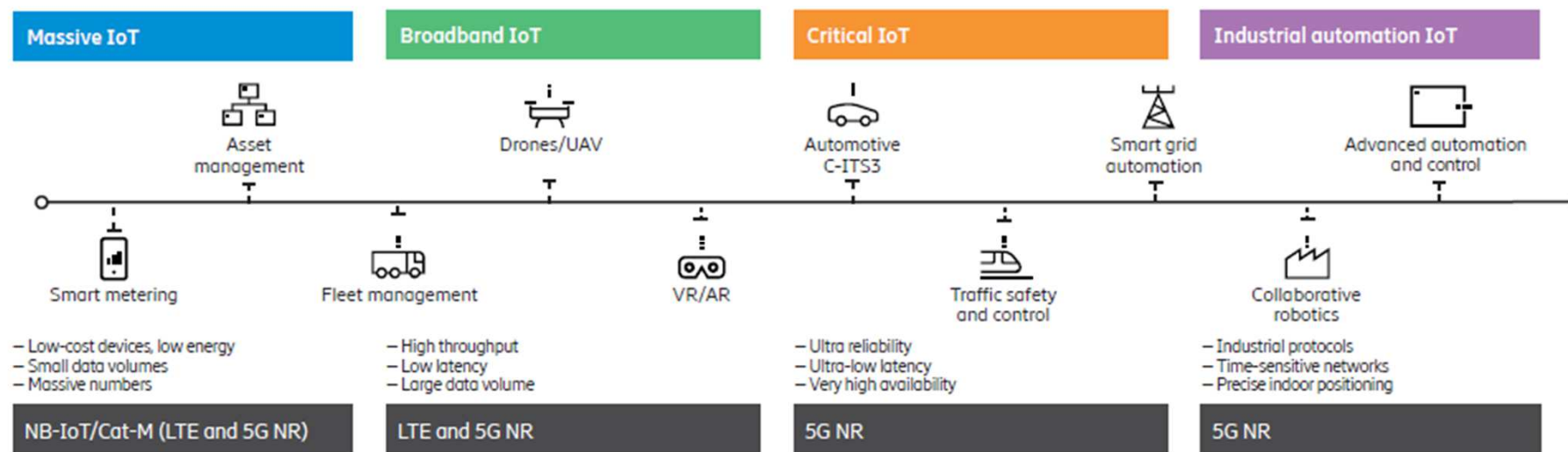
# ESZKÖZÖK FEJLŐDÉSI TRENDJEI



Forrás: NTT DOCOMO Technical Journal 25th Anniversary (Dec 2018)

[https://www.nttdocomo.co.jp/english/binary/pdf/corporate/technology/rd/technical\\_journal/bn/vol20\\_e/vol20\\_e\\_en\\_total.pdf](https://www.nttdocomo.co.jp/english/binary/pdf/corporate/technology/rd/technical_journal/bn/vol20_e/vol20_e_en_total.pdf)

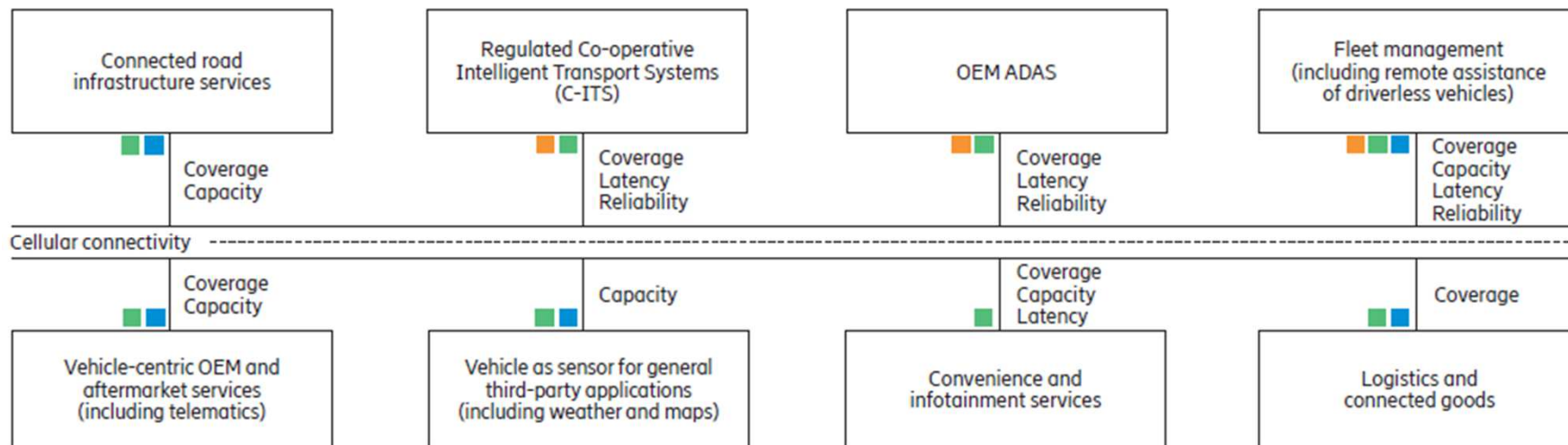
## Cellular IoT use case segments

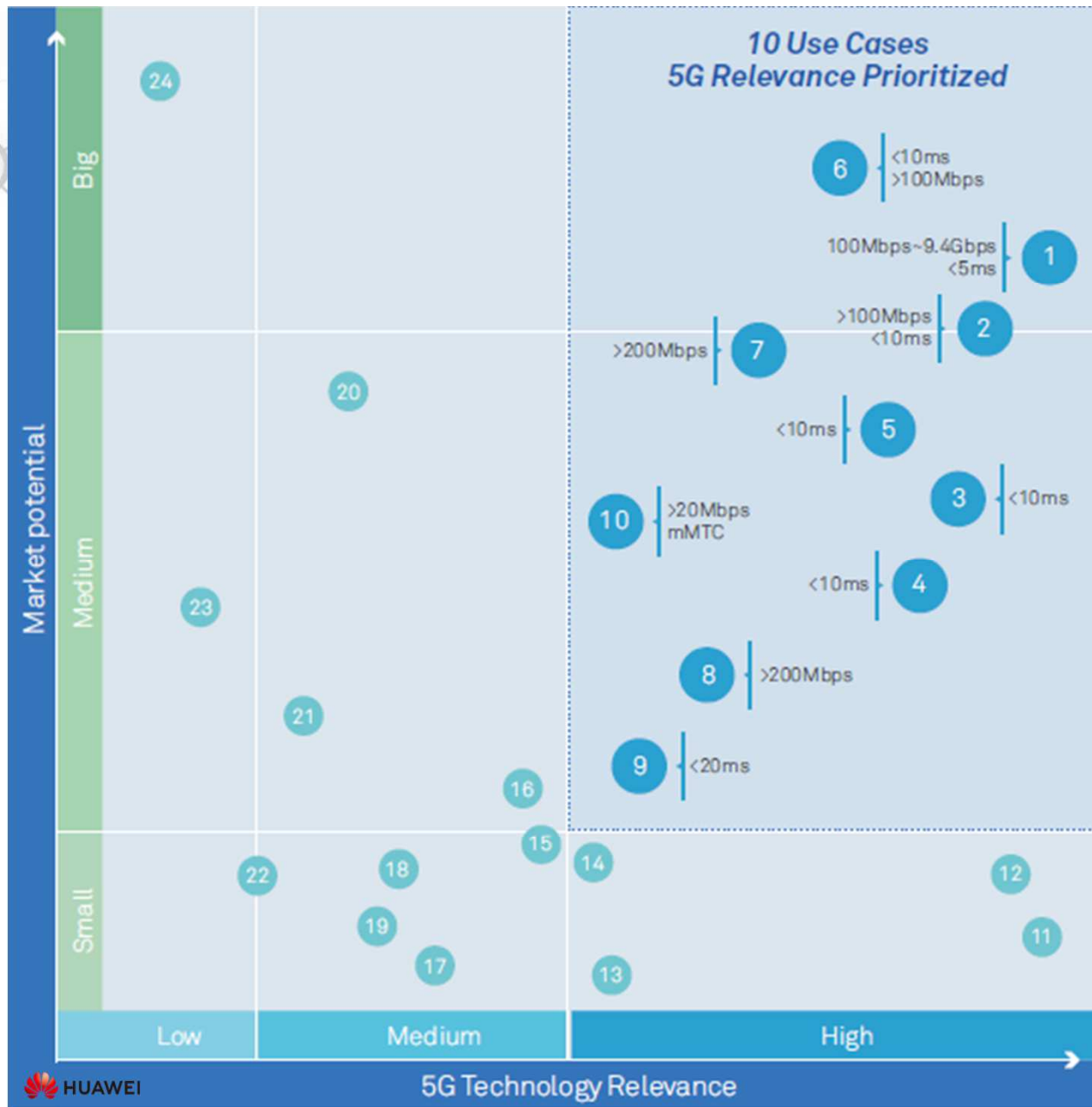


Page 11 | Ericsson Mobility Report November 2019 excerpt

## 5G ALKALMAZÁSI TERÜLTEK II, PÉLDA A KÖVETELMÉNYEKRE: AUTÓK ÉS KÖZÚTI SZÁLLÍTÁS

### Automotive and road transport services that require cellular connectivity





- 1. Cloud Virtual & Augmented Reality** – Real-time Computer Rendering Gaming/Modeling
- 2. Connected Automotive** – ToD, Platooning, Autonomous Driving
- 3. Smart Manufacturing** – Cloud Based Wireless Robot Control
- 4. Connected Energy** – Feeder Automation
- 5. Wireless eHealth** – Remote Diagnosis With Force-Feedback
- 6. Wireless Home Entertainment** – UHD 8K Video & Cloud Gaming
- 7. Connected Drones** – Professional Inspection & Security
- 8. Social Networks** – UHD/Panoramic Live Broadcasting
- 9. Personal AI Assistant** – AI Assisted Smart Helmet
- 10. Smart City** – AI-enabled Video Surveillance
11. Hologram
12. Wireless eHealth – Remote Surgery
13. Wireless eHealth – Ambulance Communication
14. Smart manufacturing – Industrial Sensors
15. Wearable – UHD Body Camera
16. Drone – Media
17. Smart manufacturing – Cloud Based AGV
18. Home – Service Robotics (Cloud AI Assisted)
19. Drone – Logistics
20. Drone – Fly Taxi
21. Wireless eHealth – Hospital Nursing Robot
22. Home – Home Surveillance
23. Smart Manufacturing – Logistics & Inventory Monitoring
24. Smart City – Trash Bin, Parking, Lighting, Traffic Light, Meters

Forrás: <https://www-file.huawei.com/-/media/corporate/pdf/mbb/5g-unlocks-a-world-of-opportunities-v5.pdf?la=en>

## Enhanced Mobile Broadband (EMB)

- pl. videótartalmak, játék, videó alapú felügyelet

## Critical Communication (CC)

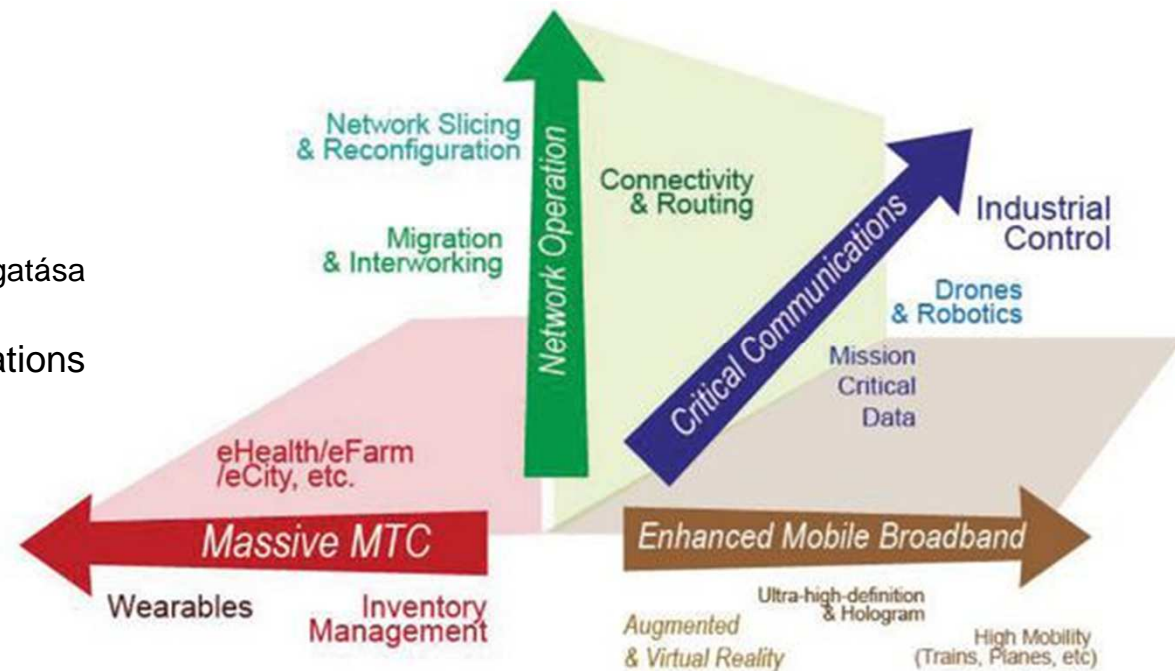
- pl. ipari automatizálás

## Network Operation

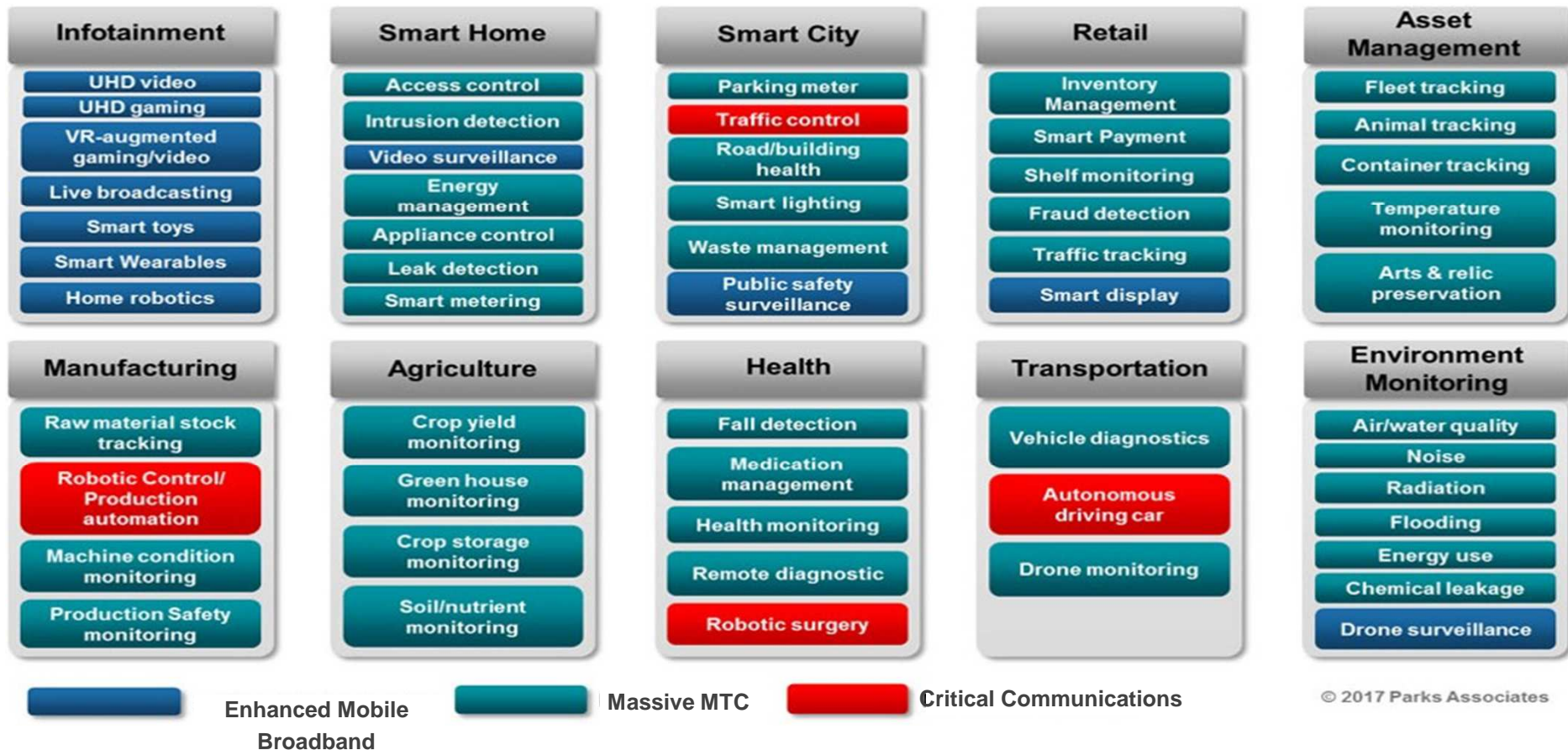
- pl. új szolgáltatási képességek támogatása (Slicing, Edge Computing)

## Massive Machine-Type Communications

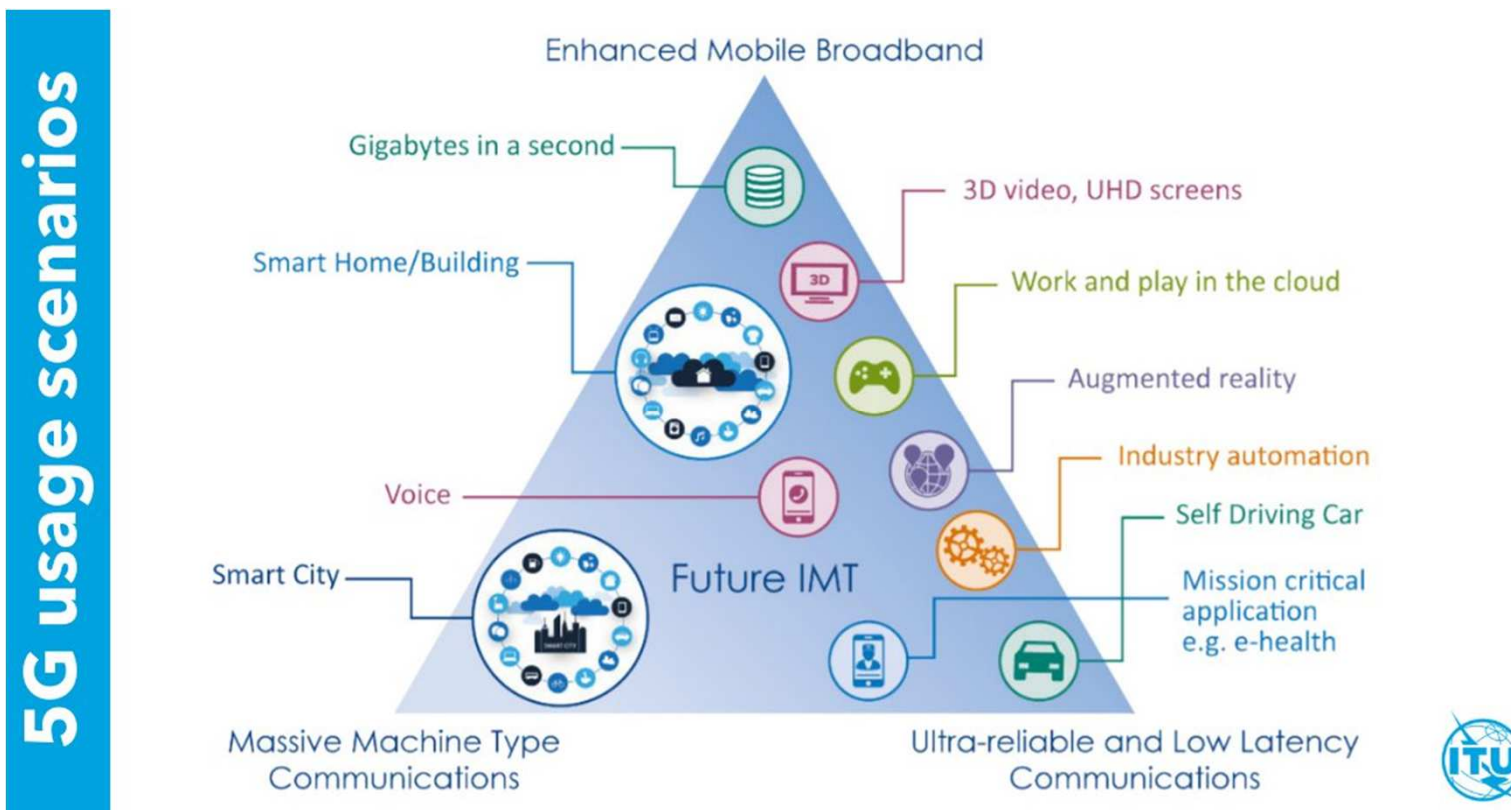
- pl. szenzor alapú adatgyűjtés



## 5G Use Cases by Vertical and Mobile Broadband Requirements



© 2017 Parks Associates

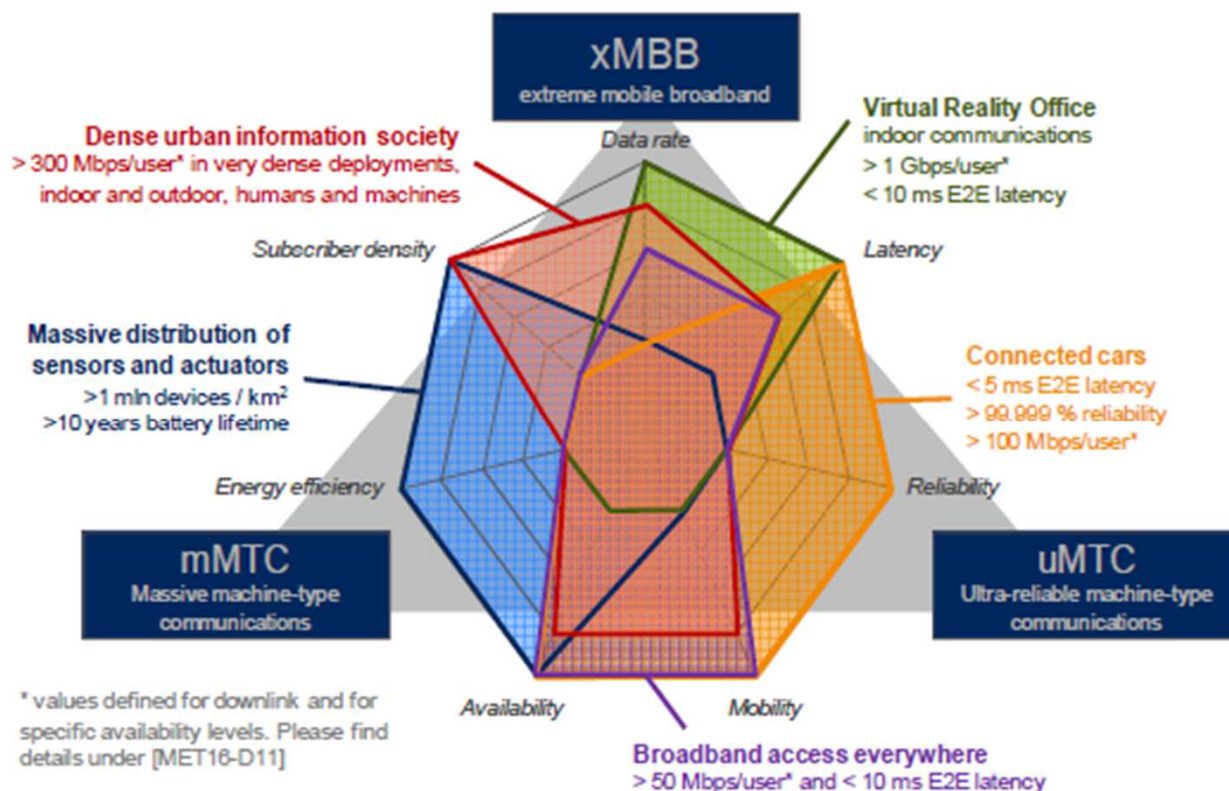
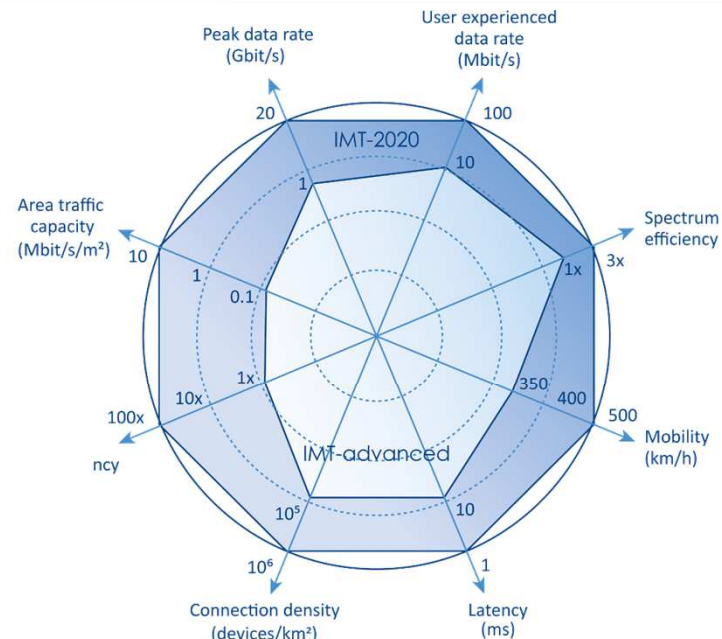


Forrás: <https://twitter.com/ITU/status/1039873212165877760/photo/1>




- Integráló platform: egységes hw infrastruktúra felett nagyon eltérő követelményrendszereknek eleget tevő szolgáltatási képességek

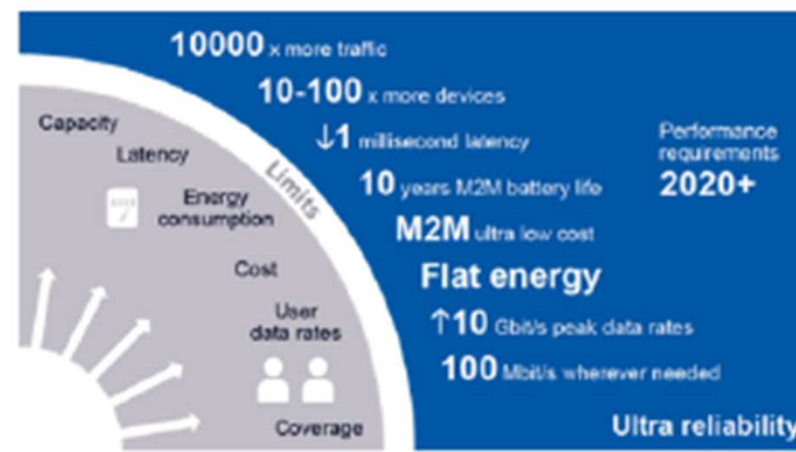
# KATEGÓRIÁNKÉNTI TIPIKUS KÖVETELMÉNYEK

Comparison of key capabilities of  
IMT-Advanced (4th generation)  
with IMT-2020 (5th generation)  
according to ITU-R M.2083





		Control Plane Capacity	Mobility Frequency	Forwarding Capacity	Latency Tolerance	Resiliency
Smart Meters 		LOW	LOW	LOW	HIGH	LOW
Car to Car 		HIGH	HIGH	LOW	LOW	HIGH
Fixed Wireless 		LOW	LOW/None	Ultra HIGH	MEDIUM	MEDIUM
Consumer Mobility 		MEDIUM	HIGH	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM
Industrial IoT 		LOW	LOW	HIGH	LOW	HIGH



Forrás: NOKIA Cloud Packet Core (CPC) Certification and Evaluation to 5G Learning Program Sample Content  
: <https://onestore.nokia.com/asset/206991>

Scenario	Experienced Data Rate (Downlink)	Experienced Data Rate (Uplink)	Area Traffic Capacity (Downlink)	Area Traffic Capacity (Uplink)	Overall User Density	UE Speed
Indoor hotspot	1 Gbps	500 Mbps	15 Tbps/km <sup>2</sup>	2 Tbps/km <sup>2</sup>	250 000/km <sup>2</sup>	Pedestrians
Dense urban	300 Mbps	50 Mbps	750 Gbps/km <sup>2</sup>	125 Gbps/km <sup>2</sup>	25 000/km <sup>2</sup>	Pedestrians and users in vehicles (up to 60 km/h)
Urban macro	50 Mbps	25 Mbps	100 Gbps/km <sup>2</sup>	50 Gbps/km <sup>2</sup>	10 000/km <sup>2</sup>	Pedestrians and users in vehicles (up to 120 km/h)
Rural macro	50 Mbps	25 Mbps	1 Gbps/km <sup>2</sup>	500 Mbps/km <sup>2</sup>	100/km <sup>2</sup>	Pedestrians and users in vehicles (up to 120 km/h)
Broadband in a crowd	25 Mbps	50 Mbps	3,75 Tbps/km <sup>2</sup>	7,5 Tbps/km <sup>2</sup>	500 000/km <sup>2</sup>	Pedestrians
Broadcast-like services	Maximum 200 Mbps (TV channel)	Modest (e.g., 500 kbps per user)	N/A	N/A	15 TV channels of 20 Mbps	Stationary to in vehicles (up to 500 km/h)
High-speed train	50 Mbps	25 Mbps	15 Gbps/train	7,5 Gbps/train	1000/train	Users in trains (up to 500 km/h)
High-speed vehicle	50 Mbps	25 Mbps	100 Gbps/km <sup>2</sup>	50 Gbps/km <sup>2</sup>	4000/km <sup>2</sup>	Users in vehicles (up to 250 km/h)
Airplanes connectivity	15 Mbps	7,5 Mbps	1,2 Gbps/plane	600 Mbps/plane	400/plane	Users in airplanes (up to 1000 km/h)

Scenario	End-to-End Latency	Communication Service Availability (the percentage of time the end-to-end communication service is delivered according to an agreed QoS )	Reliability (packet delivery within the time frame)	User Experienced Data Rate	Connection Density	Service Area Dimension
Discrete automation – motion control	1 ms	99,9999%	99,9999%	1 Mbps to 10 Mbps	100 000/km <sup>2</sup>	100 × 100 × 30 m
Process automation – remote control	50 ms	99,9999%	99,9999%	1 Mbps to 100 Mbps	1000/km <sup>2</sup>	300 × 300 × 50 m
Process automation – monitoring	50 ms	99,9%	99,9%	1 Mbps	10 000/km <sup>2</sup>	300 × 300 × 50
Electricity distribution – medium voltage	25 ms	99,9%	99,9%	10 Mbps	1000/km <sup>2</sup>	100 km along power line
Electricity distribution – high voltage	5 ms	99,9999%	99,9999%	10 Mbps	1000/km <sup>2</sup>	200 km along power line
Intelligent transport – infrastructure backhaul	10 ms	99,9999%	99,9999%	10 Mbps	1000/km <sup>2</sup>	2 km along a road

## TELJESÍTMÉNYKÖVETELMÉNYEK 4 5G KÖVETELMÉNYEK ÉS LTE KÉPESSÉGEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

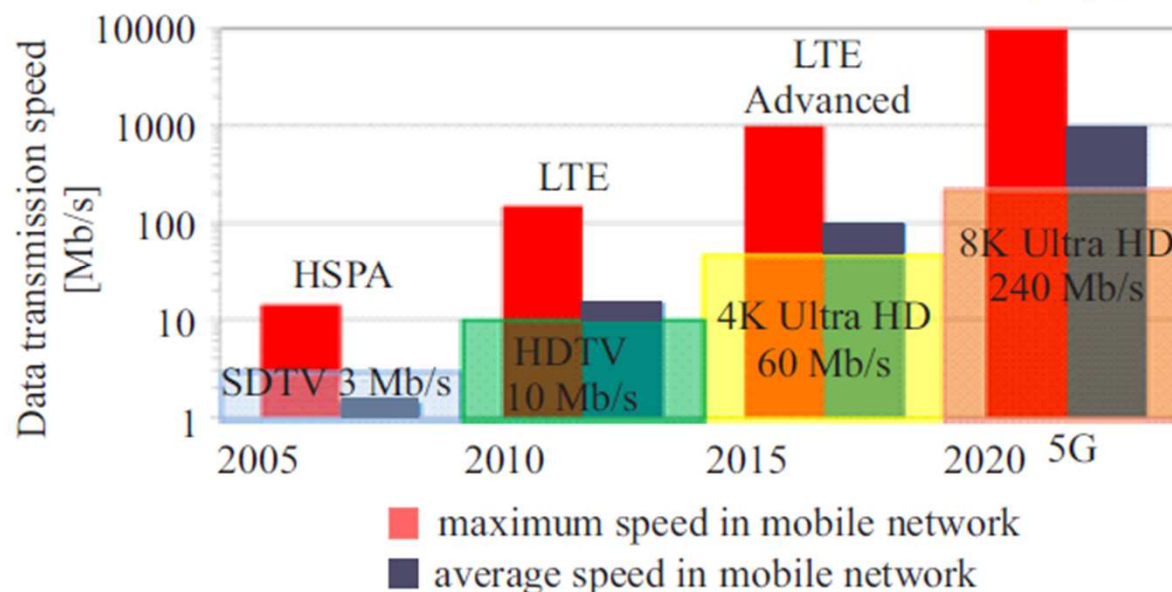
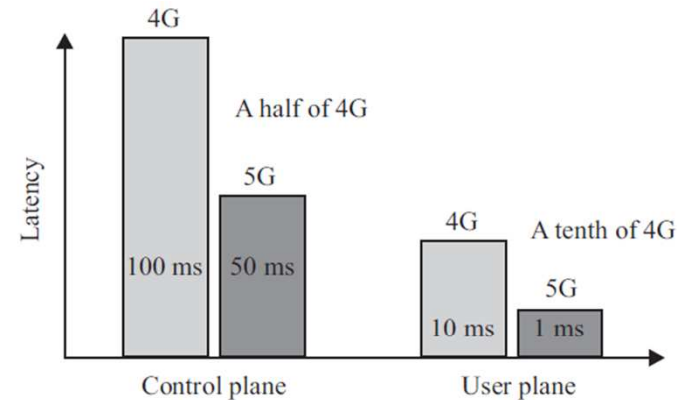
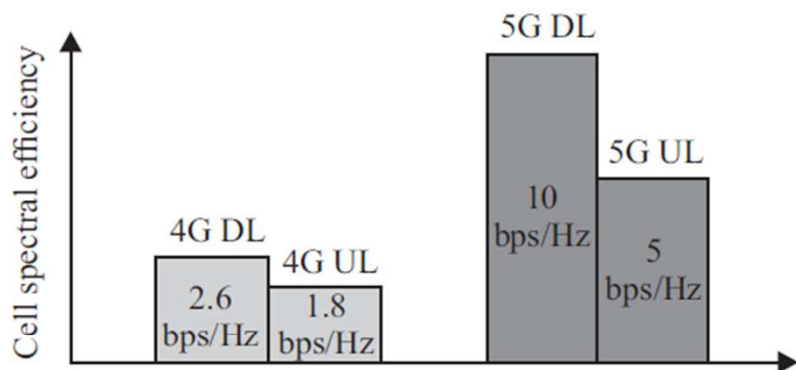
5G	Latency	Throughput	Connections	Mobility	Network Architecture
	1 ms E2E Latency	10Gbps Per Connection	1,000K Connections Per km <sup>2</sup>	500km/h High-speed Railway	LINP Ability Required
GAP	30~50x	100x	100x	1.5x	NFV/SDN
LTE	30~50ms	100Mbps	10K	350Km/h	Inflexible

Forrás: [https://www.itu.int/en/ITU-T/Workshops-and-Seminars/standardization/20170402/Documents/S2\\_4.%20Presentation\\_IMT%202020%20Requirements-how%20developing%20countries%20can%20cope.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-T/Workshops-and-Seminars/standardization/20170402/Documents/S2_4.%20Presentation_IMT%202020%20Requirements-how%20developing%20countries%20can%20cope.pdf)

LINP: - Logically Isolated Network Partitions  
NFV – Network Function Virtualization  
SDN – Software Define Network

- nagyságrendi különbségek, alapvetően új architekturális megoldások szükségesek

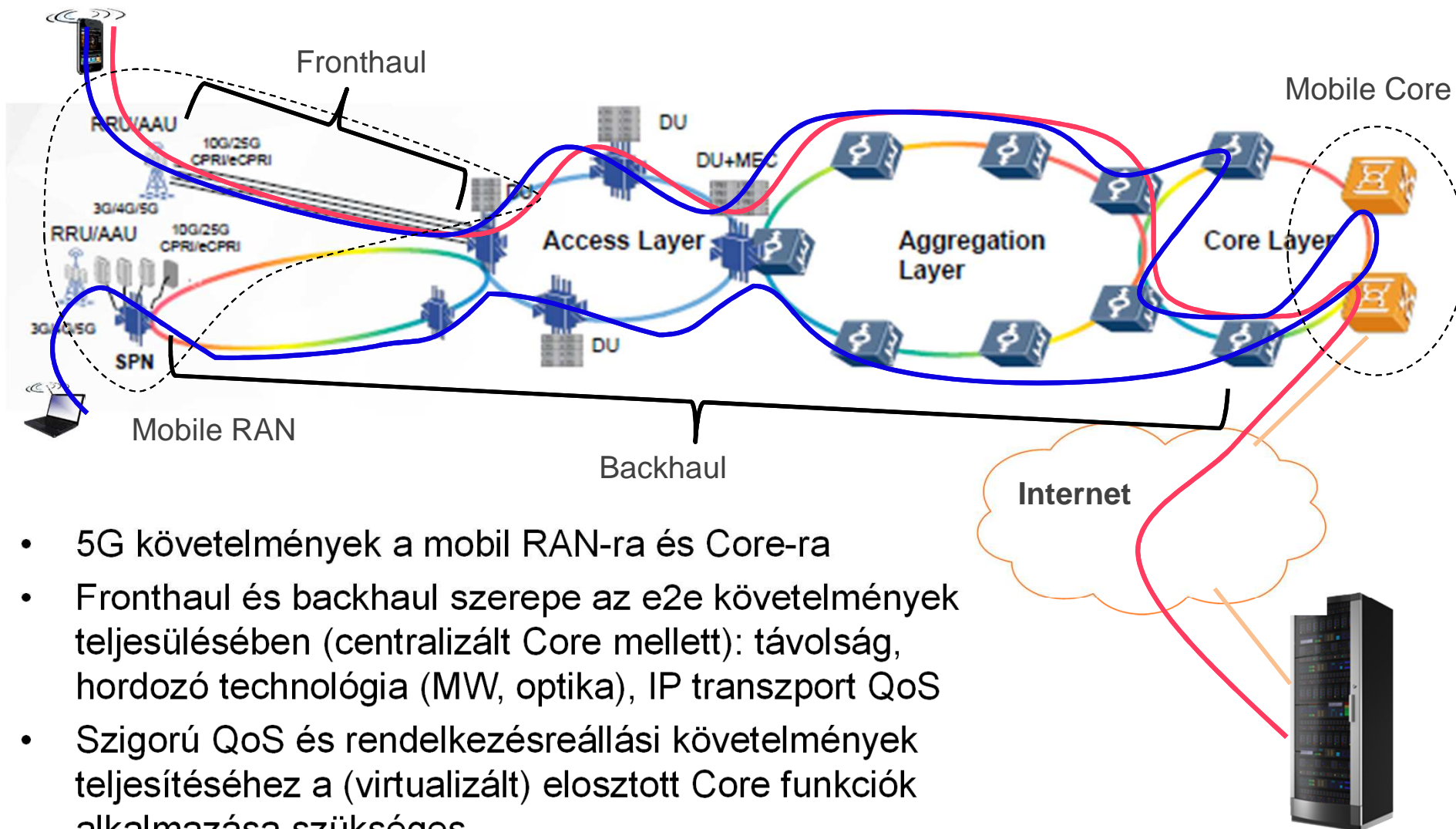
# TELJESÍTMÉNYKÖVETELMÉNYEK 5 5G KÖVETELMÉNYEK ÉS LTE KÉPESSÉGEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA



Forrás: V. Tikhvinskiy, G. Bochechka: Prospects and QoS Requirements in 5G Networks  
<http://niitc.ru/upload/medialibrary/abb/abb9e04f1291fc164df495ac566b22c1.pdf>

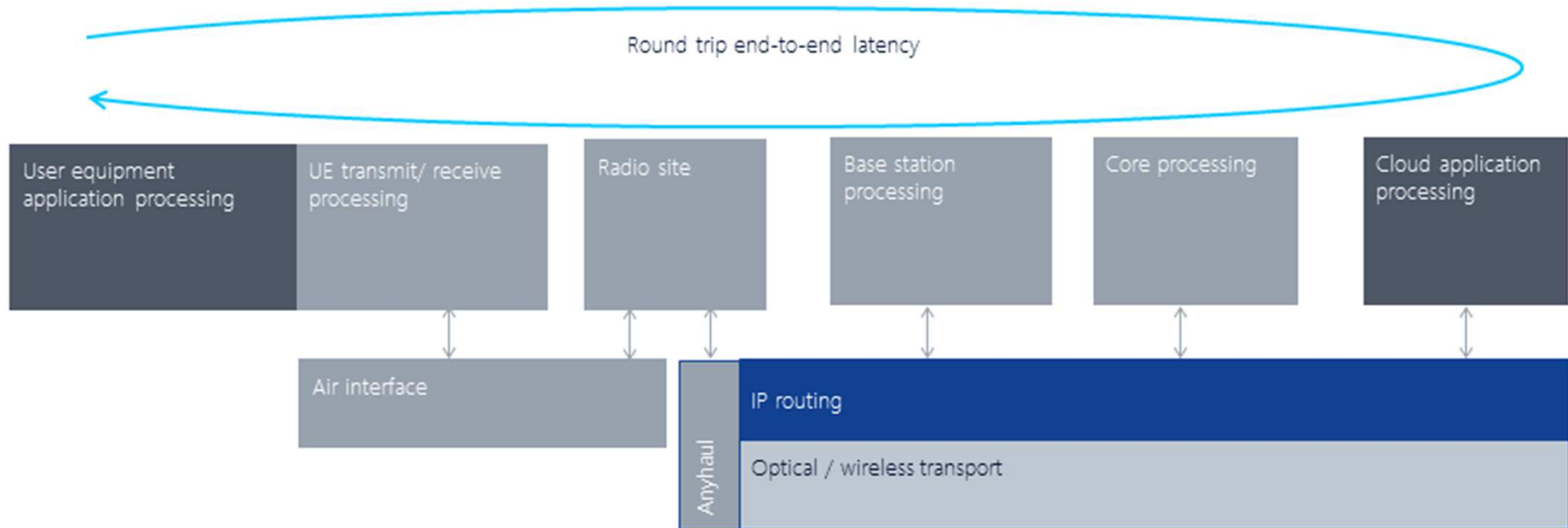
- 5G követelmények RAN-ra és Core-ra
- Fronthaul és backhaul szerepe az e2e követelmények teljesülésében (centralizált Core mellett)
- Szigorú QoS és szolgáltatásfolytonossági (hibatűrés. rendelkezésreállítás) követelmények teljesítéséhez a (virtualizált) elosztott RAN és Core funkciók alkalmazása szükséges
- Szigorú megbízható transzport követelmények teljesítéséhez L1 (rádiós interfész) alapú támogató funkciók szükségesek

# E2E KÖVETELMÉNYEK TELJESÍTÉSÉT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK



- 5G követelmények a mobil RAN-ra és Core-ra
- Fronthaul és backhaul szerepe az e2e követelmények teljesülésében (centralizált Core mellett): távolság, hordozó technológia (MW, optika), IP transzport QoS
- Szigorú QoS és rendelkezésreállási követelmények teljesítéséhez a (virtualizált) elosztott Core funkciók alkalmazása szükséges

# VÉGPONTOK KÖZTI KÉSLELTETÉS



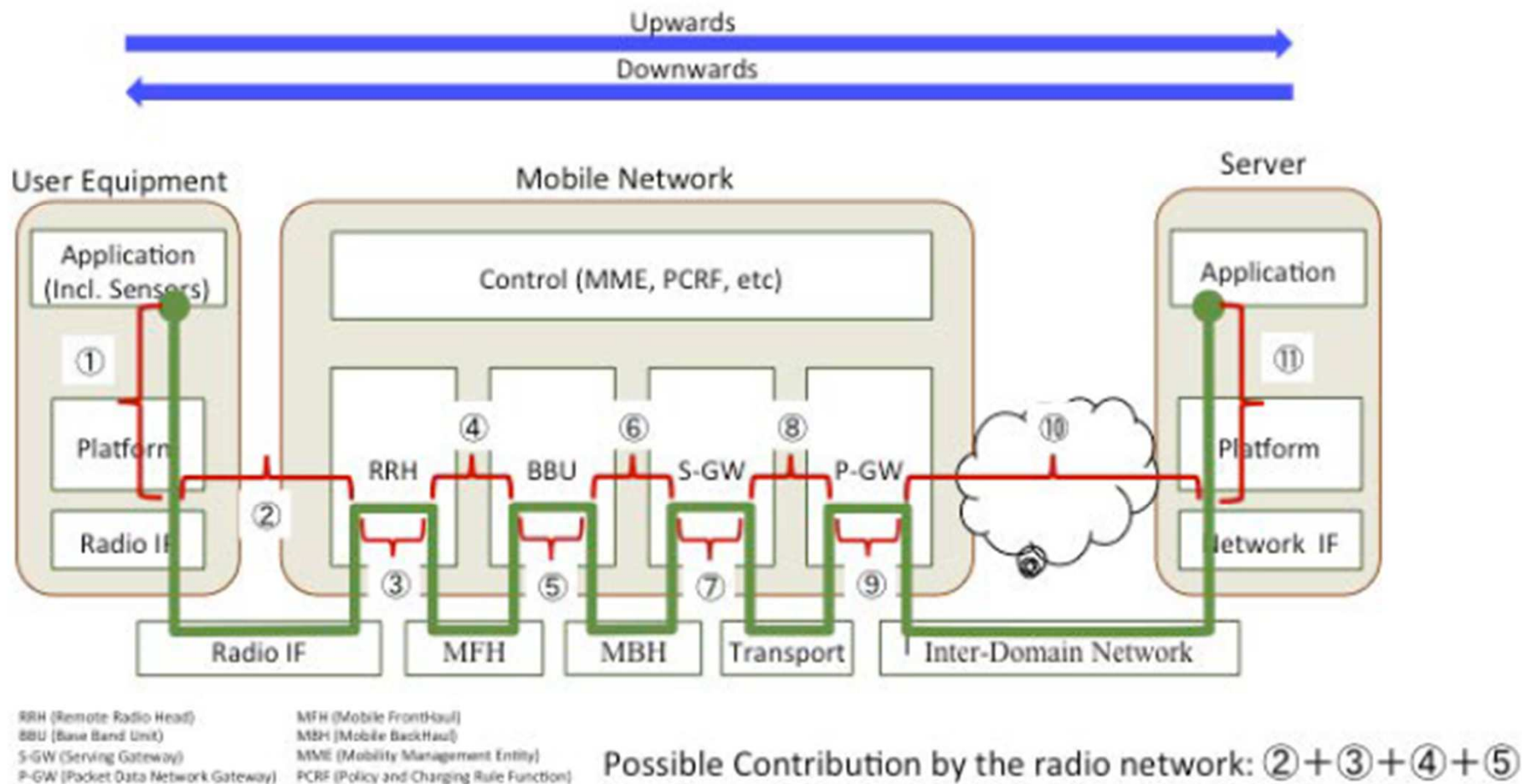
Forrás: <https://www.nokia.com/blog/preparing-5g-take-very-close-look-ip-router-latency/>

Kiegészítés: Nokia 5G Latency Infographic <https://onestore.nokia.com/asset/201030>

- Az 5G által kínált nagy megbízhatóságú és kis késleltetésű (ultra-reliable low latency communication - URLLC) szolgáltatás megvalósításában az 5G rendszerelemeken túl vezetékes transzport (IP/optika) hálózatelemek is szerepet játszanak (fronthaul, backhaul)
- Például a 2018-ban a legújabb félvezető komponensekkel megvalósított routerek 10  $\mu$ sec késleltetéssel képes a datagramok továbbítására normális (torlódásmentes) terhelési viszonyok mellett
- Emellett elengedhetetlen a (virtualizált) Mobile Core funkciók, és a feldolgozó számítási kapacitás (Cloud) minél közelebb vitele a felhasználókhöz (a hálózat szélére: Edge Computing) a kritikus késleltetési követelmények teljesítéséhez

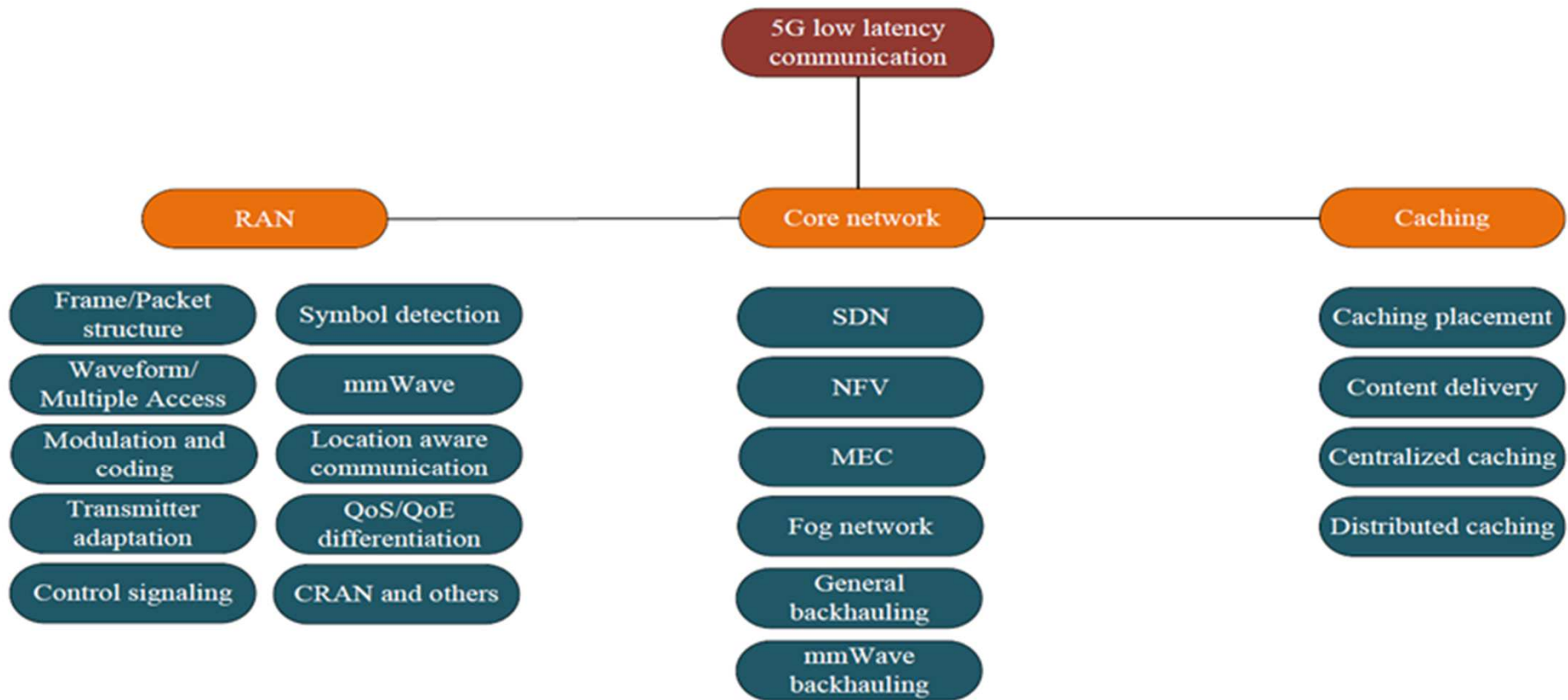


## E2E Latency Breakdown



Forrás: [https://5gmf.jp/wp/wp-content/uploads/2016/07/5GMF\\_WP101\\_All.pdf](https://5gmf.jp/wp/wp-content/uploads/2016/07/5GMF_WP101_All.pdf) Fig. 8.3-1

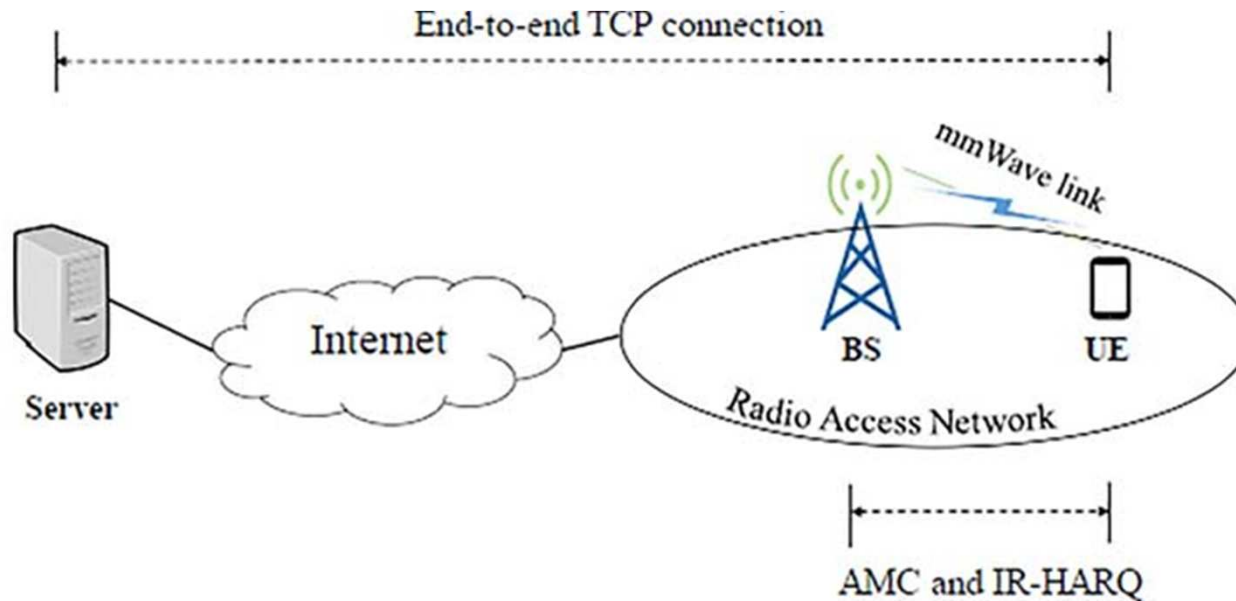
# HOW TO ACHIEVE ULTRA-LOW LATENCY IN 5G:



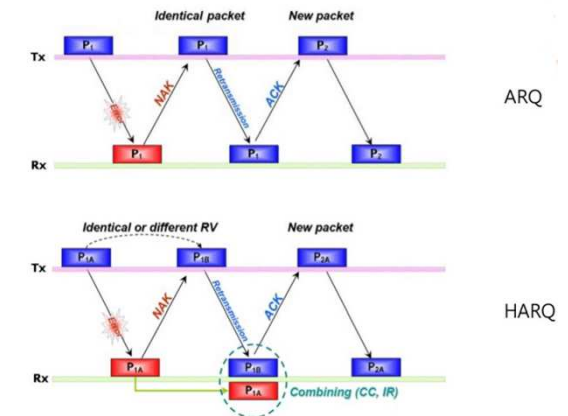
The source of the latency calculated from following equation:

$$T = T_{\text{Radio}} + T_{\text{Backhaul}} + T_{\text{Core}} + T_{\text{Transport}}$$

# MEGBÍZHATÓ TRANSZPORT HIBRID ARQ



## HARQ Principle



AMC: adaptive modulation and coding

HARQ: hybrid automatic repeat request

- TCP megbízható transzport – e2e késleltetés növekedése árán
- Rádiós interfész közreműködésével
  - adaptív moduláció és kódolás: BER csökkentése
  - sérült adatcsomagok újraküldése (pozitív és negatív nyugták)

Forrás: <https://www.edn.com/will-5g-be-reliable/>

- **Hatékony integráló platform**

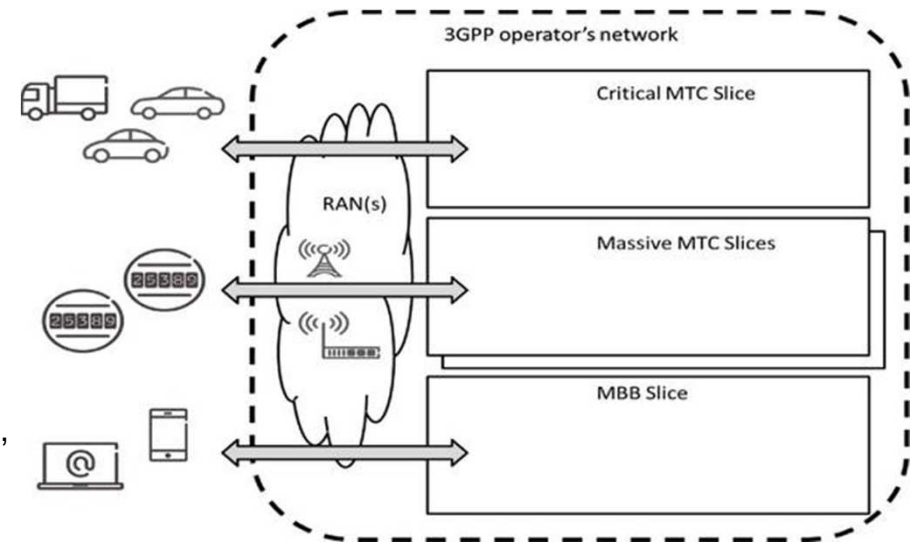
- nagyon különböző eszközök csatlakoztatása és szolgáltatások nyújtása egységes hálózati infrastruktúra felett (IP és nem IP adatforgalom, kis késleltetés, nagy kapcsolatsűrűség, energiahatékonyság és energiatakarékosság, stb.)
- a különböző alkalmazási, szolgáltatási sajátosságokhoz illeszkedő hatékony megoldások szükségesek

- **Hálózatszeletelés (Network Slicing)**

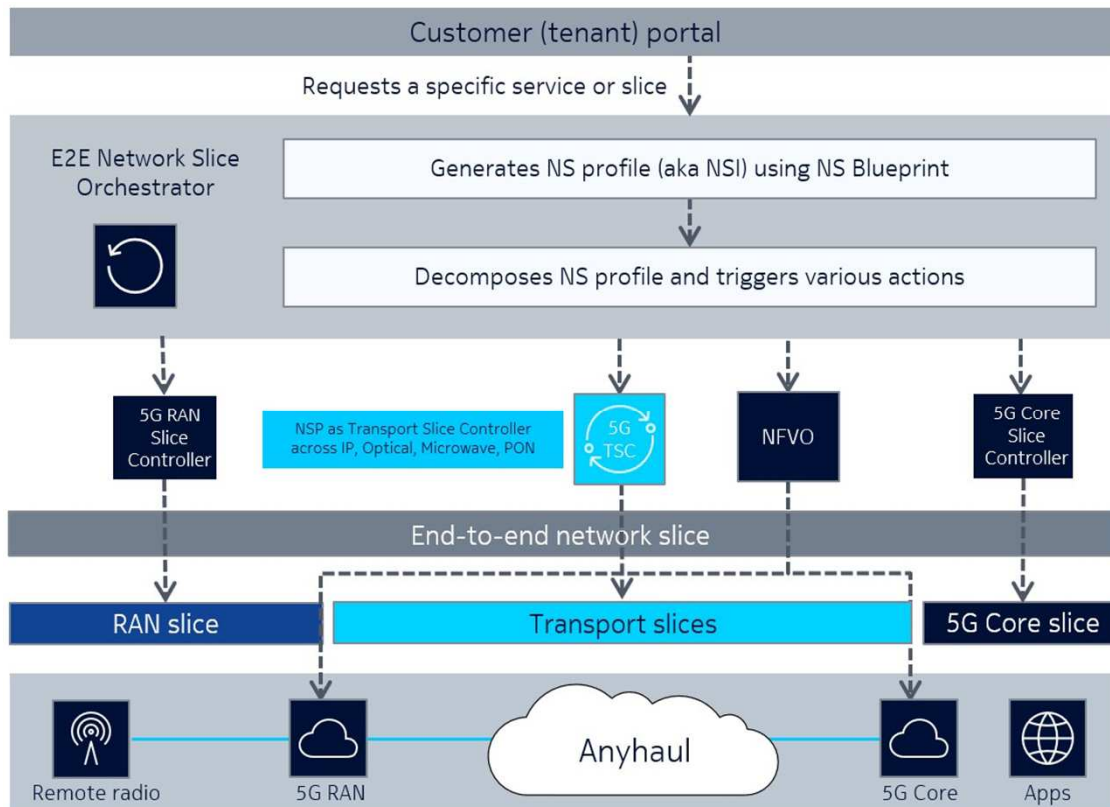
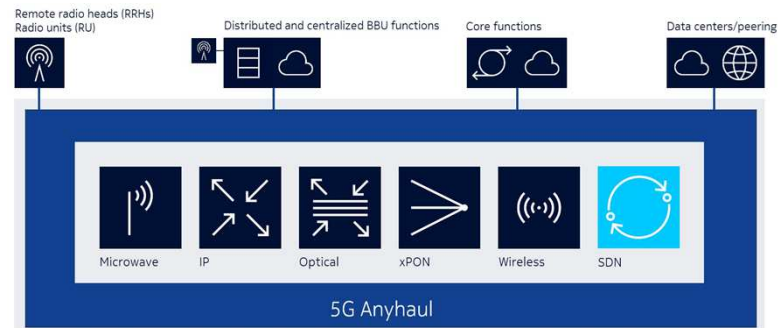
- különböző alkalmazásokhoz, illeszkedő hálózati szegmensek kialakítása adott hálózati infrastruktúra felett, ezeknek lehetnek
- funkcionális különbségeik (prioritás, policy, biztonság),
- teljesítménybeli különbségeik (adatsebesség, rendelkezésreállítás, QoS)
- egy hálózatszelet teljes hálózati funkciókat (RAN Core) nyújthat
- a szolgáltató kontrollálja, hogy mely eszköz (előfizetés) mely hálózatszelthez kapcsolódhat
- (LINP: a logically isolated network partition)

- **Többféle mobilitásmenedzsment támogatása (jelzésforgalom csökkentésére), a szolgáltatáshoz igénybevett mobil készülék lehet**

- a teljes élettartama során helyhez kötött (pl. beépített szenzor)
- működési ideje alatt helyhez kötött, de hordozható (fix hozzáférés)
- teljesen mobil

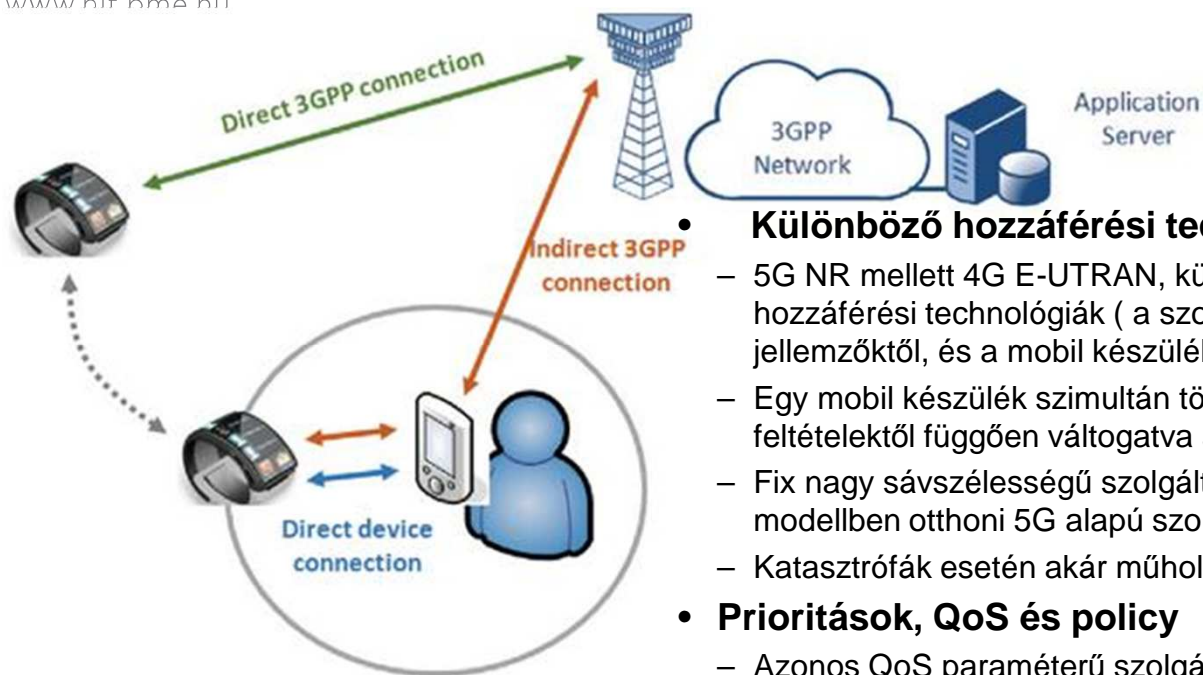


# NOKIA NETWORK SLICING



## Forrás: 5G network slicing: From promising technology to powerful business enabler

[https://www.nokia.com/blog/promising-technology-powerful-business-enabler/?did=d00000001c6&utm\\_source=nurture&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=5g\\_anyhaul&utm\\_content=email3\\_ip\\_blog&utm\\_term=anyhaul-nurture-program&mkt\\_tok=eyJpIjoiTURjeVIURmtPRFI6WW1FNCIsInQiOiJtczFEQitzbnVDMUZvb2thZWlvcHdORU1rXC81cnNTMG13QitwMFQxVWEwV3hLaGdmcGdlblwvcng3ZUhRMmpwM1A5dVdSVzNadVc2Z284VjdcL3A1YXh0NHVZTFN4WHNOMEs2Y1JZXC9RRm9PaVwvZlNNbWpLSzNQbUtiVGVtdUxnQUR6In0%3D](https://www.nokia.com/blog/promising-technology-powerful-business-enabler/?did=d00000001c6&utm_source=nurture&utm_medium=email&utm_campaign=5g_anyhaul&utm_content=email3_ip_blog&utm_term=anyhaul-nurture-program&mkt_tok=eyJpIjoiTURjeVIURmtPRFI6WW1FNCIsInQiOiJtczFEQitzbnVDMUZvb2thZWlvcHdORU1rXC81cnNTMG13QitwMFQxVWEwV3hLaGdmcGdlblwvcng3ZUhRMmpwM1A5dVdSVzNadVc2Z284VjdcL3A1YXh0NHVZTFN4WHNOMEs2Y1JZXC9RRm9PaVwvZlNNbWpLSzNQbUtiVGVtdUxnQUR6In0%3D)

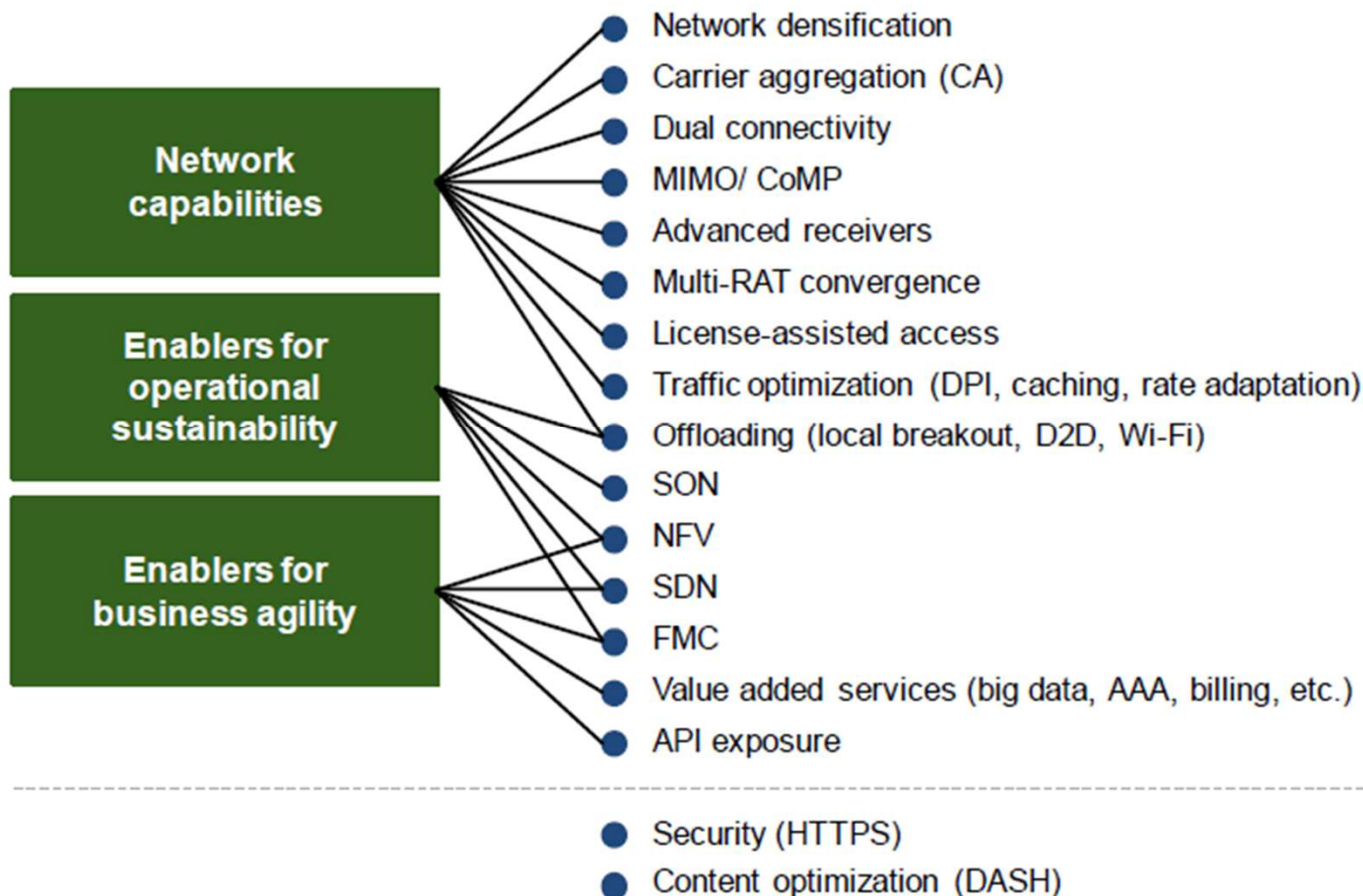


- **Különböző hozzáférési technológiák**
  - 5G NR mellett 4G E-UTRAN, különböző nem 3GPP szabvány szerinti hozzáférési technológiák ( a szolgáltatás, a forgalom jellemzőitől, a rádiós jellemzőktől, és a mobil készülék mozgási sebességétől függően)
  - Egy mobil készülék szimultán több hozzáférési technológiát is használhat, a feltételektől függően váltogatva azokat
  - Fix nagy sávszélességű szolgáltatás támogatása és/vagy femtocellás modellben otthoni 5G alapú szolgáltatás
  - Katasztrófák esetén akár műholdas kapcsolatokra alapozott szolgáltatások is
- **Prioritások, QoS és policy**
  - Azonos QoS paraméterű szolgáltatások megkülönböztetése (pl. segélyhívás elsőbbsége a beszédszolgáltatásokon belül) prioritizálás alapján
  - E2e szemléletű QoS támogatása (RAN, backhaul, mobile core, hálózatok összekapcsolása)
- **Különböző kapcsolatmodellek**
  - Közvetlen és közvetett hálózati kapcsolódás (ábra)
- **Hálózati képességek hozzáférhetővé tétele, felhasználási és végkészülék-jellemzők figyelembe vétele**
  - Harmadik oldali alkalmazás szolgáltatók támogatása (pl. hálózati szelet testreszabása, alkalmazások menedzselése service hosting környezetben, stb.)
- **Rugalmas broadcast és multicast szolgáltatások**
  - Területi alapon, vagy a bázisállomások egy kiválasztott csoportja alapján
  - Videó tartalom-szolgáltatások, szoftverletöltések/frissítések, csoportos valós idejű kommunikáció támogatása
  - Broadcast/multicast IoT alkalmazások támogatása

- 5G alapú LAN támogatás: eszközök egy jól meghatározott halmazán belül Ethernet-jellegű adatkommunikáció támogatása
- Vertikális domének automatizálását támogató kommunikáció: különböző teljesítménykövetelmények támogatása elkülönült, magántulajdonú hálózatokon
- Műholdas kapcsolatok integrálása: pl. mobil hálózatválasztás támogatása azonos műholdas hozzáféréssel rendelkező hálózatokra
- Üzenetszolgáltatás nagyszámú IoT eszköznek (eszközök közti, és/vagy eszköz-szerver kommunikációra)
- Helymeghatározás : 3GPP és nem 3GPP technológiák kombinált alkalmazásával
- IMS továbbfejlesztések: új valós idejű szolgáltatások támogatása (AR, VR)
- Központi azonosítók és hitelesítés (layer for centric identifiers and authentication ): a hálózati szolgáltató azonosítási szolgáltatást tudjon nyújtani akár külső partnereknek is

## Improvement dimension

## Current trends



Forrás: [https://www.ngmn.org/wp-content/uploads/NGMN\\_5G\\_White\\_Paper\\_V1\\_0.pdf](https://www.ngmn.org/wp-content/uploads/NGMN_5G_White_Paper_V1_0.pdf)



- eMBB: 100 Mbps felhasználónként, 10Mbps/m<sup>2</sup> forgalomsűrűség mellett (4G-hez képest 3x jobb spektrális hatékonyság), hatékony energia felhasználás és 500 km/h-s sebesség mellett
- mMTC: 1 000 000 berendezés/m<sup>2</sup> kapcsolatsűrűség
- URLLC: 1 ms késleltetés 99,999% adatmegbízhatóság (10<sup>-5</sup> csomagvesztés) mellett
- szolgáltatásoktól és alkalmazásoktól függően nagyon eltérő képességek szükségesek
- előre még nem látható szolgáltatásokhoz rugalmasan alakítható megoldások
- a rendelkezésre álló rádiós spektrumra alapozottan
- hatékony energiafelhasználás mellett
- gazdaságosan

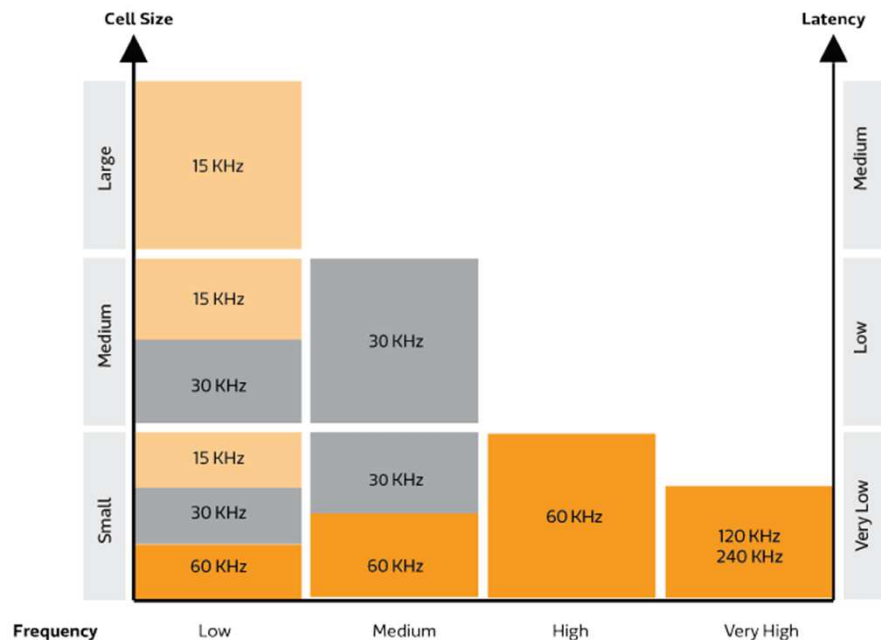


Figure 14: Numerologies versus frequency versus cell size

Forrás: <http://www.u5gig.ae/MediaTek-5G-NR-White-Paper-PDF5GNRWP.pdf>

### • Csatornakódolás és moduláció

- LDPC
- Adategység: transpor block CRC-vel (CRC 16 bit, vagy 24 bit ha TB>3824 bit)
- inkrementális redundancia hibrid ARQ alapon
- QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM

### • Ütemezés és hibrid ARQ

- mindkét irányban vezérlőcsatorna
- az LTE-től eltérően szimmetrikus képességek uplink és downlink irányban
- időtartománybeli rugalmasság az adatküldésre és a nyugták

### • Fizikai rétegszerkezet:

- LTE-hez hasonlóan 10ms-os keretek 10x1ms-os alkeretekkel, de az LTE-től eltérő módon nincs fix 15 kHz-es SCS (Sub-Carrier Spacing)
- Skálázható numerológia különböző szolgáltatásokra és vivőfrekvenciákra

### • Felkapcsolódás és mobilitás

- 1008 cellaazonosító
- LTE-hez hasonló kétlépéses csatlakozás elsődleges (PSS) és másodlagos (SSS) szinkronizációs jel alapján (időszinkron szimbólum és időrés szinten, frekvenciaszinkron)
- gNB választás SSB vagy CSI-RS (Channel State Information Reference Signal) vett jelszint mérése alapján
- kezelésére

### • MiMO

- Céljai: a 6GHz feletti spektrum terjedési jellemezőinek ellensúlyozása és a spektrális hatékonyság javítása

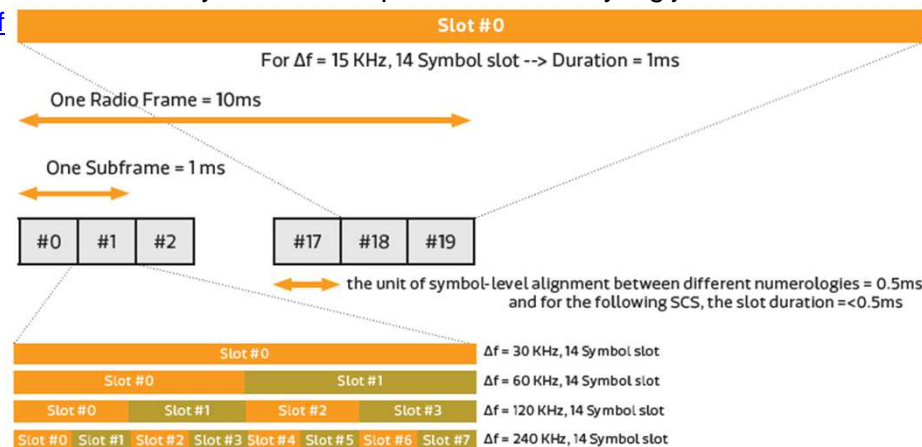
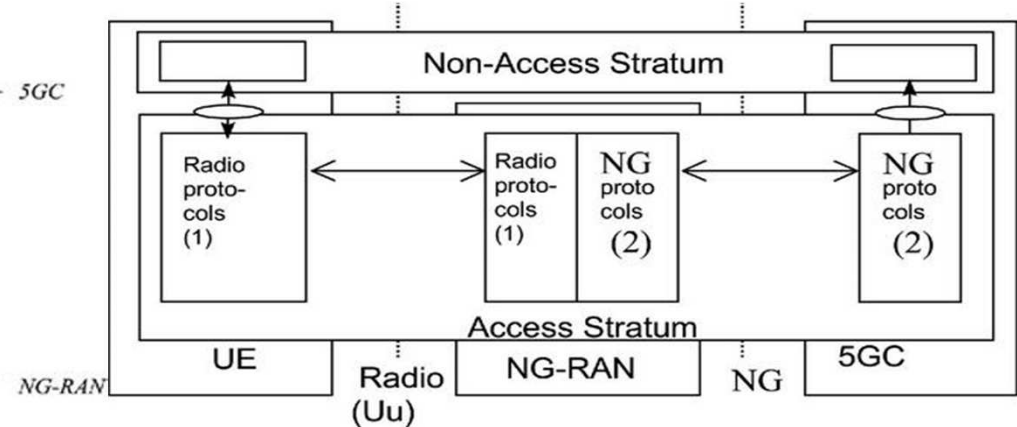
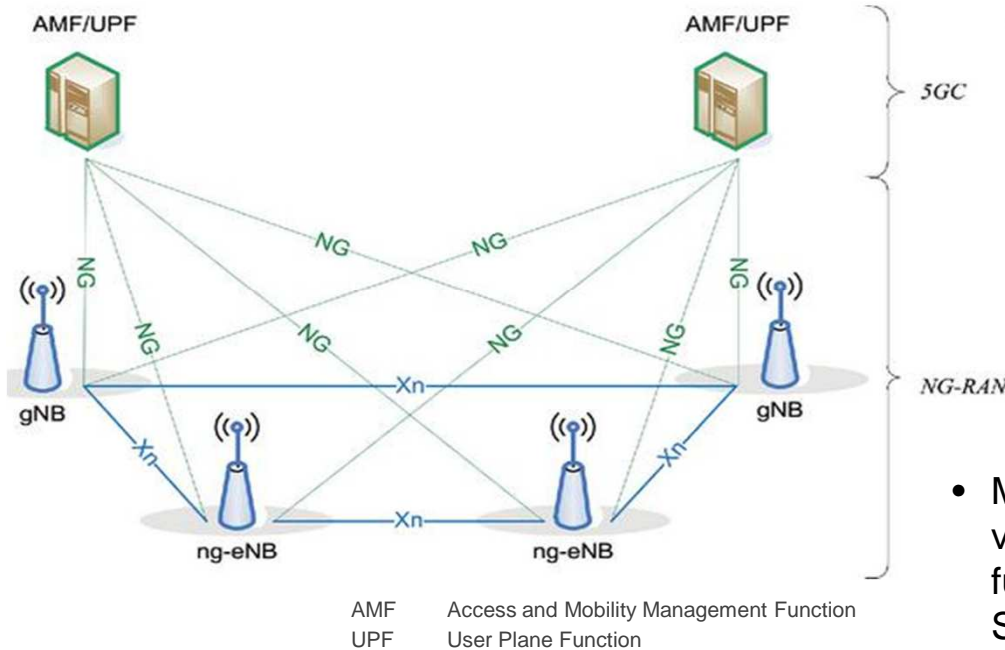


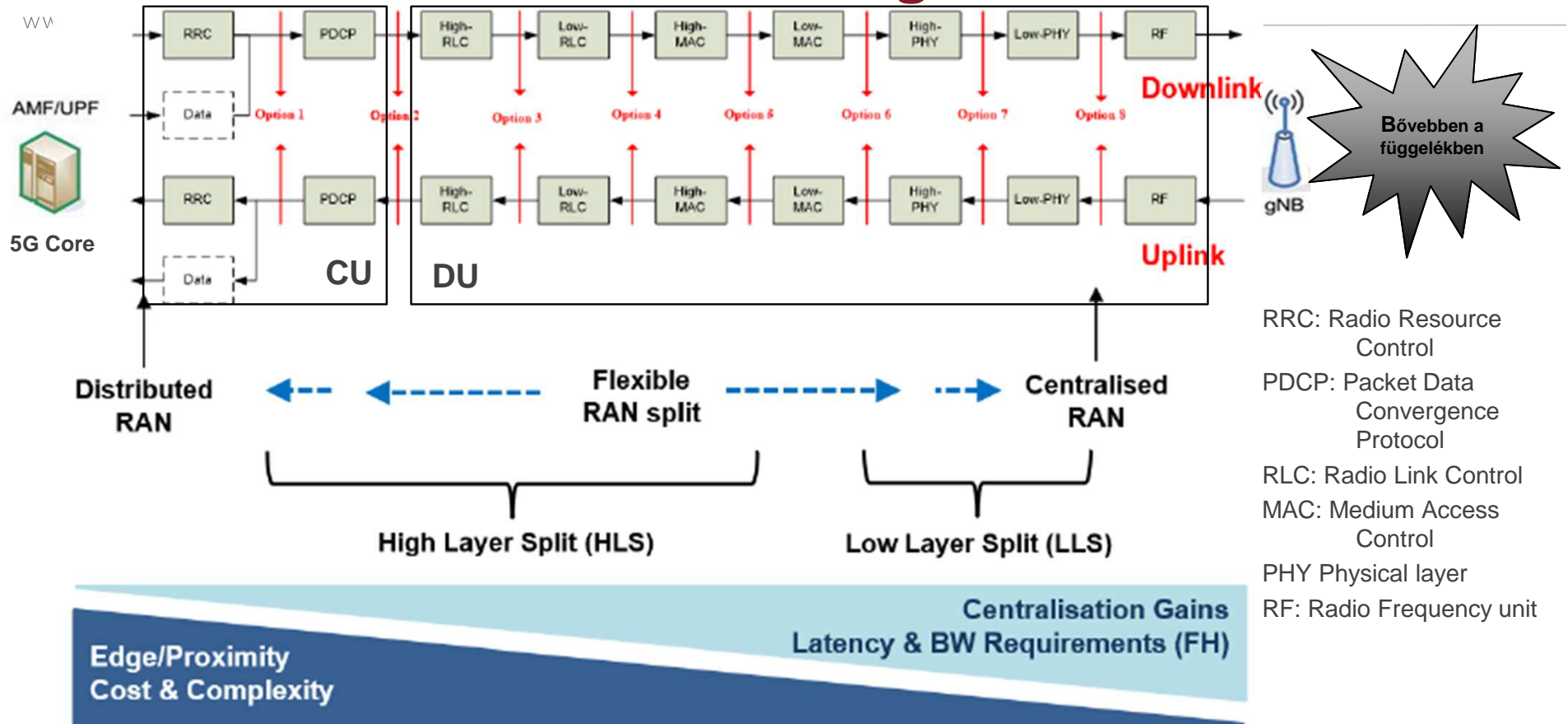
Figure 15: Frame, Subframe and Slot Structure

# NG RAN ARCHITEKTÚRA

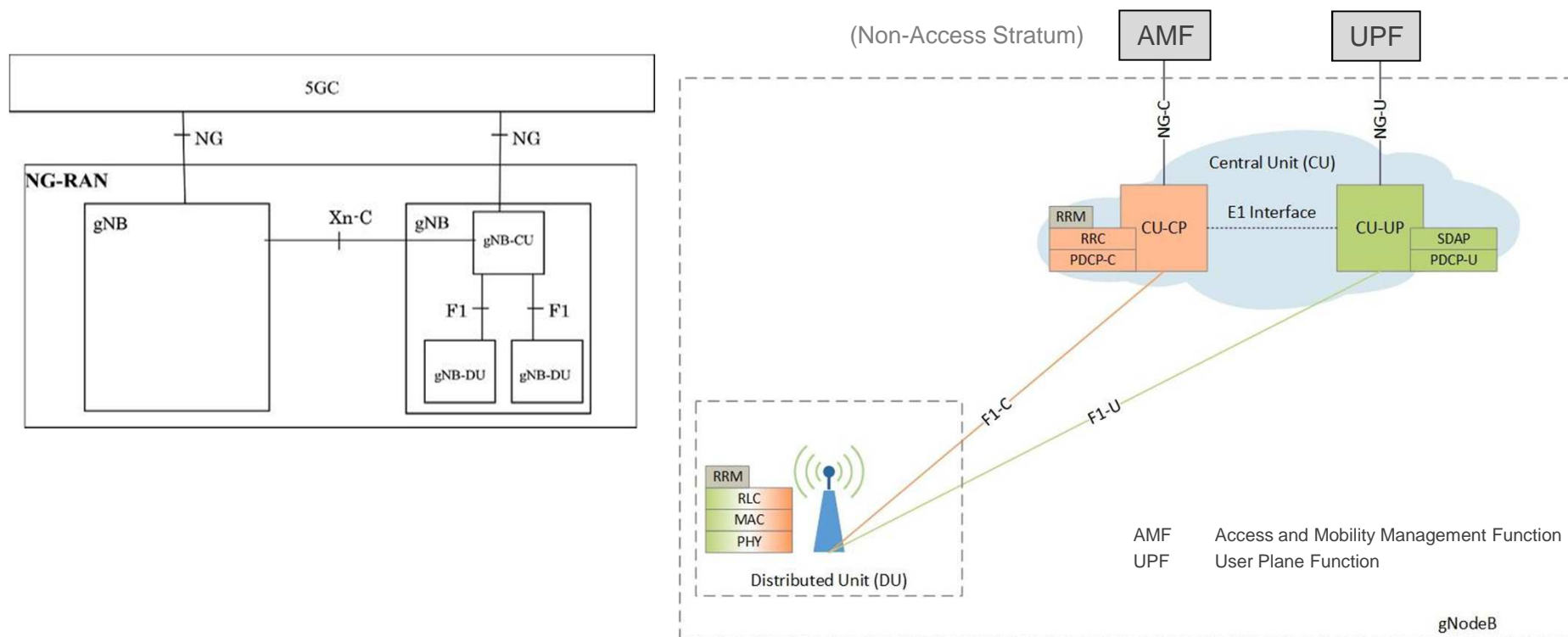


- 5G architektúra: NG RAN gNG (5G bázisállomás) és 5G Core
- az NG RAN-ban lehetnek ng-eNB-k (LTE bázisállomások), LTE/E-UTRAN szolgáltatások nyújtására (ennek az LTE -> 5G migráció során van szerepe)
- Az NB-k között Xn interfészek, az NB-k és az 5G Core funkciók között NG interfészek biztosítanak kapcsolatot

- Mind a felhasználói sík (User Plane), mind a vezérlési sík (Control Plane) architektúrája két funkcionális rétegből (Access és non Access Stratum) áll
- Az előbbi elsősorban a mobil végkészülék és a bázisállomás, az utóbbi a mobil végkészülék és a mobil maghálózati funkciók kapcsolatát biztosítja
- Az NG RAN architektúra két működési módja
  - “Stand-Alone” (SA): gNB-5G Core
  - Non-Stand-Alone” (NSA): NR és LTE integrációja, EPC (4G Core, LTE interfészek), kettős kapcsolódást biztosít a mobil végkészüléknek
  - A Dual Connectivity (DC) változatban egy Master Node (MN) és egy Secondary Node (SN) is biztosít rádiós erőforrásokat a mobil végkészüléknek



- Az LTE monolitikus eNB-jére épülő egyszerű felépítésű RAN-jával szemben az NG RAN-ban a gNB (logikai csomóponti) funkciókat megvalósító központi (Central Unit - CU) és elosztott (Distributed Unit - DU) egységek számos előnnyel szolgálnak (Split Option 2: CU: RRC+PDCP, DU: RLC+MAC+PHY)
  - Rugalmas HW implementációk költséghatékonysága
  - Teljesítménye, terhelési és valós idejű jellemzők koordinált kezelése, adaptálás különböző alkalmazási esetekre (pl. alacsony késleltetés)
  - Virtualizálás (skálázási és hibatűrési megfontolásokat is figyelembe véve)



Forrás: [https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2019/07/5G-PPP-5G-Architecture-White-Paper\\_v3.0\\_PublicConsultation.pdf](https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2019/07/5G-PPP-5G-Architecture-White-Paper_v3.0_PublicConsultation.pdf)

- Egy gNB egy gNB\_CU-t és akár több gNB-DU-t tartalmazhat, a 3GPP szabványban ez egy, de a hibatűrést javító több csatlakoztatás sem kizárt, ezek számát csak a megvalósítás korlátozza
- Egy gNB-DU egy vagy több cellát is kiszolgálhat
- A gNB belső szerkezete sem más gNB-k, sem a Core számára nem látható
- Az F1 interfész szétválasztja a rádiós és transzport réteget, jelzéseket (a mobil végkészülék és más hálózatelemek számára) és adatot is továbbít, ennek megfelelően F1-C és F1-U funkciói vannak

## F1-C (Control Plane) funkciók

- F1 Interface Management Func.: beállítás, konfiguráció módosítása, hibajelzés, reset
- System Information Management Func.: rendszerinformációk ütemezése és terjesztése (broadcasting),
- F1 UE Context Management Func.: létrehozás, szükség esetén módosítás, gNB-CU kezdeményezi, gNB-DU elfogadja vagy elutasítja a híváskezelés (CAC) alapján
- RRC Message Transfer Func.: gNB-CU és gNB-DU közti RRC üzenetek továbbítása

## F1-U (User Plane) funkciók

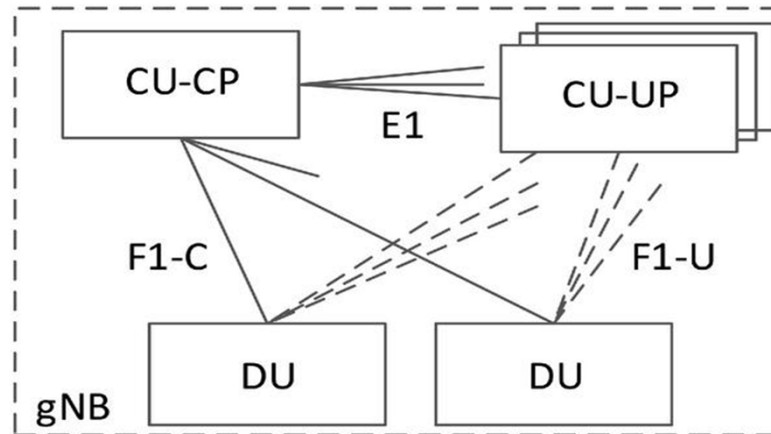
- Transfer of User Data
- Flow Control Func.: rendszerinformációk ütemezése és terjesztése (broadcasting),

A **CU-DU megosztás alapján**, attól függően, hogy a mozgó mobil végkészülék kiszolgálása során milyen kapcsolódás megváltoztatása szükséges, **több mobilitási eset kezelésének támogatását kell biztosítani**

- Inter-gNB-DU Mobility: gNB-DU váltás az aktuális gNB-CU hatókörén belül
- Intra-gNB-DU Inter-cell Mobility: azonos gNB-DU által kiszolgált cellák közti váltás (UE Context Modification )
- EN-DC Mobility with Inter-gNB-DU Mobility using MCG SRB: gNB-DU-k közti váltás
- EN-DC Mobility with Inter-gNB-DU Mobility using SCG SRB: gNB-DU-k közti váltás

MCG SRB: Master Cell Group Signal Radio Bearer

SCG SRBM: Slave Cell Group Signal Radio Bearer



A RAN funkciók különböző alkalmazási változatoknak megfelelő optimális elhelyezésének támogatására a gNB-CU tovább osztható vezérlési (CP) és felhasználói (UP) részekre

- gNG-CU-CP és gNB-CU-UP közti interfész E1 (csak vezérlési sík)
- gNG-CU-CP: RRC és a PDCP vezérlési sík funkciói
- gNG-CU-UP: PDCP felhasználói sík funkciók és SDAP (Service Data Adaptation Protocol)

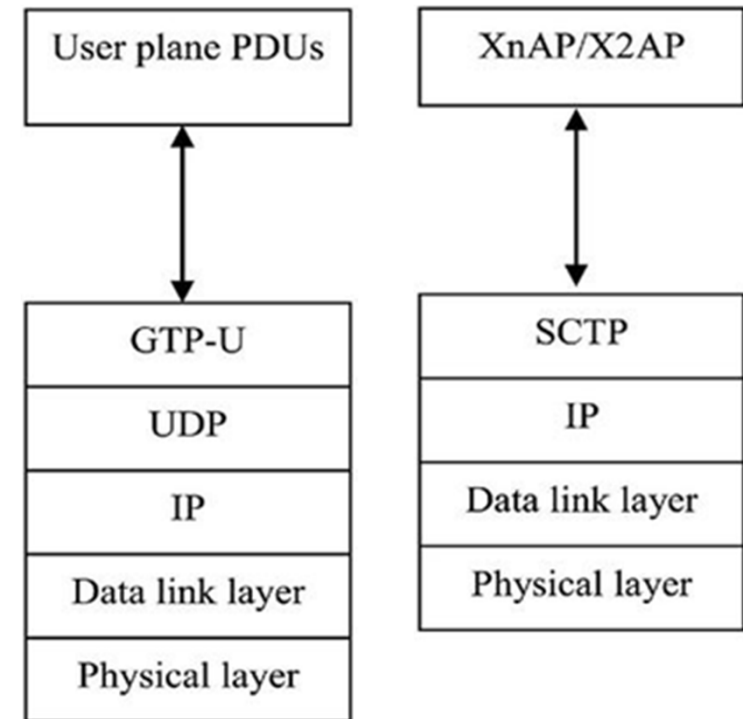
A gNB felépülhet egy gNG-CU-CP-ből és több gNG-CU-UP-ből, valamint több gNB-DU-ból

- egy gNB-DU több gNB-CU-UP-hez is kapcsolódhat, ha azok ugyanahhoz gNB-CU-CP-hez tartoznak
- egy gNB-UP több gNB-DU-t is kiszolgálhat

Az E1 interfész alapfunkciója (interfész menedzsment) mellett az E1 bearer context menedzsmentet is megvalósítja

## Xx interfész család

- az NG RAN csomópontok (horizontális) összekapcsolására szolgál: mobilitáskezeléshez (handover), többszörös kapcsolódáshoz (multi-connectivity), és önoptimalizáló (SON) hálózati funkciókhoz
- X2 eredetileg E-UTRAN csomópontok (LTE eNB-k) összekapcsolására
- Kiterjesztés a migráció (LTE->5G) során szükséges NR LTE integráció támogatására

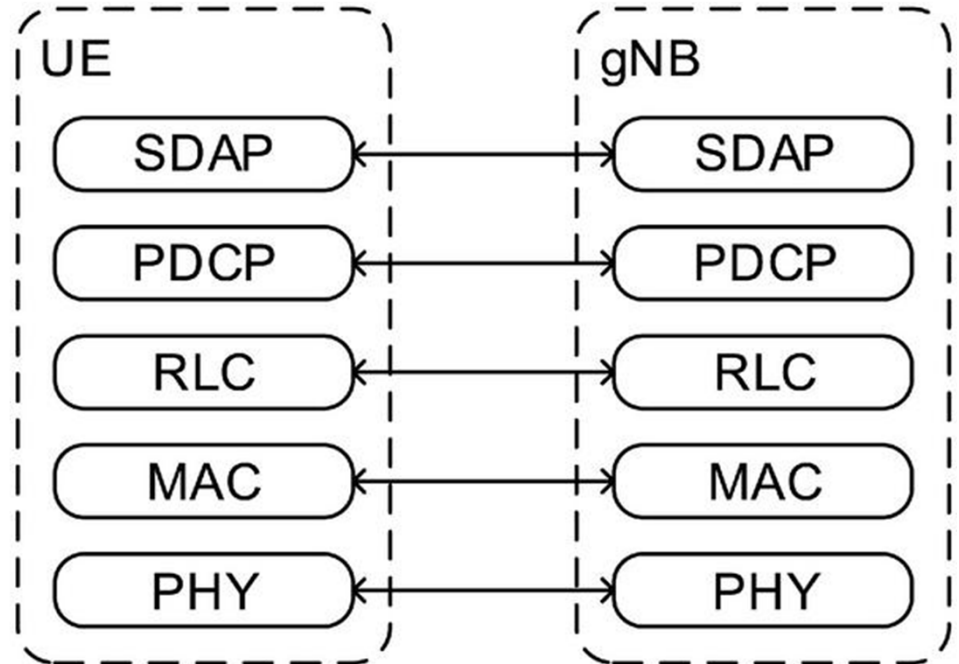


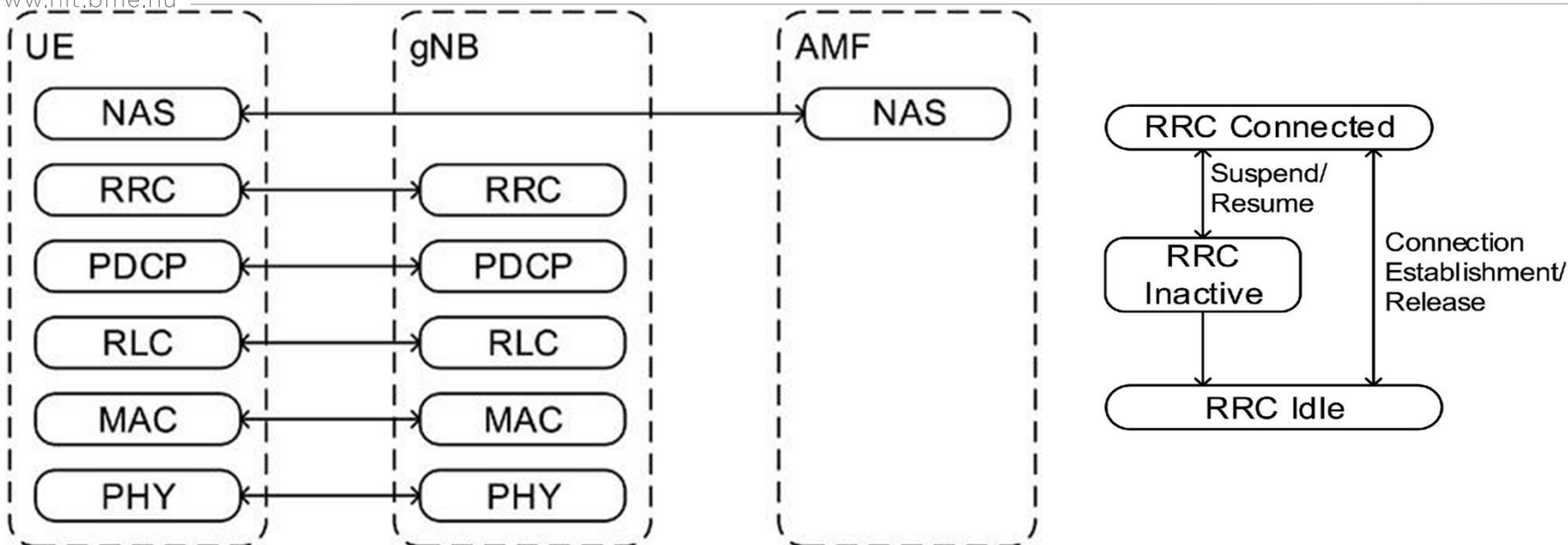
- Az Xn és X2 protokoll stack hasonló
- GTP-U: GPRS Tunneling Protocol: RAN-Core között felhasználói adatok szállítása (PDP contexenkénti IP alapú alagutak)
- SCTP: Stream Control Transmisison Protocol (RFC 4960): TCP-hez és UDP-hez hasonló képességek megbízható, sorrendhelyes átvitel, torlódásvezérléssel, de kétirányú kapcsolódást (multi-homing) is támogat



## NR rádiós interfész protokollok – User Plane

- Service data adaptation protocol (SDAP): új, folyam alapú QoS modell támogatása
- Packet data convergence protocol (PDCP): fejléc tömörítése és visszaállítása ( RoHC (Robust Header Compression), biztonsági funkciók (titkosítás, integritásvédelem), ismétlés, másolatok felismerése,, sorrendezés, legjelentősebb újdonság az LTE-hez képest a többutas átvitel adattöbbszörözés alapú megvalósítása az URLLC alkalmazások megkövetelte alacsony adatvesztés támogatására
- Radio link control protocol (RLC): funkcióiban hasonló az LTE RLC-hez: szegmentálás a PDU méret és a rádiós erőforrások összhangjának megteremtésére, hibajavítás ARQ alapon, eltérés az LTE-től az RLC SDU-k (Service Data Unit) összekapcsolásának hiánya (hasonló funkció a NR MAC rétegben) *[PDU és RPL bővebben a függelékben]*
- Medium access control (MAC)

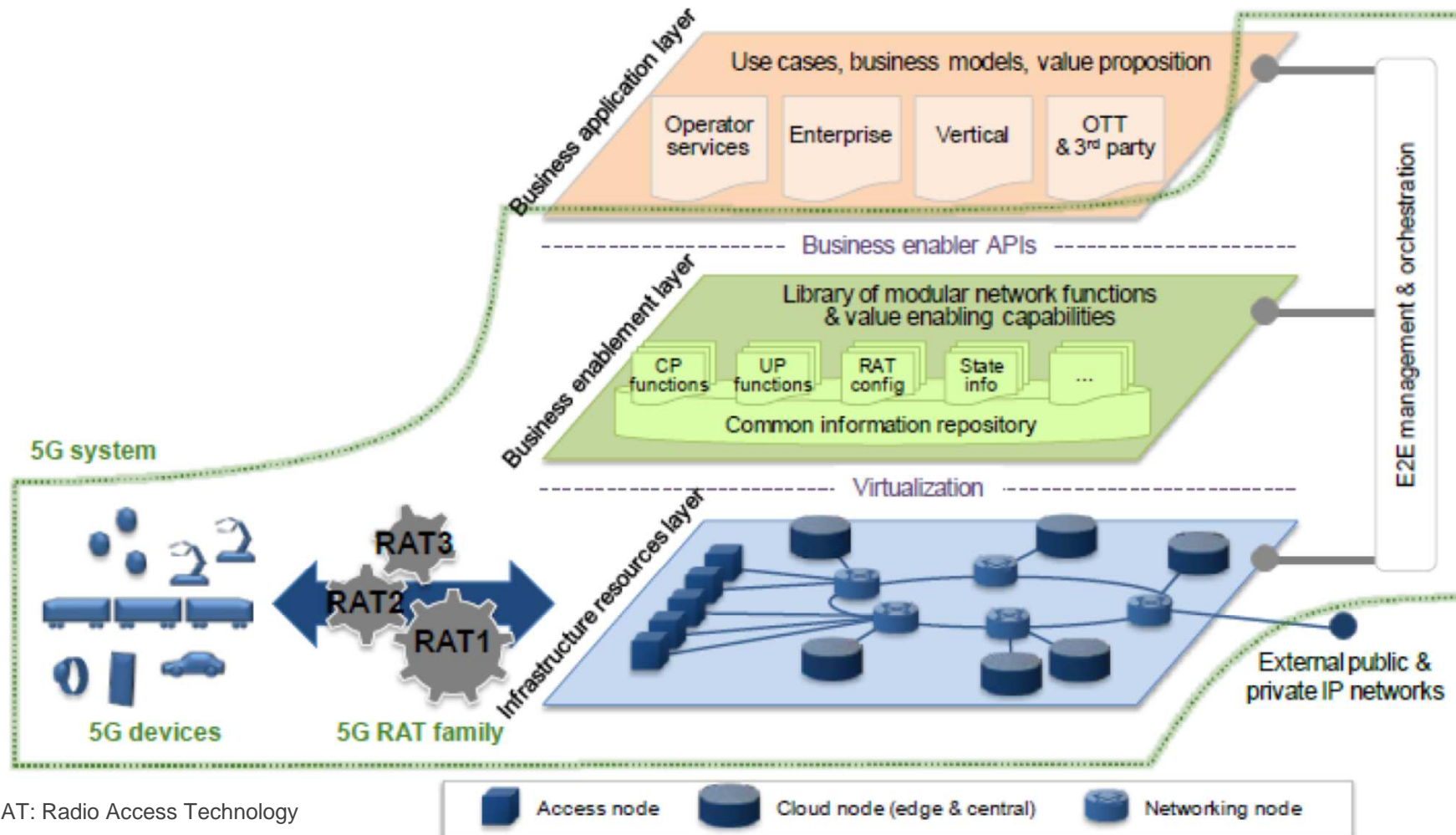




## NR rádiós interfész protokollok – Control Plane

- Non Access Stratum (NAS) protokollok a mobil végkészülék és a Core Access and Mobility Management Functions (AMF) között: regisztráció, autentikáció, helyinformáció frissítése, session menedzselése
- NR RRC (Radio Resource Control) háromállapotú modell alapján (Idle, Connected mellett Inactive is), ez utóbbi az energiatakarékosság támogatására : hasonló az Idle-hoz, de az UE context fennmarad, ezzel a a Connected állapotba átlépés gyorsabb, és kevesebb jelzésforgalommal jár
- További újdonság az LTE RRC-hez képest az igény szerinti rendszerinformáció kérésének lehetősége: a gyakori rendszerinformáció hirdetés mellett specifikus rendszerinformációkat is tud kérni a mobil végkészülék, valamint a mérési adatok szolgáltatásának a handoverek hatékonyabb támogatását szolgáló kiterjesztése

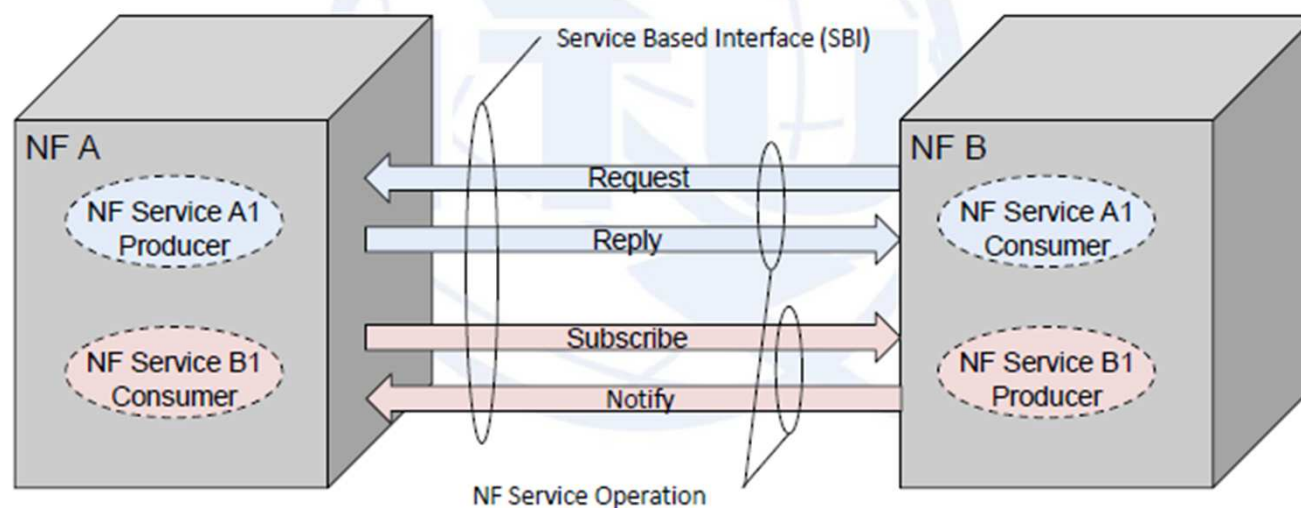
# 5G RENDSZERARCHITEKTÚRA 1/3



RAT: Radio Access Technology

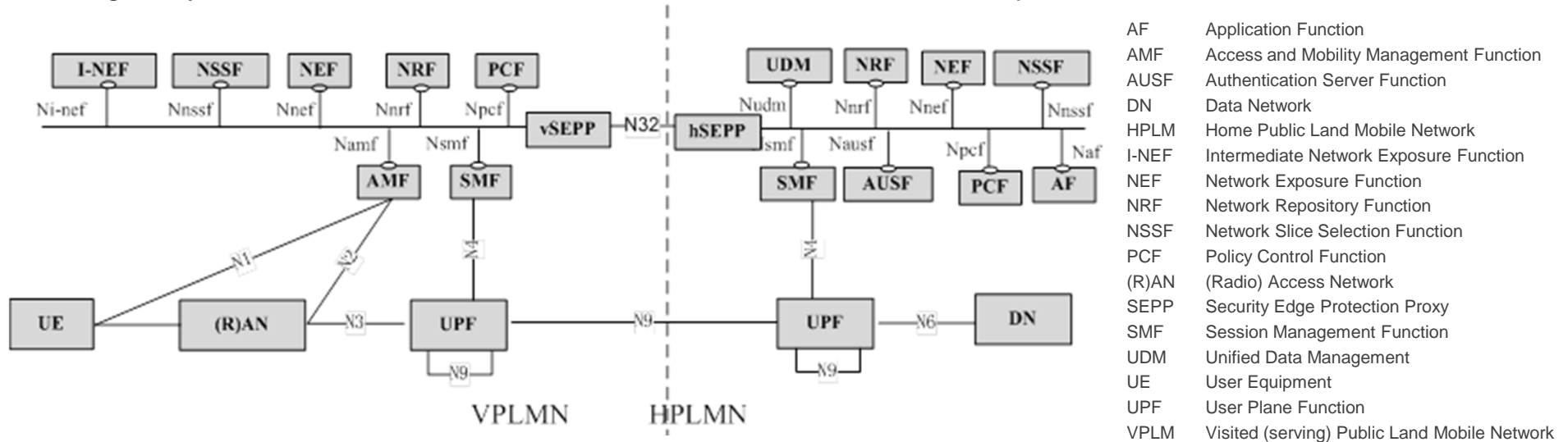
Forrás: [https://5g-monarch.eu/wp-content/uploads/2017/12/5G-MoNArch\\_761445\\_D2.1\\_Baseline\\_Architecture\\_and\\_Identified\\_Gaps\\_v1.0.pdf](https://5g-monarch.eu/wp-content/uploads/2017/12/5G-MoNArch_761445_D2.1_Baseline_Architecture_and_Identified_Gaps_v1.0.pdf) Fig. 2-1

- Az 5G rendszerarchitektúra szolgáltatás alapú, elemei hálózati funkciók (NF: Network Function),
- Ezek a hálózati funkciók szolgáltatásokat nyújtanak interfészekon keresztül minden olyan hálózati funkció számára, amelyek számára ezek használata engedélyezett :
- A hálózati funkciókat nyilvántartó Network Repository Function lehetővé teszi a hálózati funkciók által nyújtott szolgáltatások felderítését
- Ez az architekturális modell a modularitás, újrafelhasználás, a független megvalósíthatóság elveire épülve a legújabb virtualizálási és szoftvertechnológiai megoldások alkalmazását támogatja.



Forrás: <https://www.itu.int/en/ITU-T/Workshops-and-Seminars/201707/Documents/Joe-Wilke-%205G%20Network%20Architecture%20and%20FMC.pdf>

Roaming 5G System architecture - home routed scenario in service-based interface representation



Forrás: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3144> Fig. 4-2-4-3 pp.34

Az ábra az 5G szolgáltatás alapú architektúra alapján egy roaming esetet illusztrál helyi kilépéssel (local breakout)

- a mobil végkészülék (UE) közvetlenül az idegen hálózatból (VPLMN) kapcsolódik az adathálózathoz (DN)
- a kapcsolódáshoz szükséges előfizetői adatokat a honos hálózat (HPLMN) adatkezelő funkciója (UDM) nyújtja,
- a hitelesítési (AUSF) szolgáltatással és a mobil végkészülékre vonatkozó szabályokkal, policy információkkal (PCF) együtt
- a hálózati szelet választását (NSSF), a hozzáférés és mobilitás kezelését (AMF), az adatsession menedzselését (SMF) és a felhasználói sík funkcióit (UPF) az idegen hálózat biztosítja
- a két hálózat szétválasztására, érzékeny információinak és topológiájának elfedésére mindkét oldalon proxy (SEPP) funkció szolgál

Az architektúrában a vezérlési sík és felhasználói sík – a 3GPP 4G-hez hasonlóan – szeparált.

**Hálózati funkciók** (teljes funkcionális leírás és szolgáltatások: *3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; System architecture for the 5G System (5GS); Stage 2 (Release 16) 3GPP TS 23.501 V16.4.0 (2020-03)*  
<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3144> )

3GPP által befogadott vagy meghatározott feldolgozási funkció a hálózatban, meghatározott viselkedéssel és 3GPP által meghatározott interfésszel. Megvalósíthatja dedikált hw elem, dedikált hw elemen futó sw, vagy egy virtualizált funkció megfelelő platformon futó példánya

- **Application Function (AF)**

Főbb funkciók: a mobil szolgáltató által megbízhatónak minősített AF-ek együttműködhetnek a megfelelő hálózati funkciókkal, pl. a Policy Frameworkkel, az IMS-sel, ennek érdekében hozzáférhetnek a hálózat szolgáltatásait felderíthetővé tévő NEF-hez

Főbb szolgáltatások: hálózati funkciók felhasználói számára hozzáférés értesítésekhez különböző eseményekről

- **Access and Mobility Management Function (AMF)**

Főbb funkciók: regisztráció, kapcsolódás, elérhetőség, mobilitás támogatása, hozzáférési hitelesítés és jogosultság (hálózati szeletekre is), mobilitási események jelzése,

Főbb szolgáltatások: az AMF felhasználója számára hozzáférhetővé teszi a mobil végkészülék elérhetőségi, mobilitási jellemzőit, eseményeit

- **Authentication Server Function (AUSF)**

Főbb funkciók: hitelesítés támogatása (3GPP és nem 3GPP hozzáférésekhez)

Főbb szolgáltatások: hitelesítés, roaming információ biztosítása hálózati funkció számára, hálózatszeletekre is

- **Network Exposure Function (NEF)**

Főbb funkciók: hálózati képességek jellemzőinek és az eseményeket jelző értesítéseinek biztonságos elérhetősége pl. harmadik oldali alkalmazási funkciók, Edge Computing, stb. számára, adattárolás, adatszolgáltatás strukturált, szabványos formában (Nurd interfész) az UDR-re alapozottan, belső és külső alkalmazási funkciók biztonságos információ szolgáltatása a 3GPP hálózat számára (pl. mobil végkészülék nem várt viselkedése, 5GLAN csoportinformáció, szolgáltatás specifikus információk), ennek során azonosíthatja, hitelesítheti, és szüksége esetén elfojthatja az alkalmazási funkciót, külső-belső információk fordítása (mediáció), a hálózat és a felhasználó érzékeny információinak elfedése a külső alkalmazási funkciók előtt a policy alapján, információkat kap hálózati funkcióktól, tárolja és szolgáltatja azokat (az UDF közreműködésével) más hálózati funkciók számára, továbbá analitikák készítéséhez is felhasználja, különböző hálózati információkat szolgáltat (pl. Packet Flow Description (PDF) a Session Management Function (SMF) számára, az 5GLAN Group Management Function, Network Data Analytics Function (NWDAF) külső partnerek adatait is felhasználva).

Egy adott NEF példány ezen funkciók közül egyet vagy többet is támogat, és API-k egy részhalmazát is támogathatja a képességekre vonatkozó adatok és információk terjesztéséhez.

Főbb szolgáltatások: eseményeket jelző értesítések terjesztése, PDF menedzselésének támogatása, forgalomirányítás befolyásoló képesség, meghatározott QoS kérése a hálózattól egy hozzáférési tartománybeli (Access Stratum) session számára, támogatás a szolgáltatási API-k rendelkezésreállításának és elvárt szolgáltatási szintjének érzékelésére

- **Intermediate Network Exposure Function (I-NEF)**

Főbb funkciók: opcionális funkció, romaing esetén a hálózati funkciók és a NEF együttműködését biztosítja (beleértve számlázási és elszámolási információk biztosítását is)

Főbb szolgáltatások: romainggal kapcsolatos eseményeket jelző értesítések elérhetősége

- **Network Repository Function (NRF)**

Főbb funkciók: hálózati szolgáltatások felderítésének támogatása, információk szolgáltatása a hálózati funkcióknak és a Service Communication Proxy-nak, Proxy Call Session Control Function (IMS P-CSCF) felderítésének támogatása, az elérhető hálózati funkciók és szolgáltatásaik leírásának (profile) karbantartása, értesítések újonnan regisztrált vagy frissített hálózati funkciókról és szolgáltatásaikról

Főbb szolgáltatások:

- **Network Slice Selection Function (NSSF)**

Főbb funkciók: mobil végkészüléket kiszolgáló hálózati szelet(ek) kiválasztása, a kapcsolód információk meghatározása, mobil végkészülék számára hozzáférhető (engedélyezett) hálózati szeletek információinak kezelése, a hozzáférési és mobil végkészüléket kiszolgáló mobilitási funkciók (AMF) és szolgáltatásai kiválasztása

Főbb szolgáltatások: a hálózati szeletle vonatkozó információk elérhetővé tétele

- **Policy Control Function (PCF)**

Főbb funkciók: a hálózat egységes policy keretrendszerének támogatása, policy szabályok a vezérlési sík funkciói számára, hozzáfér a mindehhez szükséges előfizetői információkhoz az UDR-ben (Unified Data Repository)

Főbb szolgáltatások: policy-k a hozzáférés vezérléséhez, hálózatválasztáshoz, mobilitás menedzseléséhez, valamint a sessionok kezeléséhez, mobil végkészülékre vonatkozó policy-k menedzselése, működési területéhez kapcsolódó eseményeket jelző értesítések

- **Security Edge Protection Proxy (SEPP)**

Főbb funkciók: nem transzparens proxy funkció üzenetek szűrésére, topológia elrejtésére, Control Plane jelzések továbbítása a szolgáltatást nyújtó és felhasználó között

Főbb szolgáltatások: nem nyújt szolgáltatásokat



- **Session Management Function (SMF)**

Főbb funkciók: sessionök létrehozása, módosítása, bontása, beleértve User Plane Function (UPF) és az Access Network csomópont közti alagutat is, a mobil végkészülék IP címének kiosztása és menedzselése (DHCPv4 és DHCPv6 szerver és kliens), ARP-re válasz és proxy, IPv6 Neighbour Solicitation lokális cache alapján, forgalomfigyelés konfigurálása a megfelelő célhoz továbbításhoz, számlázási adatok gyűjtése és továbbítása, az UPF számlázási funkcióinak vezérlése és koordinálása, Session and Service Continuity (SSC) meghatározása a session számára, roaming, P-CSCF (IMS) felderítése, együttműködés külső adathálózatokkal PDU session azonosítására és hitelesítésére, az UPF és az NG-RAN utasítása redundáns átvitelre

Főbb szolgáltatások: PDU session menedzsment (a Policy Control Functiontól - PCF - kapott) a policy és számlázási szabályok alapján, PDU session eseményeket jelző értesítések hozzáférhetővé tétele a felhasználó hálózati funkciók számára, nem IP alapú adattovábbítás (Non-IP Data Delivery - NIDD) más hálózati funkciókhoz

- **Unified Data Management (UDM)**

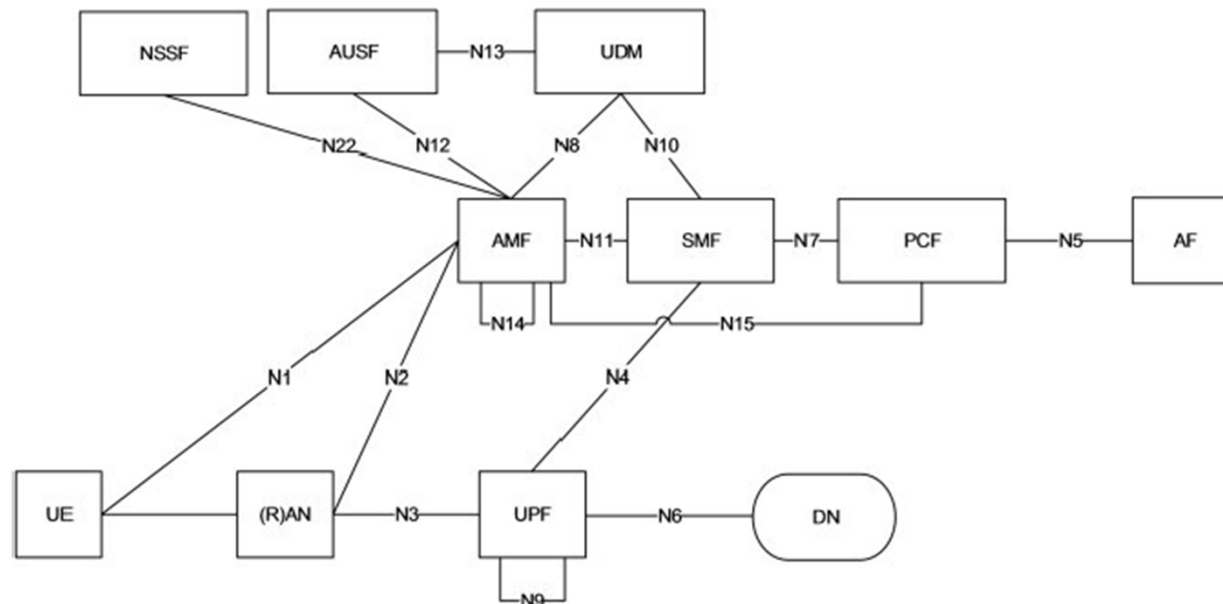
Főbb funkciók: hitelesítési és kulcs megállapítási bizonyítványok létrehozása, felhasználói azonosítás kezelése, hozzáférési jogosultság ellenőrzése előfizetői adatok (pl. roaming korlátozás) alapján, a mobil végkészüléket kiszolgáló hálózati funkciók regisztrációjának menedzselése (pl. kiszolgáló AMF, PDU session kiszolgáló SMF), szolgáltatás/session folytonosságának (SSC) támogatása, előfizetés menedzselése, külső paraméterek (pl. mobil végkészülék várható viselkedése, hálózati konfigurációs paraméterek) megadásának támogatása

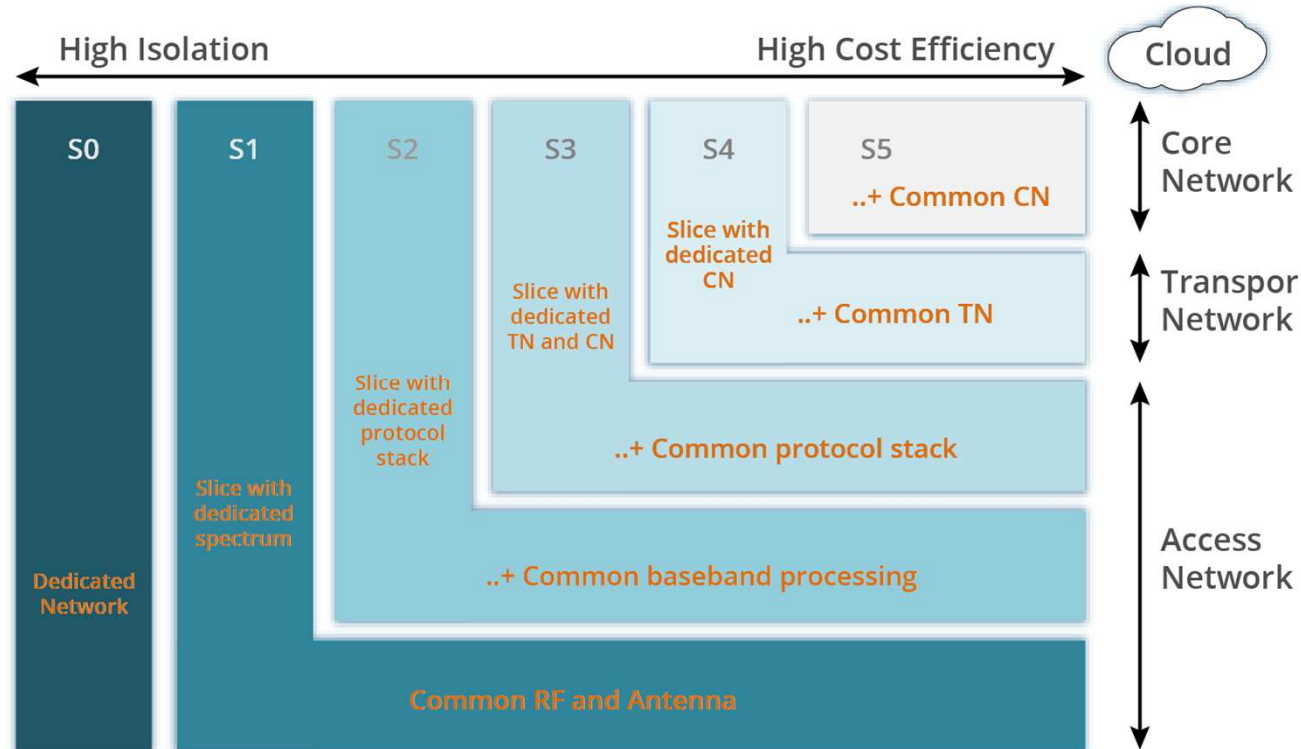
Főbb szolgáltatások: a mobil végkészülékre vonatkozó adatok szolgáltatása (pl. kiszolgáló hálózati funkciók azonosítói, végkészülék státusza), az információkhoz hozzáférés regisztrálása és lemondása, mobil végkészülék kontextusval kapcsolatos információk frissítésének kezelése, előfizetői adatok szolgáltatása, hitelesítési folyamat eredményének fogadása, eseményekről rendszeres értesítésekre vonatkozó kérések kezelése

- User Plane Function (UPF)

Főbb funkciók: (rádiós technológián belüli és technológiák közötti) mobilitási horgonypont, mobil végkészülék IP címének kiosztása SMF kérés hatására, a PDU session belső csatlakoztatási pontja az adathálózathoz, útvonalválasztás és csomagtovábbítás, elágazási pont a két irányban (multi-homed) csatlakoztatott PDU session számára, adatcsomagok útvonalválasztása és továbbítása, adatcsomagok vizsgálata (pl. alkalmazás detektálására), közreműködés a policy szabályok érvényesítésében, User Plane (UP) QoS funkciók (uplink és downlink - UL/D -L adási sebesség, reflektív QoS-hez adatcsomagok megjelölése DL-en), UL forgalom vizsgálata (Service Data Flow QoS Flow-hoz rendelése), csomagok jelölése (QoS marking) UL-en és DL-en, adatcsomag duplikálása DL irányban, duplikált csomagok felismerése és eltávolítása UL irányban (GTP-U rétegben)

Főbb szolgáltatások: nem nyújt szolgáltatásokat

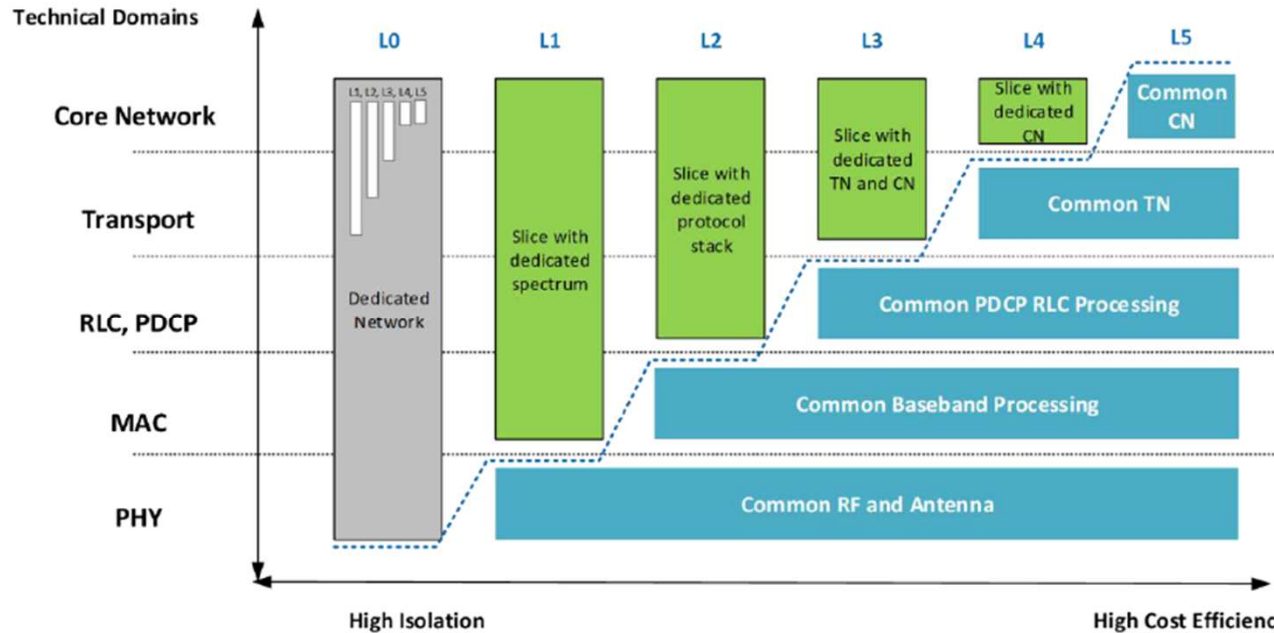




Az ábra forrása: <http://www.hit.bme.hu/~jakab/edu/litr/5G/gsa-5g-network-slicing-for-vertical-industries.pdf>

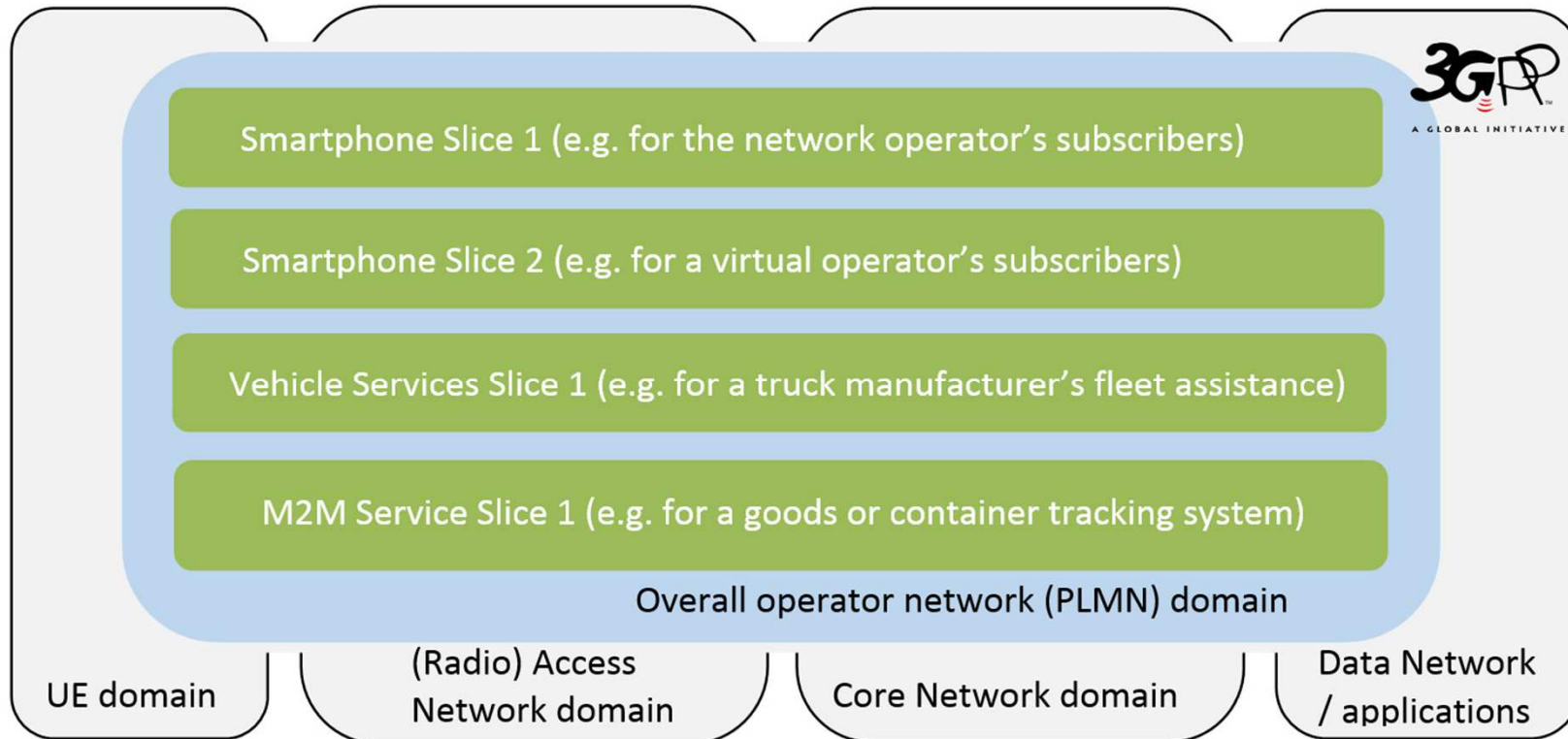
<https://gsacom.com/paper/5g-network-slicing-vertical-industries/>

- A hagyományos hálózatok fizikai csomópontokra épülve monolitikus szerkezetűek, statikusan konfigurálva minden felhasználó számára ugyanahhoz a szolgáltatási portfólióhoz biztosítva hozzáférést.
- A hálózatszeletelési (slicing) koncepció lényege, hogy logikailag elkülönített hálózatok hozhatók létre a különböző hálózati szeletekhez rendelt hálózati elemek révén.
- A hálózativirtualizálási (NFV) és a szoftver alapú hálózati (SDN) technikákra alapozottan, valamint a NR rádiós interfész képességeinek köszönhetően adott hálózati infrastruktúra felett dinamikus kialakíthatók és üzemeltethetők szeparált logikai hálózatok



Az ábra forrása: <https://www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2018/07/Network-Slicing-Use-Case-Requirements-fixed.pdf>

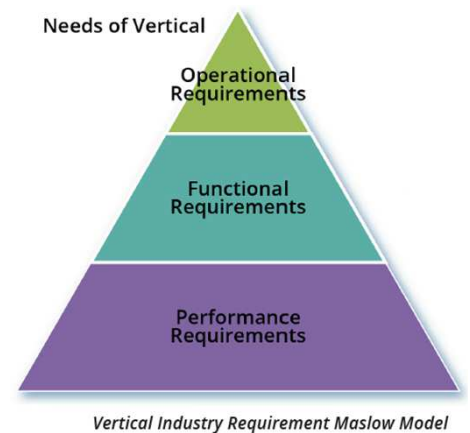
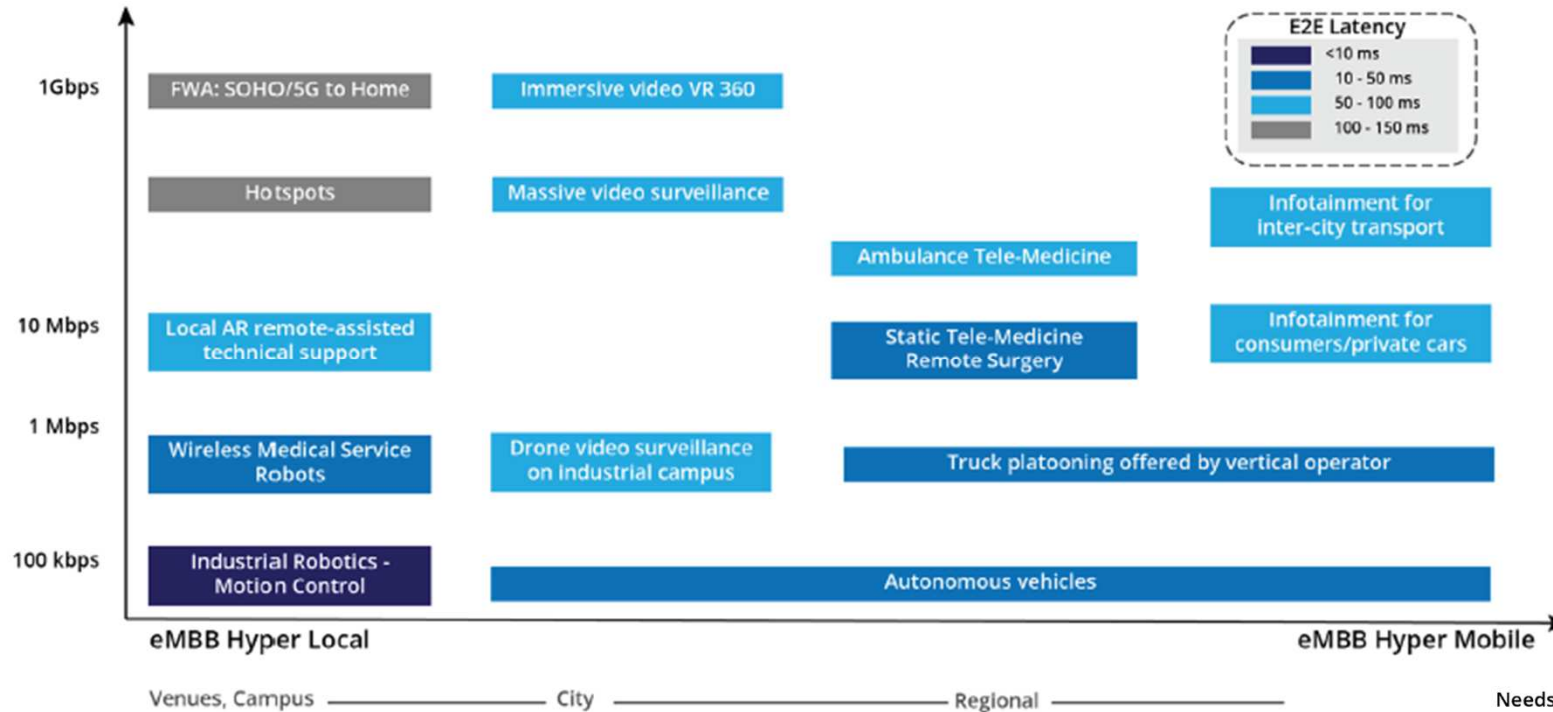
- Az elkülönítés mértékétől és jellegétől (mi dedikált és mi közös erőforrás) eltérő képességű, alkalmazási körű és költséghatékonyságú megoldások alakíthatók ki.
- A hálózati szelet (Network Slice) a 3GPP által meghatározott tulajdonságok és képességek együttes készlete, amely meghatároz a teljes funkcionalitású mobil hálózatot (PLMN).



### Négy hálózati szelet egy hálózati infrastruktúra felett

- Az okostelefonok számára létrehozott két hálózati szelet (Slice 1, 2) azt illusztrálja, hogy több azonos képességekkel és tulajdonságokkal rendelkező, azonos szolgáltatást nyújtó hozható létre elkülönült felhasználói csoportok számára
- A két másik hálózati szelet a képességek, tulajdonságok és szolgáltatások különbözőségét biztosító példa
- Az M2M szelet például energiatakarékossági képességekkel is rendelkező szolgáltatásokat nyújthat (IoT szenzorok), amelyek más alkalmazások számára elfogadhatatlan késleltetést eredményezhetnek

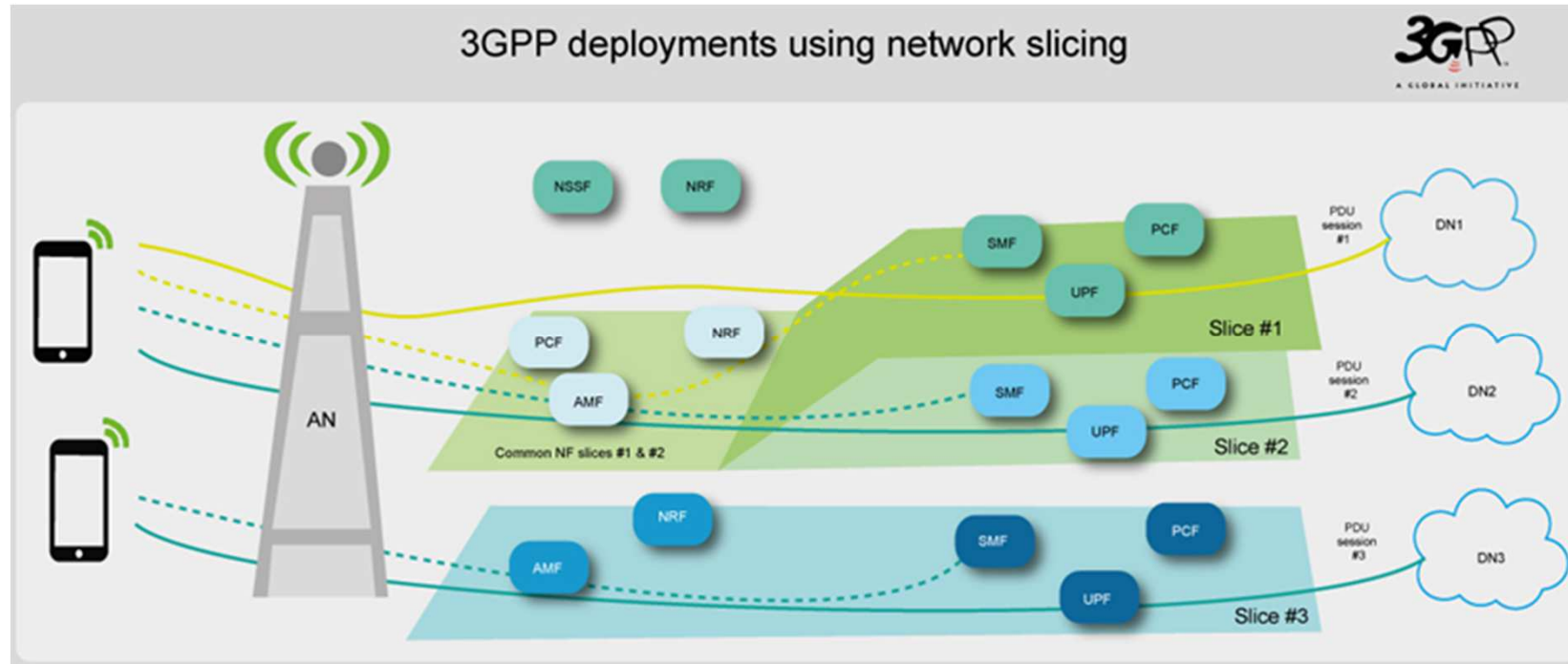
A hálózati szeletek az 5G szolgáltatás alapú architektúrán rugalmasan alakíthatók ki, és dinamikusan módosíthatók a szoftver alapú hálózatműködésnek köszönhetően.



### Követelmények

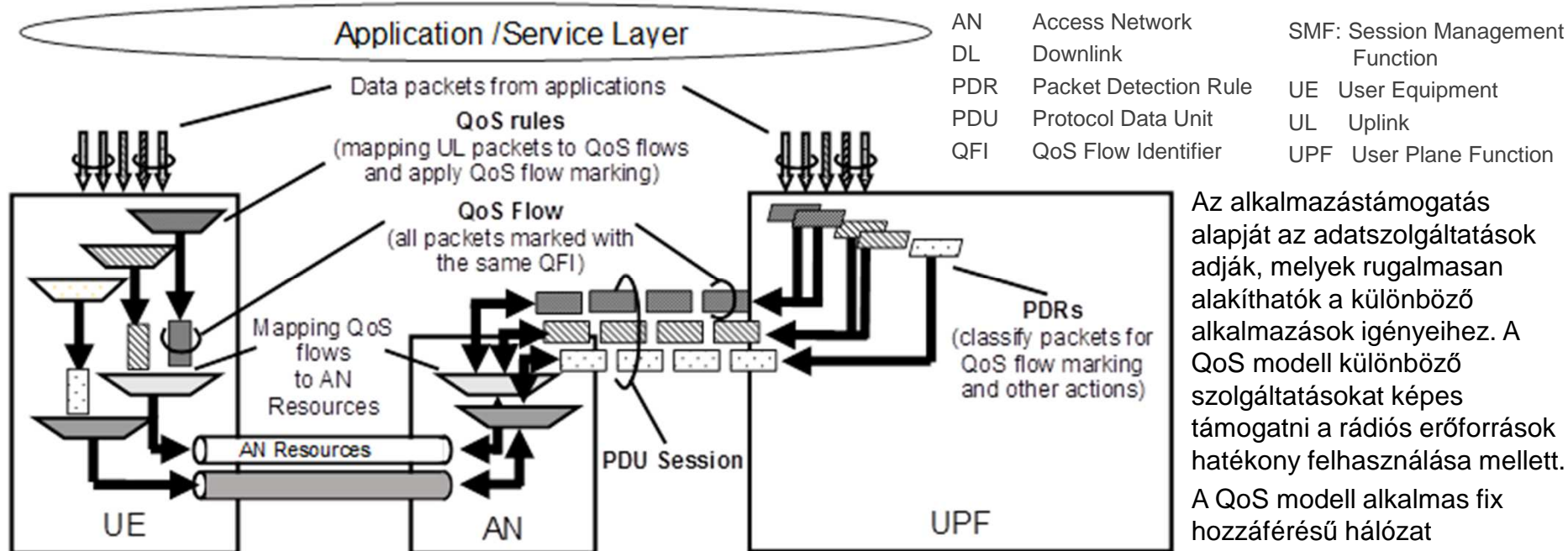
- Teljesítőképesség
  - UL és DL átbocsátóképesség
  - a szolgáltatás rendelkezésreállítás
  - az adattovábbítás megbízhatósága
  - lefedettség
- Funkciók
  - biztonság és jogosultságkezelés
  - felhasználói végkészülék biztonsági vonatkozásai
  - az izoláció jellege és mértéke
- Üzemeltetés
  - erőforrások és szabályok önálló kezelése
  - költségek és számlázás
  - különböző adminisztratív domének feletti globális üzemeltetés

Az ábra forrása: <https://www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2018/07/Network-Slicing-Use-Case-Requirements-fixed.pdf>



### Példa a hálózati szeletek kialakításának funkcionális sokszínűségére

- A 3. szelet egyszerű kialakítású, minden szükséges hálózati funkció dedikált megvalósítású
- Az 1. és 2. szelet szolgáltatásait ugyanaz a mobil végkészülék veheti igénybe
  - Ilyen esetekben a szeleteket kiszolgáló hálózati funkciók egy része közös, a mobil végkészülék egységes szemléletű kezelése érdekében :
    - a hozzáférést és mobilitást kezelő funkció (AMF),
    - a hálózati funkciókat és szolgáltatásokat kezelő funkció (NRF)
  - A felhasználói sík szolgáltatásai, elsősorban az adatszolgáltatást megvalósító funkciók különböző szeletekhez rendelve érhetőek el, így szolgáltatásaik is független egymástól a két szelet közös funkciói (AMF, SMF, PCF) ellenére
  - Az adatszolgáltatások megvalósító funkciók elkülönítése lehetővé teszi a szeletenként eltérő QoS szolgáltatások, alkalmazási funkciók megvalósítását



Az alkalmazástámogatás alapját az adatszolgáltatások adják, melyek rugalmasan alakíthatók a különböző alkalmazások igényeihez. A QoS modell különböző szolgáltatásokat képes támogatni a rádiós erőforrások hatékony felhasználása mellett. A QoS modell alkalmas fix hozzáférésű hálózat támogatására is (a QoS jelzések nélküli megvalósításával).

Forrás: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3144>

Fig. 5.7.1.5-1 pp.133.

### DL irány

- beérkező csomagokat az UPF osztályozza a csomagszűrők (DL PDR) alapján
- az UPF továbbítja az QoS folyamokhoz tartozó jelölt (QFI) forgalmat
- az AN rádiós erőforrásokhoz (pl. 3GPP RAN . Data Radio Bearer) rendeli a csomagokat, de nincs szigorú 1:1-es összerendelés, az AN-nek jeleznie kell a SMF-nek ha QoS folyamhoz rendelt erőforrásokat felszabadít
- a nem illeszkedő csomagokat a az UPF eldobja

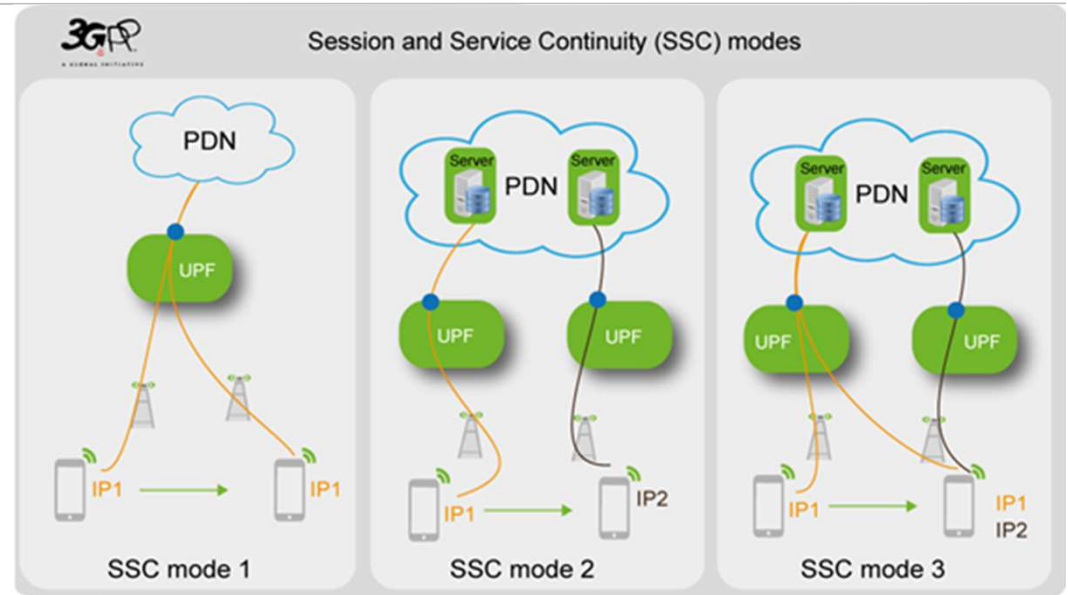
### AL irány

- **IP vagy Ethernet PDU sessionök esetén az UE a csomagokat összeveti a csomagszűrőkkel (UL PDR)**
- a nem illeszkedő csomagokat a az UE eldobja
- strukturálatlan PDU sessionökre az alapértelmezett QoS szabály nem tartalmaz csomagszűrőket, így minden továbbítása engedélyezett
- az UE a QFI-t használja a megfelelő QoS szabály és a csomag összerendelésére a QoS folyamban
- az UE AN rádiós erőforrásokhoz rendeli a csomagokat



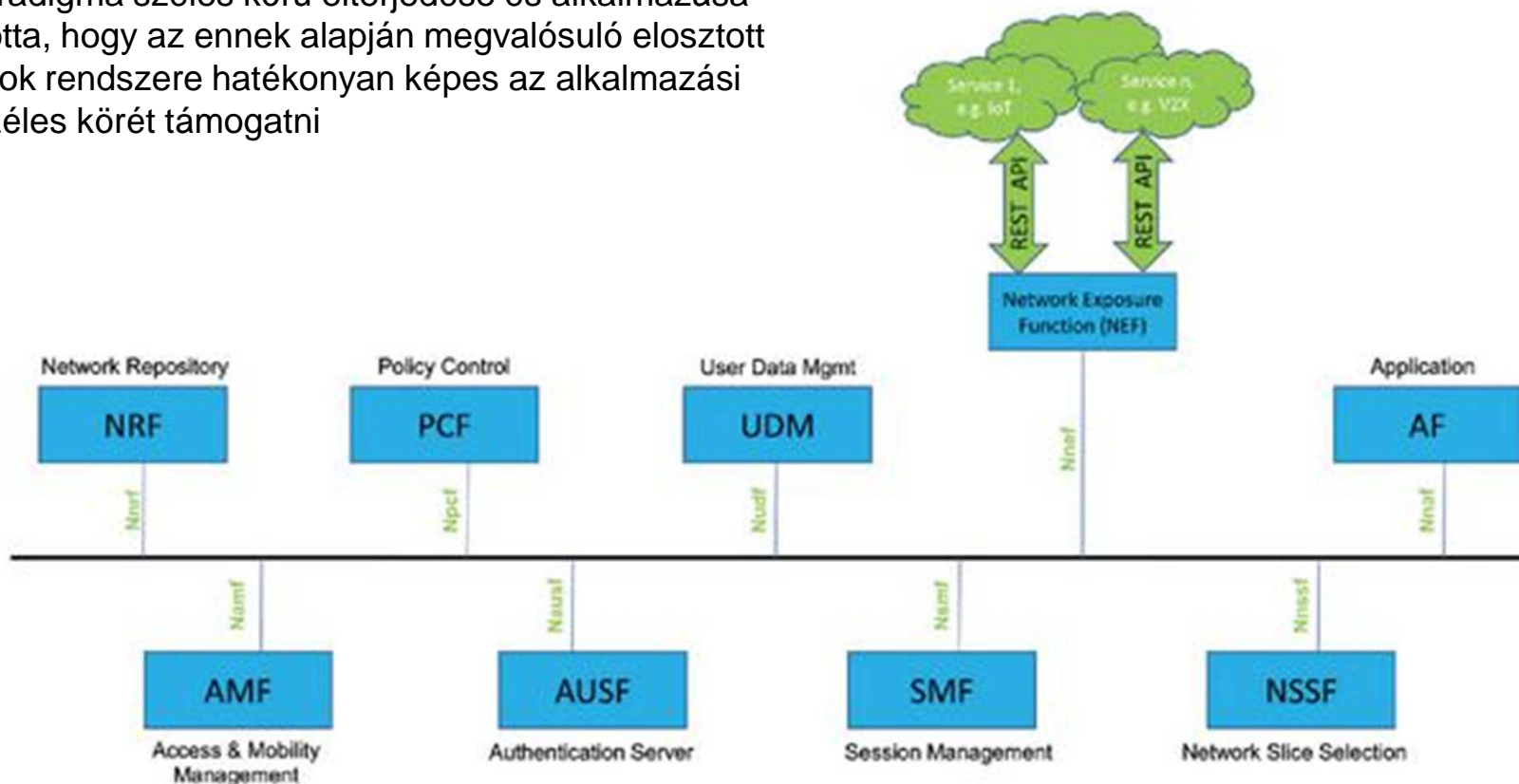
- Az 5G architektúra a sessionök és szolgáltatások mobil végkészülék mozgása közbeni fenntartására Session and Service Continuity - SSC) különböző megoldásokat támogat (Session and Service Continuity)
- Egy PDU session élettartama alatt a hozzárendelt SSC Mode nem változik.
- Mode 1 esetén a horgonypont – hagyományosan – rögzített, az alkalmazás folyamatos támogatására és a mobil végkészülékhez vezető útvonal fenntartására a végkészülék helyének változása esetén.
- A további két Mode (2 és 3) új vonása, hogy lehetővé teszi a horgonypont áthelyezését, az egyik az új kapcsolat felépítése előtt (break before make), a másik annak felépítése után (make before break)
- A PDU session horgonypont szerepét az UPF tölti be
- A végkészülék az SMF közreműködésével választhat SSC Mode-ot, amihez a szolgáltató SSC Mode Selection Policy-t határozhat meg (a UE Route Selection Policy részeként), ha ez nem történik meg, akkor a SMF az adott adathálózatra meghatározott alapértelmezett módot rendel hozzá
- A várhatóan nagymennyiségű forgalom továbbításához hatékony útvonalkezelés szükséges a felhasználói síkon. Ehhez az architektúra határoz további UPF funkciókat határoz meg (Uplink Classifier, Branching Point), lehetővé téve ezzel a forgalmak ki- és beléptetését a horgonypont elérése előtt.
- Ha a hálózati szabályok lehetővé teszik, sor kerülhet az utak optimalizálására is.

## 5G ARCHITEKTÚRA X 5G RENDSZERARCHITEKTÚRA SESSION AND SERVICE CONTINUITY



- Mode 1: a hálózat fenntartja a mobil végkészüléknek nyújtott összekötő szolgáltatást, IPv4 és IPv6 PDU sessionök esetén az IP cím változatlan (IPv6 multi-homing esetén a hálózat további horgonypontot jelöl ki, ebben az esetben az ehhez tartozó IPv6 cím változatlansága a PDU session élettartama alatt nem elvárható)
- Mode 2: a hálózat bonthatja a kapcsolatot és a hozzá tartozó PDU sessionöket, ami a hozzárendelt IP cím(ek) felszabadításával jár
- Mode 3: a felhasználói síkon bekövetkező változások láthatóak a mobil végkészülék számára. Az új PDU session horgonypont létrehozása megtörténik az előző kapcsolat bontása előtt, javítva ezzel a folytonosságot. IPv4 és IPv6 PDU sessionök esetén a PDU session horgonypont változásakor az IP címek nem őrződnek meg.

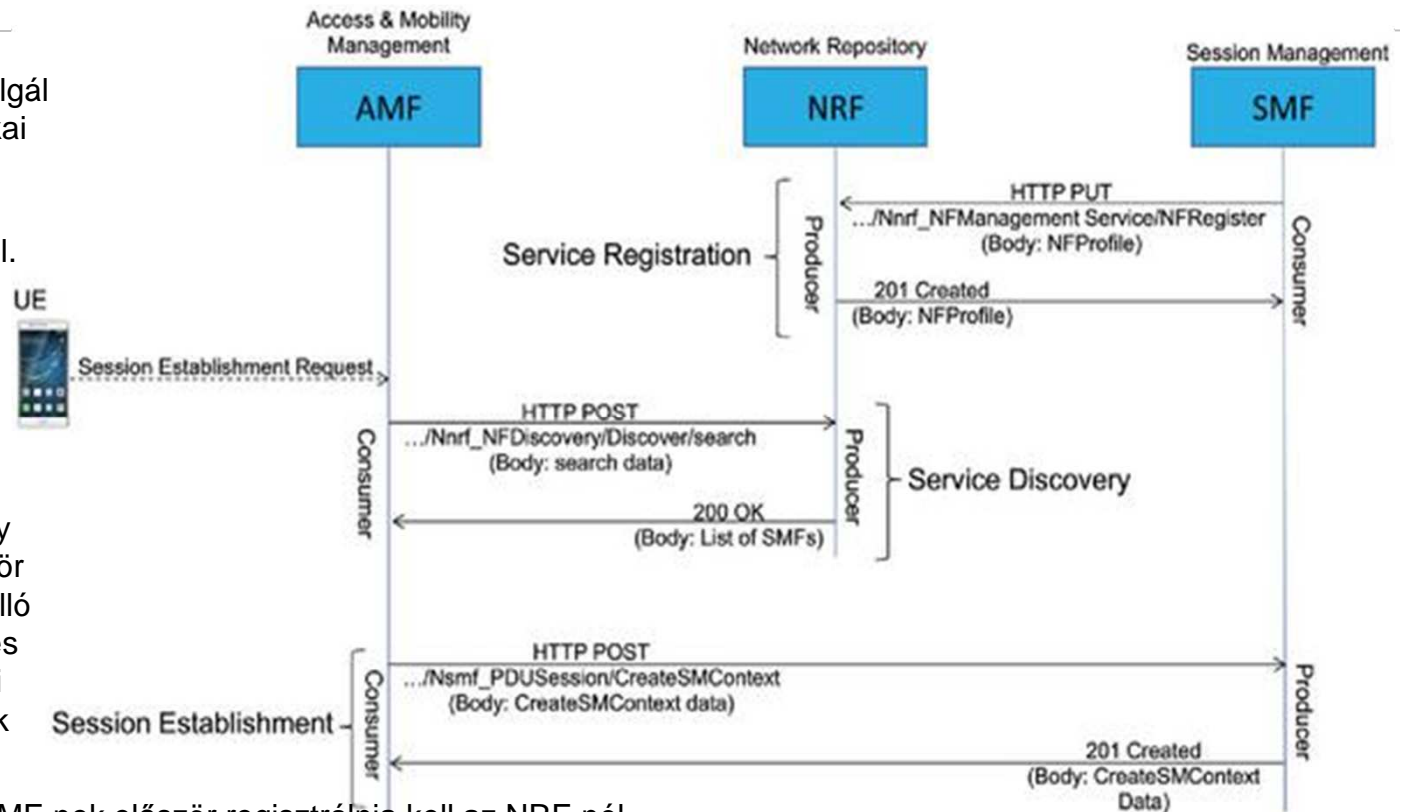
- Az 5G szolgáltatás alapú architektúrájának (SBA) integrációs platformmá válására vonatkozó célkitűzés eléréséhez szükségesek a digitális infrastruktúrához szoros kapcsolódást biztosító szoftvertechnológiák
- A RESTful API-nak mindebben meghatározó szerepet szánnak az 5G által nyújtott szolgáltatások hozzáférhetővé tételében (NEF northbound API), valamint a szolgáltatás alapú infrastruktúra funkcionális elemeit összekapcsoló egységes szolgáltatás alapú interfész (SBI) nyílt keretrendszer megvalósításában
- A REST paradigma széles körű elterjedése és alkalmazása bebizonyította, hogy az ennek alapján megvalósuló elosztott alkalmazások rendszere hatékonyan képes az alkalmazási területek széles körét támogatni



**Egy egyszerűsített példa**

Az 5G architektúrában az AMF szolgál a mobil hálózati készülék (UE) logikai csatlakozási pontjával.

- Amikor a UE szolgáltatás igénybevételét kezdeményezi (pl. web böngészés) az AMF-nek szüksége van egy SMF-re a session kontextus kezelésére.
- Az 5G architektúra virtualizált megvalósítása lehetővé teszi a virtuális hálózati funkciók példányosítását és törlését igény szerint. Ezért az AMF-nek először találnia kell egy rendelkezésre álló megfelelő SMF-et ami az AMF és NRF közti szolgáltatásfelderítési folyamat eredményeként történik meg.



- A szolgáltatásfelderítéshez az AMF-nek először regisztrálnia kell az NRF-nél.

**Ennek alapján az egyszerűsített példát három folyamat alkotja**

1. **Szolgáltatás regisztrálása:** az SMF regisztrálja szolgáltatását az NRF-nél
2. **Szolgáltatás felderítése:** az AMF lekérdezi az NRF-től egy alkalmas SMF-et, és a válaszban megkapja az 1. lépésben regisztrált SMF címét
3. **Session létrehozása:** az EU által kért sessiont az AMF létrehozza az SMF közreműködésével a vezérlési síkon

Ezekben a folyamatokban a szolgáltatást felhasználó hálózati funkció az, amelyik kéri a szolgáltatást, a szolgáltatás létrehozó pedig az, amelyik nyújtja. Az így létrejött szolgáltatást strukturált, azt szolgáltatás tevékenységek sora valósítja meg. A folyamatok, protokoll elemek tartalmát és részleteit 3GPP specifikációk határozzák meg.

## 1. Szolgáltatás regisztrálása

- A folyamat során az SMF a szolgáltatás felhasználója, és az NRF a szolgáltatás létrehozója (Nnrf\_NFManagement szolgáltatás NFRegister művelete)
- Az SMF küld egy HTTP PUT kérést az NRF-nek a létrehozandó profile Uniform Resource Locatorával(URI), pl. `https://nrf7.slice-v2x.opx.3gpp/nrf-nfm/v1/nf-instances/smf5-slicev2x`  
Megjegyzés: ez az URI nemcsak az NRF címe, de az erőforrásé (profile) is, amit létre kell hozni és tárolni kell
- A szolgáltatás regisztrációs folyamata során az SMF elküldi az NFProfile információt strukturál adattípus formájában, JSON dokumentumban a HTTP PUT kérésüzenet törzsében, amiben olyan információk vannak, mint
  - a hálózati funkció (NF) típusa (esetünkben SMF)
  - azon a hálózat (PLMN ID) és a hálózati szelet (S-NASSI, NSI ID) azonosítója, melyhez az SMF tartozik
  - az NF címe, vagy címei (IP cím vagy FQDN, pl. `https://smf5.slice-v2x.opx.3gpp`)
  - azon szolgáltatások neve, amiket az NF támogat (pl. “Nsmf\_PDUSession” és “Nsmf\_EventExposure” SMF esetén)
  - Szolgáltatásként a támogatott műveletek neve, pl. “Create SM Context”, “Update SM Context”, “Release SM Context”, “Notify SM Context Status”, “Query SM Context”, stb.)
- Amikor az NRF megkapja a HTTP PUT kérést, azonosítja és ellenőrzi. Sikeres ellenőrzés után a kapott URI alapján létrehozza egy új helyi erőforrást az SMF profile tartalmával
- Az NRF az erőforrás sikeres létrehozását HTTP 201 Created válaszüzenettel nyugtázza, aminek törzse tartalmazza az NFProfile-t
- A szolgáltatásregisztrációs folyamat eredményeként létrejön egy új erőforrás `https://nrf7.slice-v2x.opx.3gpp/nrf-nfm/v1/nf-instances/smf5-slicev2x` címmel, ami a fentiek szerinti strukturált információkat tartalmazza az SMF-ről.

S-NASSI Single Network Slice Selection Assistance Information

NSI ID Network Slice Instance Identifier

FQDN Fully Qualified Domain Name

## 2. Szolgáltatás felderítése

- A szolgáltatás felderítése során az AMF a felhasználó és az NRF a létrehozó (Nnrf\_NFDiscovery szolgáltatás, NFDdiscover művelet)
- Az AMF küld egy HTTP POST kérést az NRF-nek lekérdeve azon regisztrált SMF-ek listáját (és adatait) amelyek támogatják a használni kívánt szolgáltatást, ezen szolgáltatások listáját a HTTP POST üzenet törzse strukturáltan tartalmazza (JSON dokumentum)
- Az NRF azonosítja és ellenőrzi a beérkezett HTTP POST üzenetet, a sikeres ellenőrzés után keresést indít a helyi erőforrásain, azaz a regisztrált és tárolt profile-okon illeszkedést keresve az AMF kérésére
- A sikeres találatokat az NRF elküldi az AMF-nek egy HTTP 200 OK válaszüzenet törzsében

## 3. Session létrehozása (az AMF létrehozza a kontextust az SMF-nél)

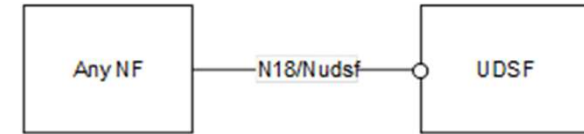
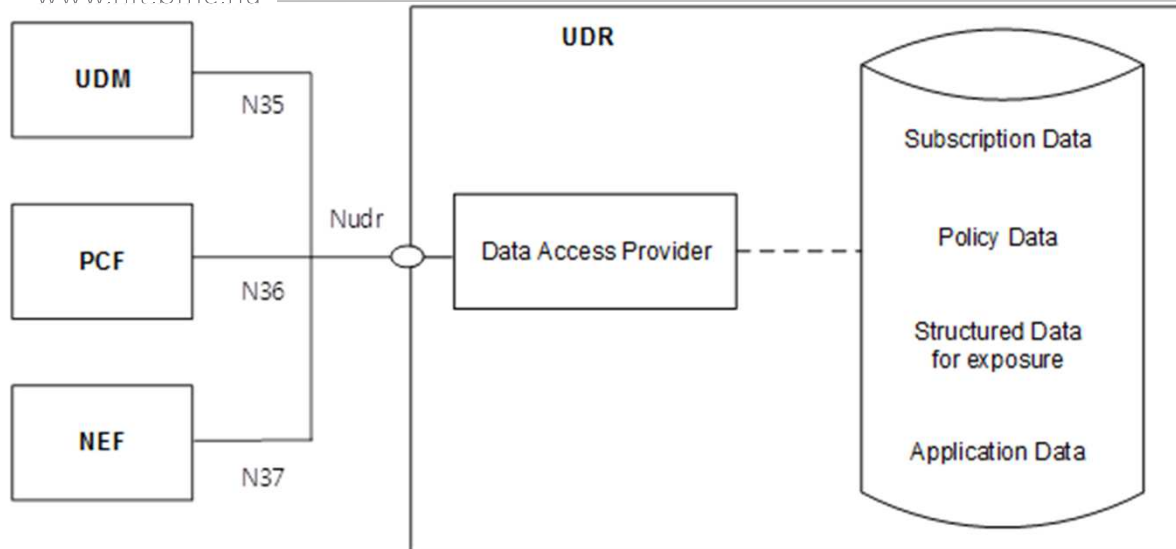
- A megkapott válasz alapján az AMF kiválasztja a `https://smf5.slice-v2x.opx.3gpp` SMF-et a session létrehozásához
- A session létrehozása során az AMF a felhasználó és az SMF létrehozó (Nsmf\_PDUSession szolgáltatás, Create SM Context művelet)
- Az AMF küld egy HTTP POST kérést az SMF-nek megcímezve a felderített Session Establishment szolgáltatást a megkapott találati lista alapján `https://smf5.slice-v2x.opx.3gpp/nsmf-pdusession/v1/sm-contexts` jelezve ezzel, hogy egy Session Management kontextust kíván létrehozni az SMF-nél, melynek részleteit a `SmContextCreateData` strukturált adattípus tartalmazza (JSON dokumentum a HTTP POST üzenet törzsében). Ez tartalmaz minden információt ami a kontextus létrehozásához szükséges (az UE ID-je, hálózati szelet azonosítók, stb.)
- Az SMF azonosítja és ellenőrzi a beérkezett HTTP POST üzenetet, a sikeres ellenőrzés után, ha megvannak az ahhoz szükséges erőforrásai, létrehozza a kért Session Management Contextet
- A létrehozott Session Management Contextre vonatkozó minden információt elküld az AMF-nek egy HTTP 201 Created válaszüzenet törzsében

Megjegyzés: a példa az AMF és SMF közti első SBA együttműködés, figyelmen kívül hagyva egy sor további pl. UDM-mel, PCF-fel és más NF-ekkel, ahogyan az SFM és UPF közöttiek is.

## REST alapelvek, főbb jellemzők

- Kliens-szerver típusú elosztott kapcsolat nagyméretű, internet alapú rendszer komponensei között
- Tranzakciók a komponensek interakcióira alapozottan, egyedi azonosítójú erőforrások (kliens által kérhető objektumok) köré szervezve
- A kérések és válaszok erőforrás reprezentációk küldésére/fogadására alapozottak
  - Az erőforrásokat (*resource*) a szerverek tárolják, egyedi URI-k alapján címezhetők különböző műveletekhez (pl. létrehozás, módosítás, törlés). A műveletek során szükség lehet a teljes információt, vagy annak egy részét átküldeni a kliens és a szerver között, amihez az információt át kell alakítani (*serialization*) HTTP üzenettörzsbe helyezhető szöveges objektummá kell alakítani, az 5G szolgáltatás alapú architektúra esetében JSON dokumentummá, ami az erőforrás egyedi reprezentációja (*representation*)
- Állapotmentes kérésmodell, a szerver nem tárol kliensállapotokat,
  - Minden kérés tartalmazza a kérés kiszolgálásához szükséges összes információt,
  - Az állapotmentesség egyrészt szerver oldali erőforrások megtakarítását eredményezi, továbbá lehetővé teszi a terheléskiegyenlítést, és erősíti az architektúra hibátűrését egy elosztott környezetben: a kért szolgáltatás nyújtására több szerver is képes, a kérések köztük terhelésük függvényében szétoszthatók, egy szerver meghibásodása nem jár a szolgáltatási képesség elvesztésével
  - Az elosztott környezetben megvalósuló teljes állapotmentességhez az is szükséges, hogy az egyes szerverek „helyi” információit minden olyan szerver számára elérhető adatbázis szerver tárolja. Mely szerver az adott szolgáltatást nyújtani képes

A bemutatott példában a szolgáltatási profile-t a NRF tárolja, így ennek elérését csak ez az egyetlen NRF (`nrf7.slice-v2x.opx.3gpp`) biztosítja.



NEF – Network Exposure Function  
 NF – Network Function  
 PCF – Policy Control Function  
 UDM – Unified Data Management  
 UDR – Unified Data Repository  
 UDSF – Unstructured Data Storage Function  
 UE – User Equipment

Strukturált adat – 3GPP által specifikált típus  
 Strukturálatlan adat – 3GPP által nem specifikált,  
 implementációja gyártófüggő

## Adattároló architektúrák

- A hálózati funkciók strukturált és strukturálatlan adataikat központi adatbázisokban tárolják
- UDM, PCF és NEF az UDR-ben tárolhatnak strukturált adatokat (előfizetési adatok, policy adatok)
- A hálózati funkciók az UDSF-ben tárolhat strukturálatlan adatokat (pl. EU context)

## REST alapelvek, főbb jellemzők

- Gyorsítótárazhatóság: a kliens gyorsítótárazhatja a válaszokat (a szervertől kapott válasz ezt az opciót impliciten vagy expliciten tartalmazza)
- Rétegelt felépítésű: közvetlen vagy közvetítőn keresztüli kapcsolatfelvétel, a kliensnek nincs tudomása arról, hogy az adott szolgáltatást nyújtani képes szerverek közül éppen melyik szolgálja ki, sem arról, ha ennek során a kommunikáció egy adott szakaszában (pl. azonosítás) más szerver is szerepet kap
  - A szerverek és szolgáltatások ilyen jellegű elkülönítését az 5G SBA az NRF közreműködésével valósul meg ( a szolgáltatások regisztrációjára és felderítésére alapozottan): egy adott szolgáltatást és nem egy adott szervert akar elérni a kliens
  - Az 5G SBA-ben megvalósuló funkciómegosztás egy valódi rétegzett rendszer megvalósítása: pl. az AMF hozzáférési és mobilitási szolgáltatásokat nyújt, az SMF a sessionök kezelését, az NSSF a hálózati szeletek kiválasztását, és így tovább. Számos ilyen szolgáltatás szükséges a mobilitáskezelés, a roaming vagy biztonsági vonatkozások egymáshoz illeszkedő megvalósításához a teljes rendszerben.
- Igény szerinti kód: kódrészletek letöltése szerverről dinamikus és rugalmas szolgáltatáskezeléshez. Az 5G SBA-ben nem implementált .



## REST alapelvek, főbb jellemzők

- A kliensek és szerverek között egységes keretrendszerű interfésznek négy meghatározó alkotóeleme van
  - Erőforrások azonosítása a kérésben: a szolgáltatásnak egyedi azonosítója van (URI), ami nem a szervert, hanem az erőforrást azonosítja. Elosztott rendszerben egy adott szolgáltatás nyújtására több szerver is képes lehet, ebben az esetben függetlenül az azt nyújtó szervertől a szolgáltatás azonosítója ugyanaz. Az 5G SBA-ban az URI konstruálásának szabályai részletesen specifikáltak :

```
https://nrf7.slice-v2x.opx.3gpp/nrf-nfm/v1/nf-instances/smf5-slicev2x
```

    - az üzenettovábbító protokoll: `https`
    - az API útvonal: `nrf7.slice-v2x.opx.3gpp` – annak a hálózati funkciónak a címe, amelyhez a kérés szól
    - Az API elnevezése: `nrf-nfm` – a megszólított szolgáltatás
    - Az API verzió: `v1`
    - A hálózati funkció specifikus erőforrásra vonatkozó információ: `nf-instances`
    - az erőforrás példány regisztrált azonosítója: `smf5-slicev2x`
  - Erőforrások kezelése reprezentációjuk alapján: a szerveren tárolt erőforrás módosítása megfelelő kérésben küldött teljes vagy részinformáció alapján. Az 5G SBA-ban például egy NRF-en tárolt SMF profile módosítható egy `HTTP PATCH` kéréssel. Ehhez az üzenetnek tartalmaznia kell a teljes profile-t, vagy legalább annak módosítani kívánt részét.
  - Önleíró üzenetek: minden üzenet tartalmaz elegendő információt a feldolgozásához
  - Alkalmazásállapotok hypermedia alapú kezelése (Hypermedia as the engine of application state - HATEOAS): azt támogatja, hogy a kliens a válaszban megkapott hyperlinkek alapján ismerje meg, hogy milyen további akciókat kell végrehajtania egy adott esetben az erőforrás eléréshez. Az 5G SBA megvalósítási elvei közt szerepel, de még nem alkalmazták egyetlen szolgáltatással kapcsolatban sem.
    - Az elv jövőbeni alkalmazására egyszerű példa: Egy regisztrált UE elérhető hanghívással és SMS-sel. Ha egy NF-nek figyelembe kell vennie az UE elérhető kommunikációs módjait, ezt lekérdezheti pl. az AMF-től. Az AMF az opciókat hyperlinkek formájában küldi el a válaszban: az első a hívásfelépítési szolgáltatás elérését, a második az SMS küldési szolgáltatást mutatja.

## REST alapelvek, főbb jellemzők

- HTTP

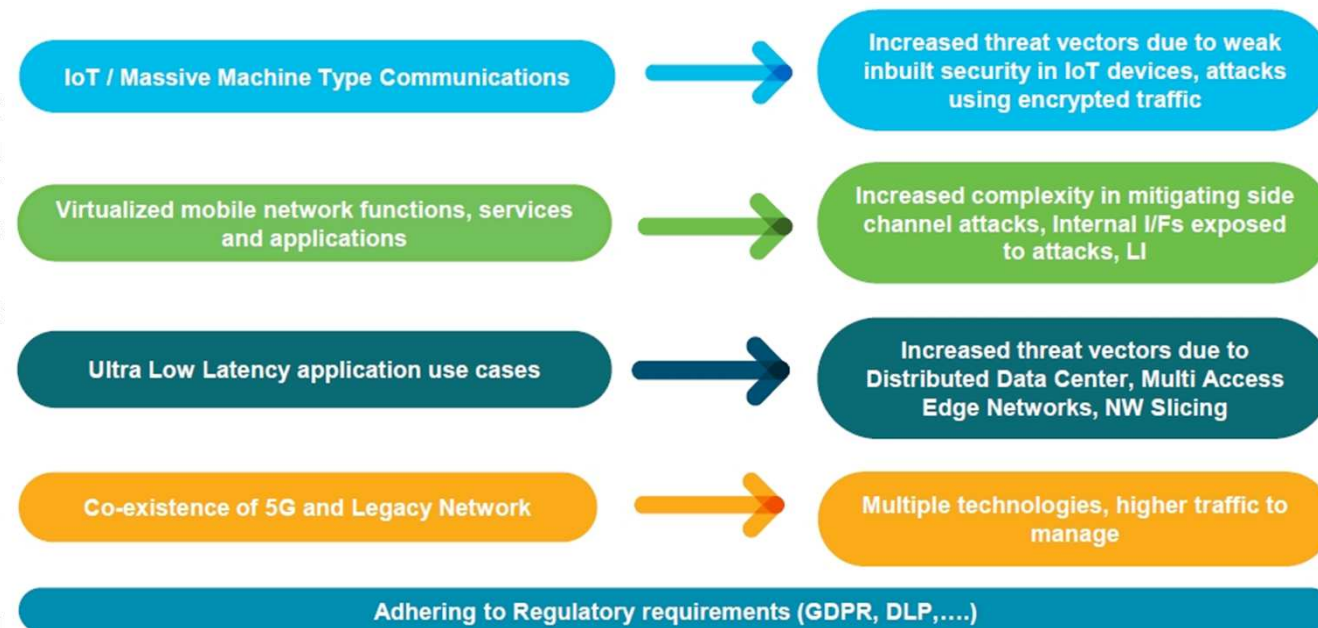
- A RESTful elvek megvalósítása a kezdetektől a world wide web szolgáltatásinak fejlesztési és felhasználási módjára alapozott (HTTP 1.1)
- Az azóta definiált HTTP/2 elődjénél jobb teljesítőképességet biztosító új képességekkel gazdagodott (pl. multiplexálás, bináris keretezés), többek között ezek is alkalmasabbá teszik az elosztott szolgáltatásokat, és a RESTful API műveleteket
- A HTTP metódusok (kéréstípusok) különböző funkciók megvalósítását támogatják a RESTful környezetben
- Egységes interfész elemi műveletek, CRUD Create (POST), Read (GET), Update (PUT), Delete (DELETE)
- HTTP POST: létrehoz egy új erőforrást azon az URI-n, amelyre a kérés irányult
- HTTP GET: listázza/kiolvassa az URI által megcímezett erőforrást
- HTTP PUT: lecseréli az URI által megcímezett erőforrást a kérésben küldött reprezentációra
- HTTP PATCH: módosítja az URI által megcímezett erőforrást a kérésben küldött reprezentáció alapján
- HTTP DELETE: törli az URI által megcímezett erőforrást

Az itt röviden összefoglalt RESTful alapelveket az 5G SDA nemcsak a harmadik félnek nyújtott szolgáltatások (northbound API-k) létrehozásában követi szigorúan, hanem mind szolgáltatás alapú interfészek megvalósításában is. Az áttekintés számos fontos részletre nem tért ki (pl. NF szolgáltatásokra előfizetés, együttműködés a mobil transzport réteg protokolljaival, az 5G SBA nyitottsága RPC-re (Remote Procedure Call))

www.hit.bme.hu

- A mobil technológiák korábbi verziói is kiemelt prioritásként kezelték a biztonságot, az 5G technológia integrációs platformként alkalmazhatóságának célkitűzéséből a biztonsági vonatkozások új szintet támogatása következik, ami egy sor új, magas fokú biztonsági megoldás alkalmazásában nyilvánul meg.
- Az 5G új képességeket megvalósító architektúrais elemek (cloud computing, network slicing, fix-mobile convergence, stb.) integrált alkalmazása egy sor új biztonsági kockázatot vet fel.
- Az 5G az első mobil technológia, amely számos, alapjaiban különböző alkalmazási terület támogatását tűzi ki célul. Ehhez az alkalmazási területek elérő, sokszor egyedi cybersecurity követelményeinek kell megfelelnie
- Az 5G biztonsági szabvány számos újszerű elemet, képeséget tartalmaz:
  - A honos hálózat az eszközt roamingolás során is tudja hitelesíteni

## 5G Security Challenges

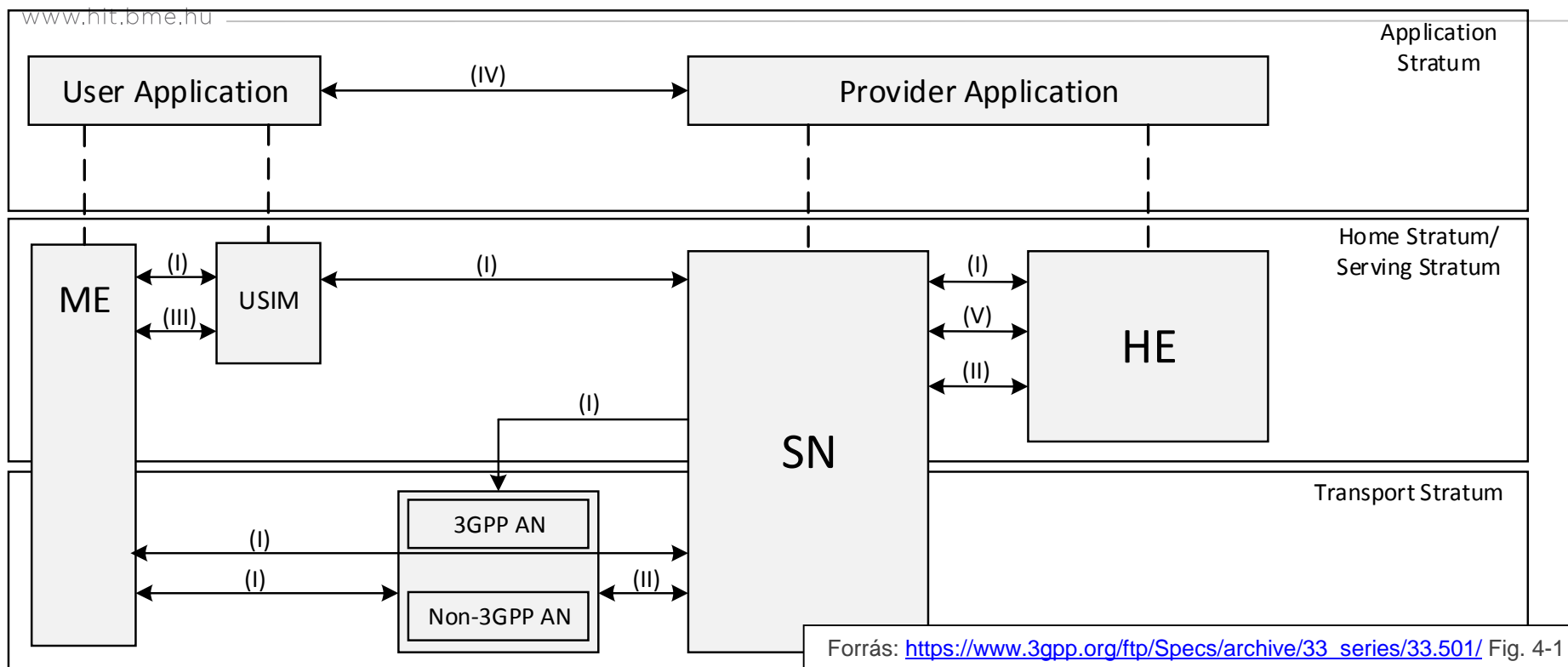


CiscoLive!

BRKSPM-2578

© 2018 Cisco and/or its affiliates. All rights reserved. Cisco Public 13

- Egységes hitelesítési keretrendszer (független a hozzáférés módjától). Az Extensible Authentication Protocol (EAP) beépített támogatása alapján a későbbiekben új hitelesítési módok alkalmazhatók.
- Új elem a Security Anchor Function (SEAF): a teljes hitelesítési folyamat megismétlése nélkül teszi lehetővé az eszköz újrahitelesítését miközben az hálózatok között mozog.
- Az előfizetői azonosító titkossága: globálisan egyedi Subscriber Permanent Identifier (SUPI): IMSI és Network Access Identifier (NAI), amit soha nem továbbítanak titkosítatlanul a rádiós interfészekon, az azonosítási folyamat végéig helyette a Subscription Concealed Identifier (SUCI)



- I. Hálózathoz hozzáférés biztonsága: a mobil készülék biztonságos hitelesítése, és szolgáltatás elérése, a rádiós interfész védelme, biztonsági kontextus (security context) továbbítása a szolgáltatási és hozzáférési csomópont között
- II. Hálózati tartomány biztonsága: hálózati pontok biztonságos jelzésüzenet-váltása, és felhasználói sík adatok küldése/fogadása
- III. Felhasználói tartomány biztonsága: a felhasználó biztonságos hozzáférése a mobil készülékhez.
- IV. Alkalmazási tartomány biztonsága: alkalmazások biztonságos üzenetváltása a felhasználói és a hálózati tartományban
- V. A szolgáltatásalapú architektúra biztonsága: hálózatelemek regisztrációs, felderítési, hitelesítési vonatkozásai, a szolgáltatás alapú interfészek védelme
- VI. Biztonsági jellemzők láthatósága: a felhasználó tájékoztatását arról, hogy egy adott biztonsági tulajdonságot megvalósító funkció éppen működésben van-e (az ábrán nem szerepel)



IPX Internetwork Packet Exchange

### • 5G Core határán

- SEPP Security Edge Protection Proxy
- IPUPS Inter PLMN UP Security

### • 5G Core-ban

- AUSF: AUthentication Server Function;
- ARPF: AUthentication credential Repository and Processing Function;
- SIDF: Subscrption Identifier De-concealing Function;
- SEAF: SEcurity Anchor Function

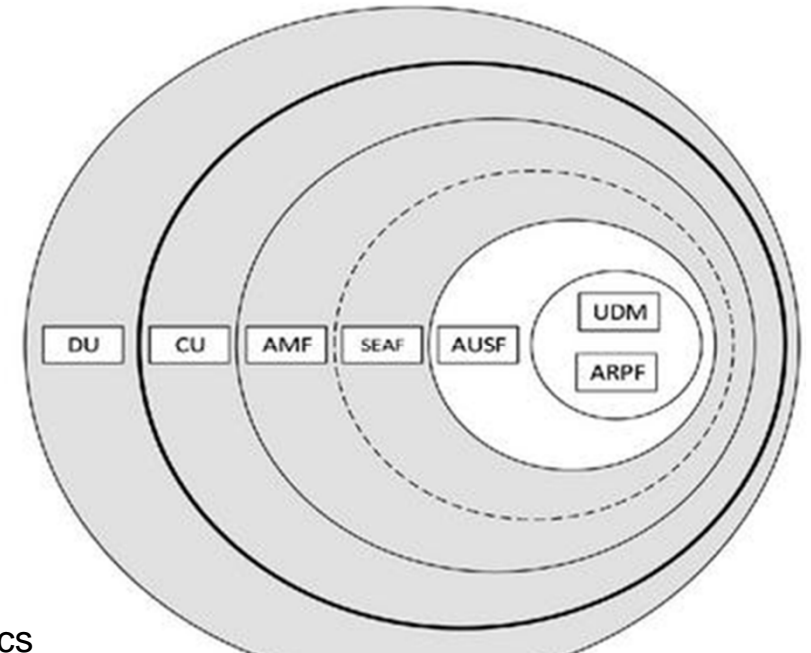
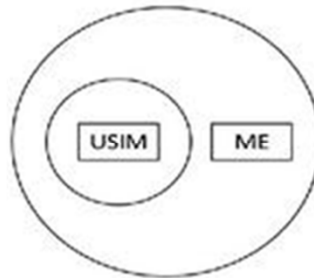
A HTTP üzenetek törzsében továbbított információk jellegüktől függően igényelhetnek e2e titkosítást (pl. a hitelesítési adatokat tartalmazó Authentication Vector), vagy csak e2e integritásvédelem, és olyan is lehet aminek az IPX szolgáltató ellenőrzött és hitelesített csomópontjai módosíthatnak a tranzitálás során.

### • A SEPP szerepe a biztonsági architektúrában

(nem teljes képességlista, csak példák)

- A SEPP egy nem transzparens proxy, ami reverse proxyként is szolgál
- Védelmet nyújt az alkalmazás réteg vezérlési sík két különböző PLMN közt továbbított üzeneteinek
- hSEPP és vSEPP kölcsönös azonosítás és egyeztetés a titkosításról
- Kulcskezelés, kulcsok beállítása a vSEPP-hSEPP biztonságos üzenetváltásokhoz
- A hálózati topológia elrejtése

- Felhasználói készüléknek (UE) két bizalmi tartomány van: a hamisításnak ellenálló UICC (Universal Integrated Circuit Card) (Universal Subscriber Identity Module-t (USIM) tartalmazza, és a mobil készülék (ME), melyek együttesen alkotják az ME-t
- A hálózati oldal bizalmi modellje többrétegű, hagymahéj szerkezetű, ami honos hálózati és roaming esetben különböző
- A RAN-t a DU és CU által képzett gNB-k alkotják. A DU-nak nincs hozzáférése a felhasználó kommunikációjához, ezt felügyelet nélküli helyszínekre is lehet telepíteni. A CU-t és (az ábrán nem szereplő) N3IWF-t, ami az AS-t biztonsági funkcióit végződteti csak olyan helyszínekre telepítik, ahol biztosított az ellenőrzött fizikai hozzáférés
- A maghálózatban az AMF szolgál a NAS végződtetési pontjaként, ami a root/anchor key-t tartalmazó SEAF-fal közös helyen van (ezek a funkciók a jövőben az architektúra fejlesztése során indokolt esetben szét is választhatók)



AMF - Access and Mobility Management Function

AS - Access Stratum

CU – Central Unit

DU - Distributed Unit

gNB – 5G bázisállomás

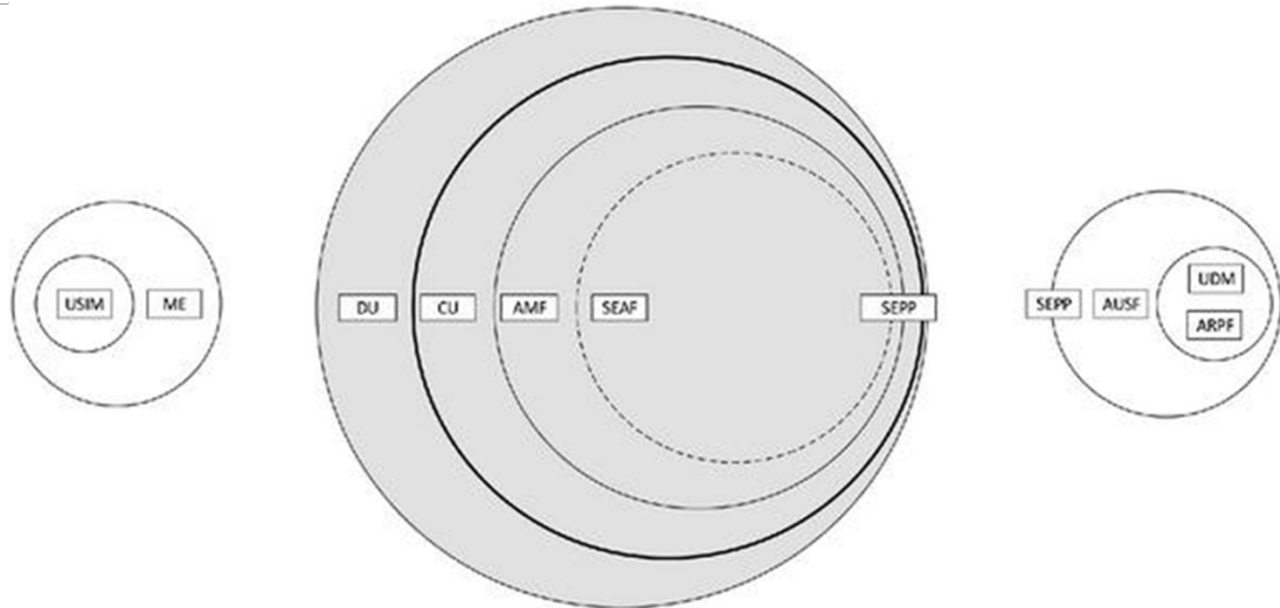
N3IWF - Non-3GPP access InterWorking Function

NAS – Non- Access Stratum

RAN – Radio Access Network

SEAF - SEcurity Anchor Function

- Roaming esetben a honos és az idegen hálózat a SEPP-en kapcsolódik egymáshoz
- Az AUSF tartalmazza a sikeres hitelesítés után származtatott újrafelhasználható kulcsot arra az esetre, ha az UE egyidejűen különböző technológiájú hálózatokhoz is regisztrál (pl. 3GPP és IEEE802.11)
- A hitelesítési adatokat az ARPF őrzi, amiket az UE oldalra az USIM tükröz
- Az előfizető adatait az UDR tárolja, amit az UDM használhat fel különböző funkciókat megvalósító műveletek során, pl. hitelesítési adatok előállítása, felhasználó azonosítása, szolgáltatás és session folytonosságának biztosítása, stb.



ARPF - Authentication credential Repository and Processing Function  
 AUSF - Authentication Server Function  
 SEPP - SEcurity Protection Proxy  
 UE – User Equipment  
 UDM - Unified Data Repository  
 UDR - Unified Data Repository  
 USIM - Universal Subscriber Identity Module

# 5G HÁLÓZATBIZTONSÁG IV BIZALMI MODELL

## Cisco Zero Trust Security modell

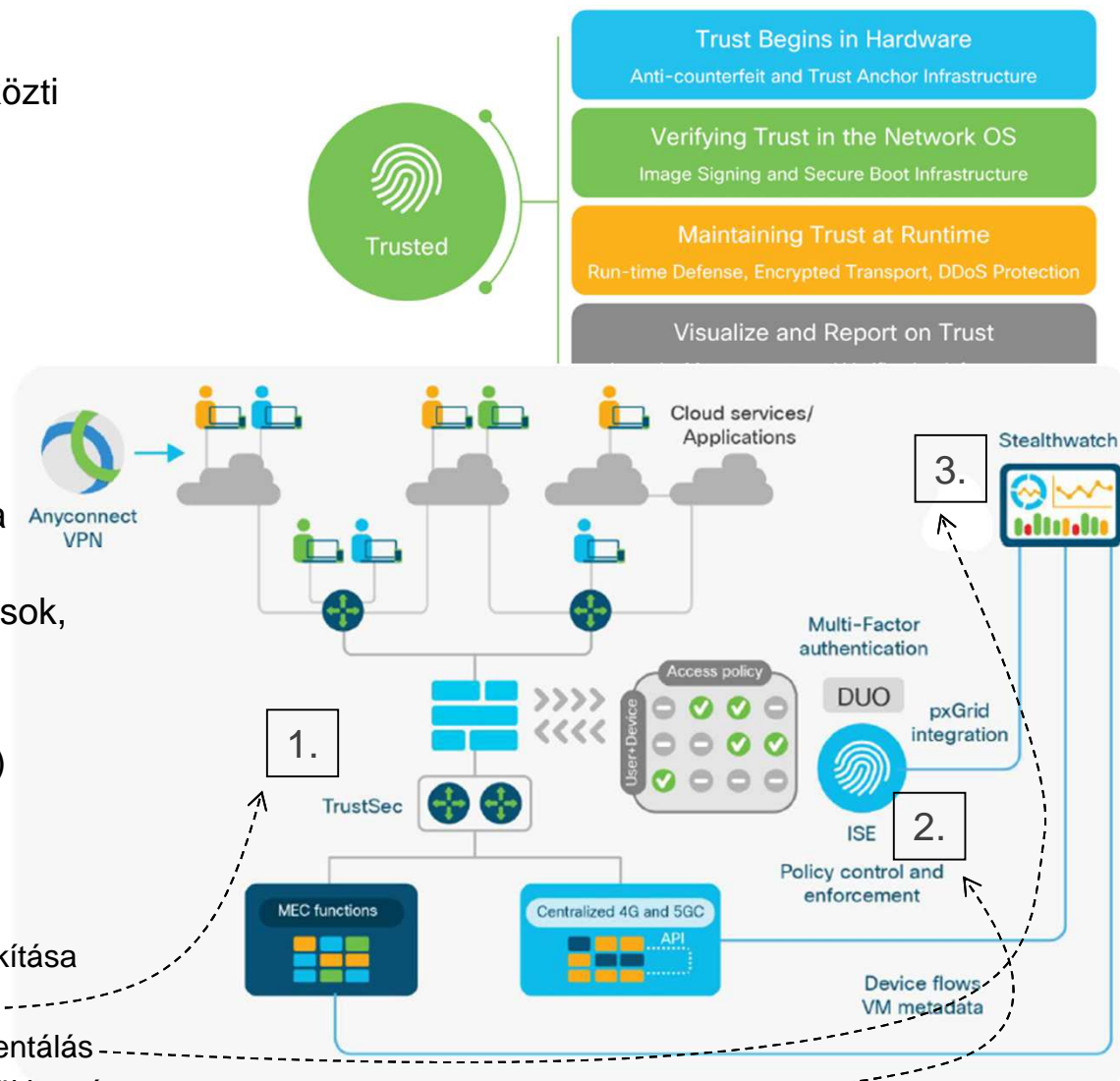
- Többrétegű biztonsági modell (bizalom a felhasználó azonosításában, végpontok közti átláthatóság, a felhasználói készülék megbízhatósága)

### Alkotóelemei

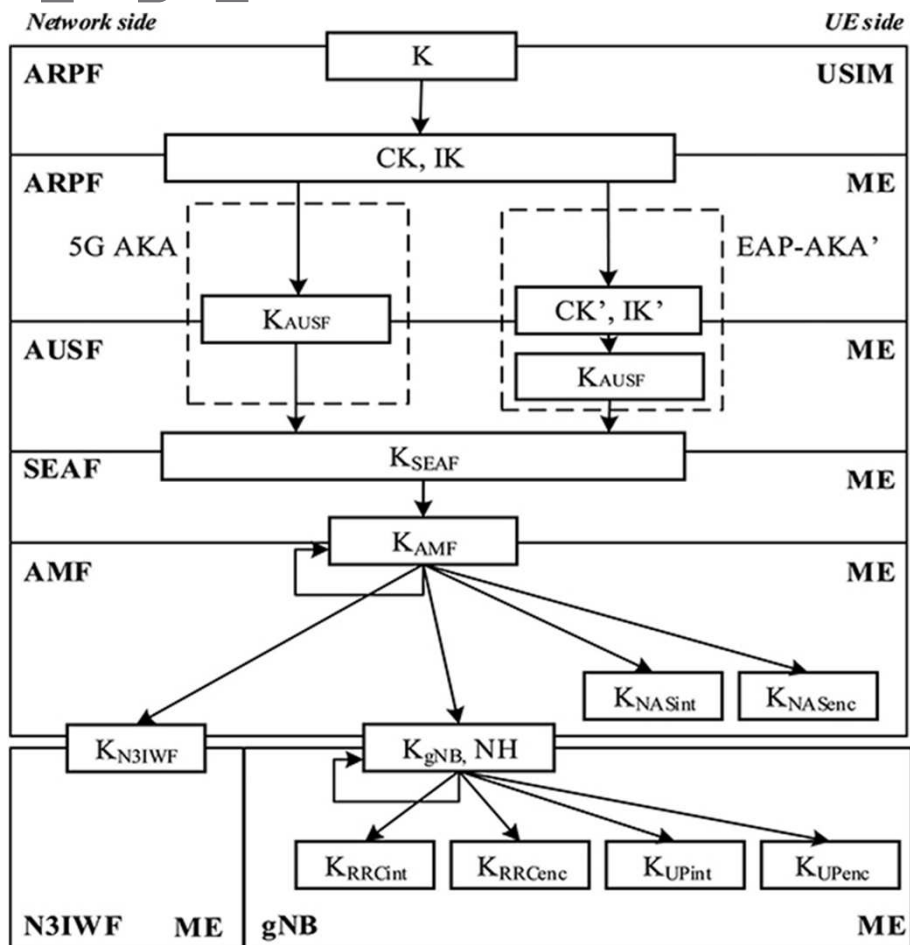
- DCN (Data Control Network): VPN alapú hozzáférés a hálózatüzemeltetés és harmadik oldali gyártóknak számára a hibaelhárításhoz
- VRF (Virtual Routing and Forwarding) az IP/MPLS maghálózati transzport számára
- L2-L3 hálózati infrastruktúra a DCN forgalomnak (logok, konfigurációs parancsok, teljesítménymenedzsment)
- Proxy vagy "jump-host" alkalmazása
- Tevékenysége (hozzáférések, parancsok) logolása és reportolása
- Out-of-band hozzáférés a Lights-Out Management (LOM) és konzolportokhoz

A Zero Trust Security architektúra kialakítása

1. VPN réteg létrehozása
2. Többfaktoros hitelesítés és szegmentálás
3. Átláthatóság és a fenyegetések csökkentése







**Kulcshierarchia**

- A USIM-ban és az 5G maghálózatban biztosított hosszú távú titkosító kulcsot (K) a biztonsági kontextus elsődleges forrása
- Az 5G architektúrában két különböző típusú hitelesítés van egy elsődleges, amelyet minden mobil hálózat szolgáltatásainak eléréséhez készüléknek végre kell hajtania, és egy másodlagos, ami a külső adathálózathoz hozzáférést biztosítja (ha a külső adathálózat ezt megkívánja)
- Az UE és a hálózat közti sikeres elsődleges autentikáció után K-ból egy horgonykulcs származtatása történik meg (serving network specific anchor key -  $K_{SEAF}$ )
- A horgonykulcsból a titkosításhoz és integritásvédelemhez szükséges kulcsok származtathatók a NAS jelzések és az AS vezérlési sík (RRC vezérlési üzenetek), és a felhasználói sík számára

EAP - Extensible Authentication Protocol

IK – Integrity Key

NAS – Non-Access Stratum

N3IWF - Non-3GPP access InterWorking Function

RRC – Radio Resource Control

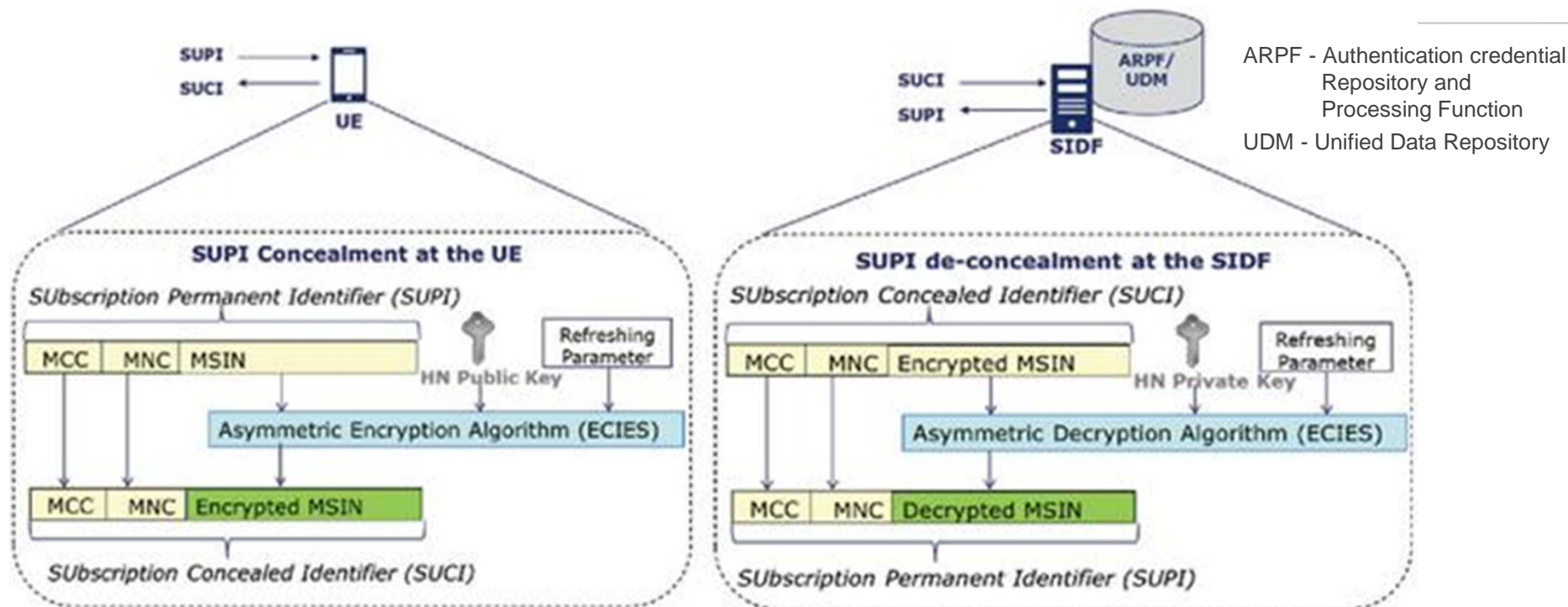
SEAF - SEcurity Anchor Function

SEPP - SEcurity Protection Proxy

ME – Mobile Equipment

USIM - Universal Subscriber Identity Module

- AKA - Authentication and Key Agreement
- AMF - Access and Mobility Management Function
- ARPF - Authentication credential Repository and Processing Function
- AUSF - Authentication Server Function
- CK – Cipher Key

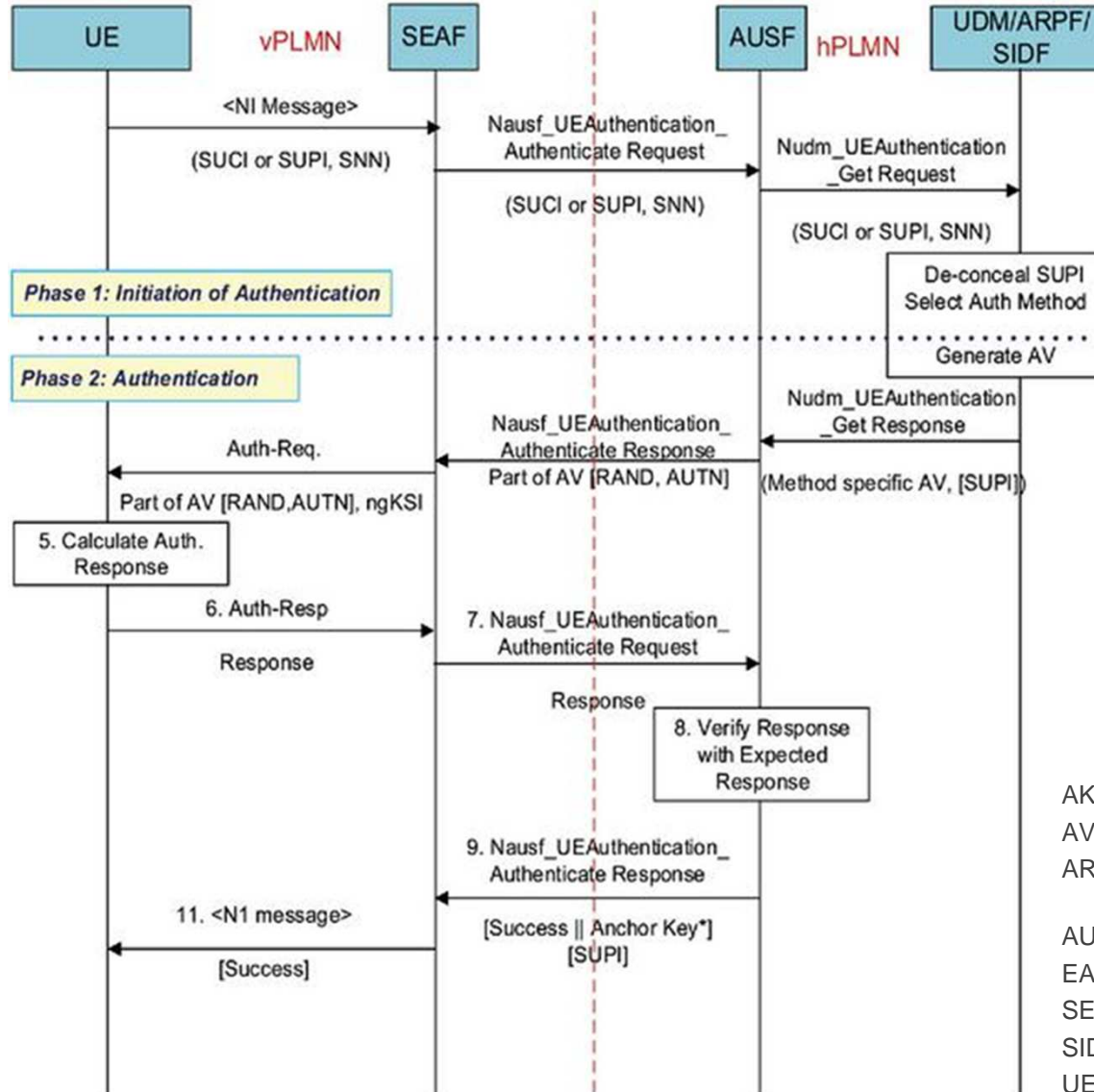


### Privacy

Az 5G hálózati hozzáférés biztosítja az előfizetői azonosító titkosságát a rádiós interfészen. A hálózat i hozzáféréshez az előfizetőnek autentikálnia kell az elsődleges hitelesítési mechanizmussal (az UE elküldi a SUPI-t a honos hálózat USIM-en tárolt publikus kulcsával titkosítva, mivel a SUPI érzékeny előfizetői és előfizetési adatokat (is) tartalmaz).

Az UE előállítja a SUCI-t (többek között a védelmi séma azonosítójából, a honos hálózat publikus kulcsának azonosítójából, a honos hálózat azonosítójából), ami titkosítatlan útvonalválasztási információt is tartalmaz (a honos hálózat ország- és hálózati kódját). A hálózati oldalon a műveletben az ARPF/UDM-ben lévő Subscription Identifier De-concealing Function (SIDF) működik közre.

# HOZZÁFÉRÉS ÉS HITELESÍTÉS



## Hitelesítés

Az EAP-AKA és az 5G-AKA a kötelező hitelesítési eljárás a hitelesítés során.

A rövid ismertetéshez a folyamatot két részre osztjuk.

Az inicializáló első lépésben a roamingoló UE elküldi regisztrációs kérését az idegen hálózat SEAF és az idegen hálózat AUSF közreműködésével a honos hálózat SIDF-nek, meghatározza a hitelesítés módját, és előállítja hozzá az AV-t

Az ezt követő autentikációs szakaszban az autentikációs kérés küldése, a válasz előállítása, kiértékelése és nyugtázása történik.

AKA - Authentication and Key Agreement

AV - Authentication Vector

ARPF - Authentication credential Repository and Processing Function

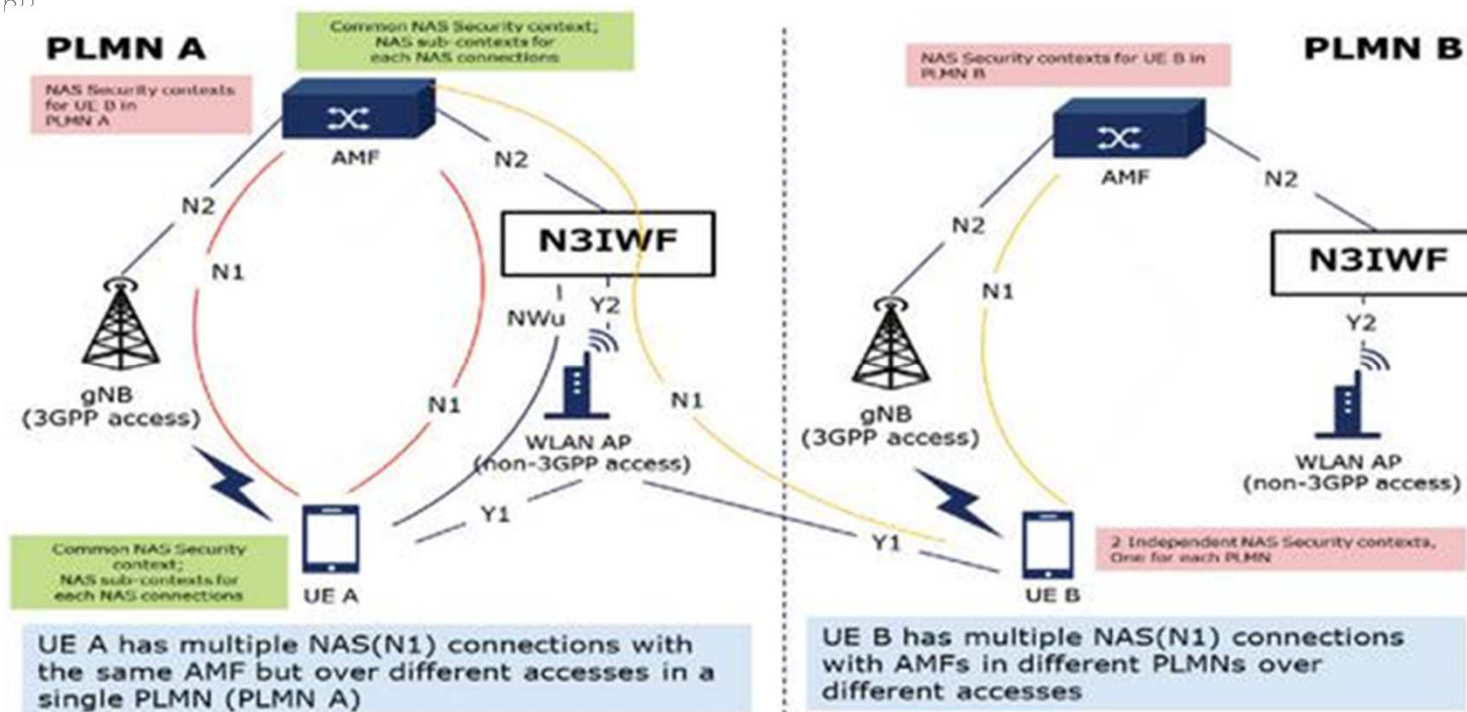
AUSF - Authentication Server Function

EAP - Extensible Authentication Protocol

SEAF - SEcurity Anchor Function

SIDF - Subscription Identifier De-concealing Function

UE - User Equipment



Két eset különböztethető meg, amelyekben az UE egyidejűleg regisztrál egy 5G és egy nem 3GPP hálózathoz: az első esetben ezek azonos, a másodikban különböző PLMN-hez tartoznak.

Az első esetben az ugyanahhoz az AMF-hez történő regisztráció egy közös NAS security context jön létre az első hálózati hozzáférés során. A kriptográfiai szétválasztáshoz, és a visszajátszásos támadás elkerüléséhez a security context hozzáférés specifikus paramétert is tartalmaz.

A második esetben az UE egymástól függetlenül kezel két különböző security contextet, amelyek a honos hálózattal folytatott két független autentikációs folyamat eredményei. Minden egyszeres regisztráció céljára definiált NAS és AS biztonsági mechanizmus függetlenül alkalmazható az egyes hozzáférések során a megfelelő security context felhasználásával.

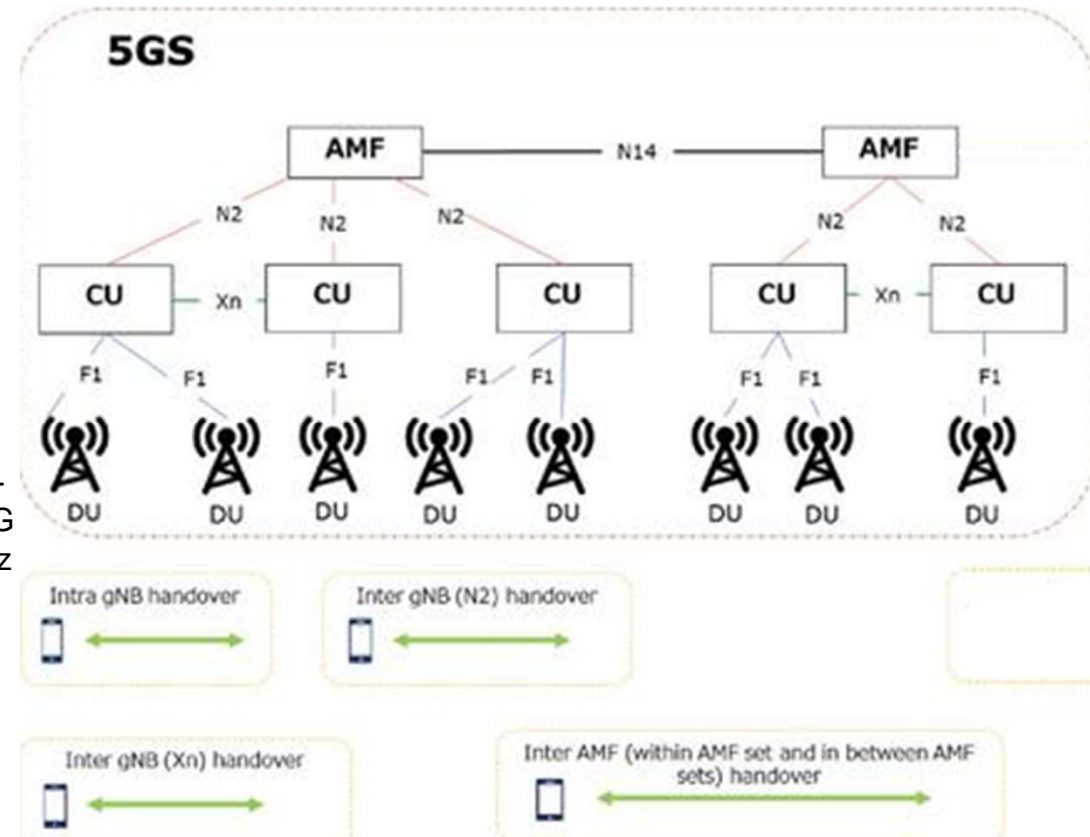
Az adott gNB biztonsági jellemzői alapján a hálózatüzemeltető döntése, hogy az Xn vagy az N2 interfészre alapozott handovert alkalmaz, az utóbbi az AMF közreműködésével, az előbbi anélkül zajlik le.

### Xn handover

A forrás gNB elhelyezi a forrás cellában alkalmazott AS biztonsági algoritmusokat a cél gNB-nek küldött konténerbe, a cél gNB kiválasztja az algoritmust (az UE 5G biztonsági képességei alapján), ha az választott algoritmus más, mint amit a forrás celláé, akkor erről a Handover Command üzenetben értesíti az UE-t. A Path-Switch üzenetben a cél gNB elküldi az UE megkapott 5G biztonsági képességeit az AMF-nek, amit az összevet az UE-ről tárolt információkkal. Ha eltérést tapasztal, akkor a tárolt változatot egy Path-Switch Acknowledge üzenetben küldi el a cél gNB-nek. (Ezt az AMF opcionálisan logolhatja, sőt riaszthat is.)

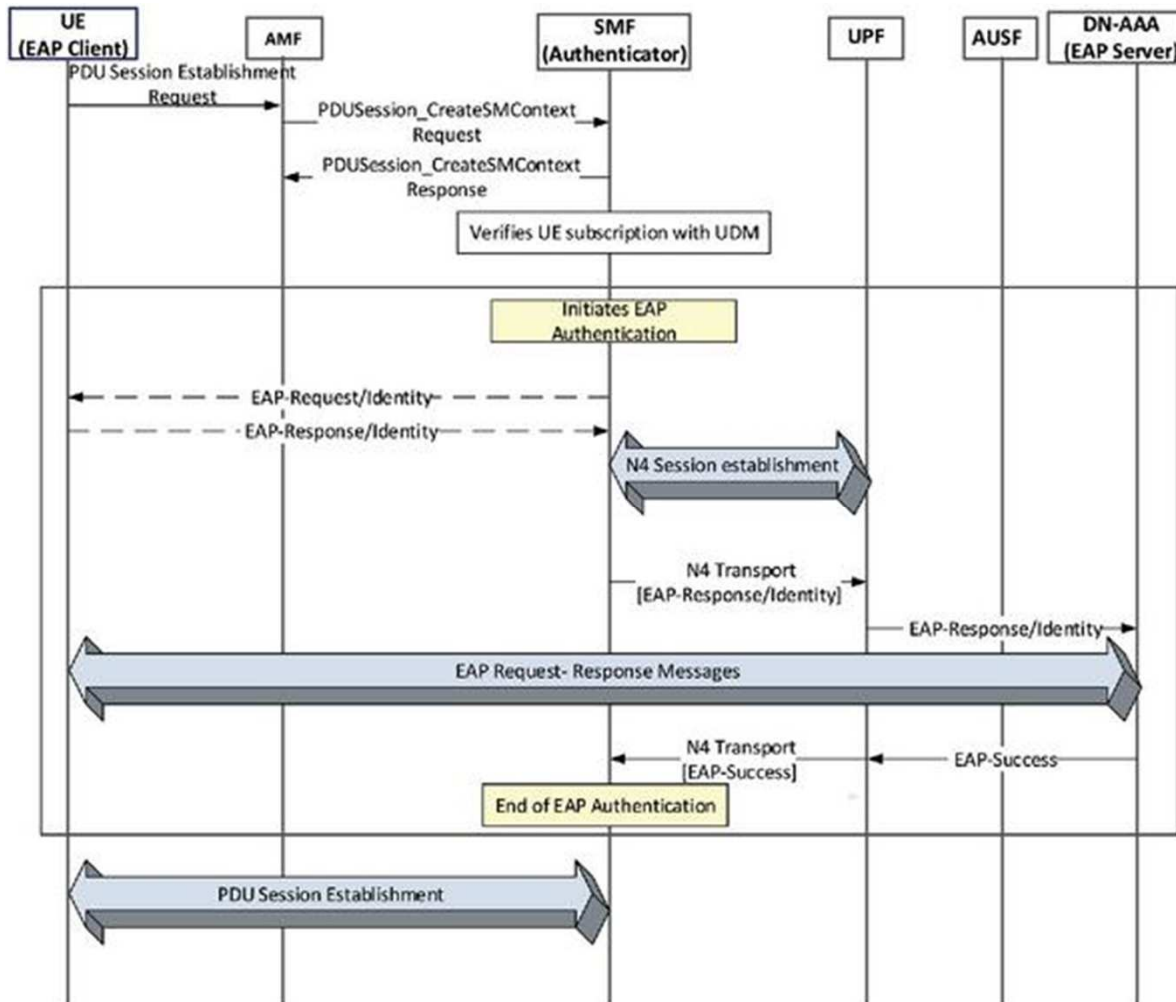
### N2 handover (Inter-AMF handover):

A forrás gNB elhelyezi a forrás cellában alkalmazott AS biztonsági algoritmusokat a cél gNB-nek küldött konténerbe, így a cél gNB képes megfejteni és ellenőrizni a küldött RRC Connection Re-establishment folyamat során küldött üzenetet. Az AMF kezdeményez N2 folyamatokat.



**Intra-gNB-CU handover:** DU-CU különválasztásos gNB-k esetében egy CU felügyelete alá tartozó DU-k közti handover. Eben az esetben nem szükséges a AS security context módosítása, mivel a security végpont változatlan marad, amennyiben az UE nem kap értesítést új AS biztonsági algoritmusról a handover során, akkor ugyanazt az algoritmust használja tovább.

# MÁSODLAGOS HITELESÍTÉS



Az 5G támogatja az UE és egy külső adathálózat közti EAP alapú másodlagos hitelesítést.

Az EAP hitelesítő szerepet a SMF tölti be egy külső DN-AAA szerverre támaszkodva, hogy az UE PDU session kérését hitelesítve megadja a jogosultságot.

Ehhez először ellenőrzi az EU előfizetését az UDM tárolt adatai alapján, majd egy EAP inicializációs lépés után a hitelesítés kérés/válasz üzenetváltás után, ha a hitelesítés sikeres volt létrehozza a PDU sessiont.

Roaming esetén a folyamatban a honos és az idegen hálózat SMF-e is részt vesz, a H-SMF a hitelesítő, a folyamatot az SMF-ek üzenetváltásai koordinálják.

- **DU – CU interfész biztonsága**

- A DU-CU interfész védelmére NSD/IP (Network Domain Security for IP-based Control Plane) megoldás szolgálhat (Security Gateway, with IPsec EPS (Encapsulated Security Payload) alagút módban)

- **Szolgáltatói hálózatok összekapcsolásának biztonsága (roaming)**

- Az N32 interfészen megvalósított szolgáltatói hálózatok összekapcsolása során a PLMN határán elhelyezkedő SEPP valósítja meg az két hálózat NF-jei közti biztonságos üzenetváltásokhoz szükséges funkciókat. Ennek során titkosítást, integritásvédelmet és visszajátszás elleni védelmet biztosít az üzenetek biztonsági ellenőrzése során. A kölcsönös hitelesítés, a jogosultságok ellenőrzése, a titkosítása paraméterek egyeztetése és a kulcsmenedzselés is beletartozik a SEPP biztonsági funkciói sorába.



IPX Internetwork Packet Exchange

- **Az 5G biztonság néhány alkalmazási vonatkozás**

- mMTC: alacsony adatsebesség, korlátozott tápellátás – energiahatékony biztonsági és titkosítási algoritmusok alkalmazását igényli
- URLLC: késleltetési korlátok – biztonsági funkciók komplexitásának (feldolgozási időigényének) az adott követelményekhez illeszkedőnek kell lennie

## **5G menedzsment áttekintése a hálózatszelet menedzselési vonatkozásain keresztül**

### **Ehhez először alapok összefoglalása**

- ITU TMN: menedzsment alapfogalmak
- ETSI NFV: hálózatvirtualizációs architektúra, szolgáltatásláncok
- ETSI NFV MANO: hálózatvirtualizálás menedzselési és üzemeltetési (orchestration: vezérlési/hangolási architektúra)

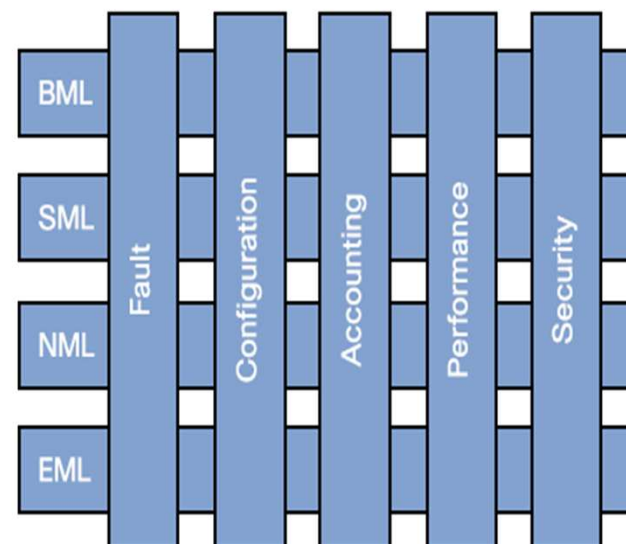
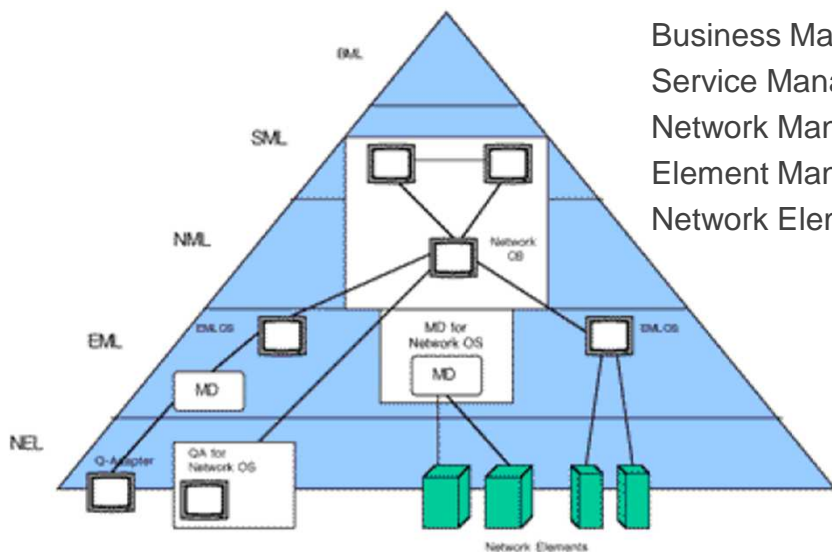
### **Utána**

- Hálózatszeletelés – Szolgáltatása, üzemeltetése
- Menedzsment modellek és architektúra
- Néhány további vonatkozás (erőforrásmodell, hibafelügyelet, teljesítménymenedzsment, stb.)
- Számlázás

### **Végül**

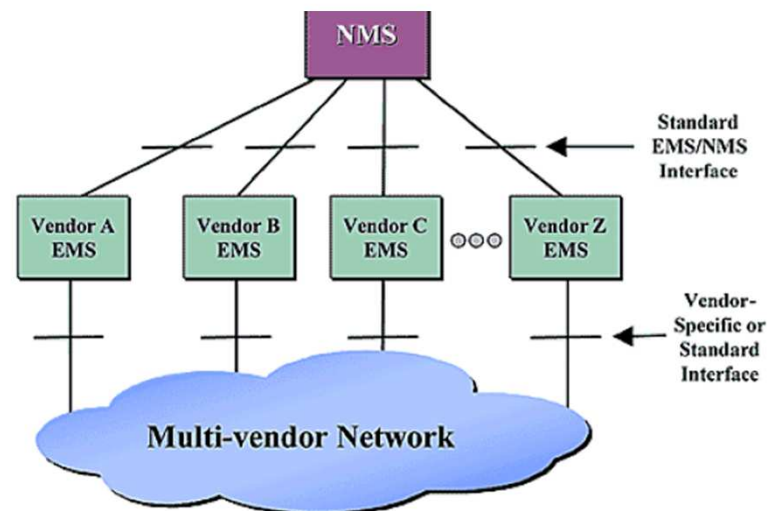
- Feldolgozási szempontok és irodalmak

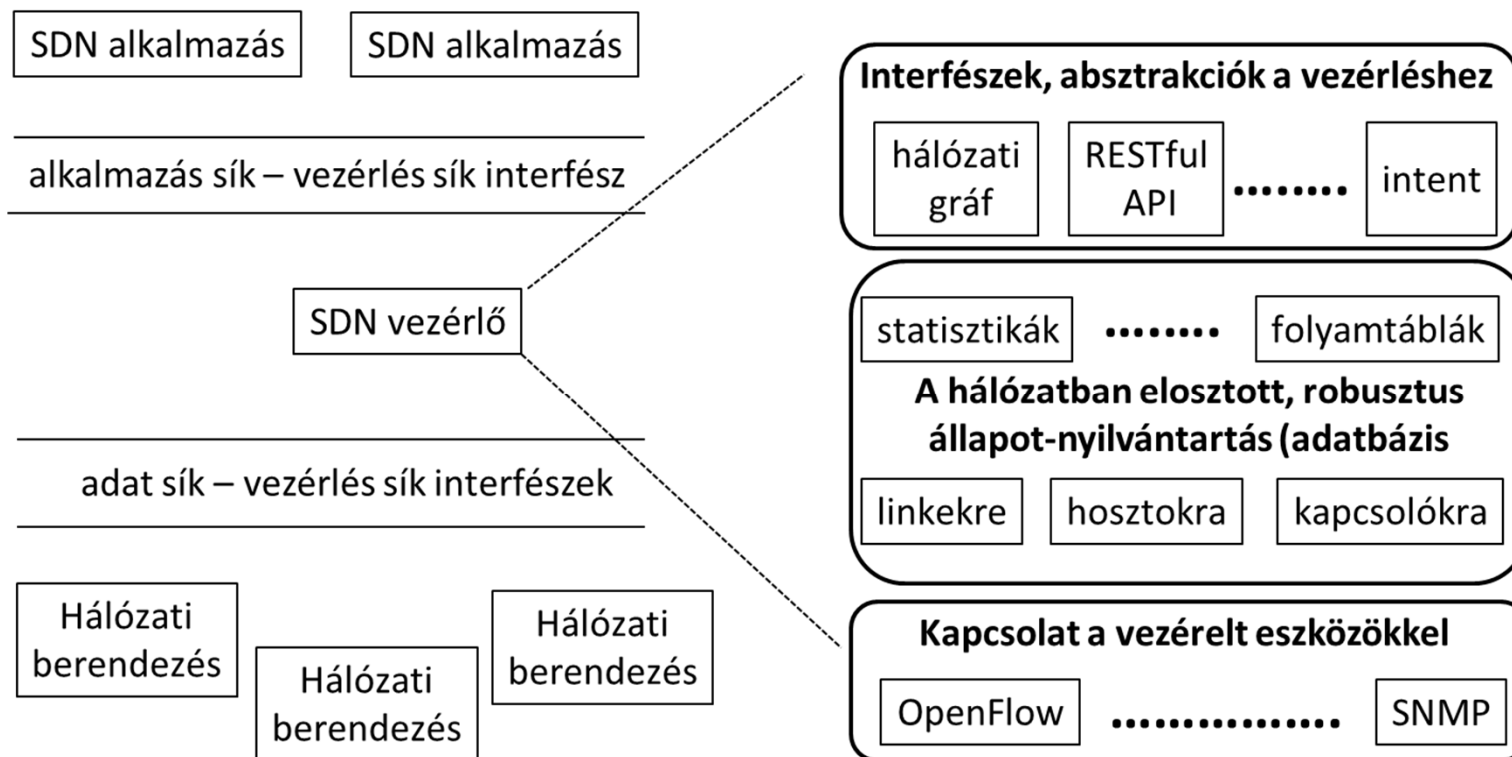




### ITU TMN alapok

- A menedzselte hálózatelemekre épülő funkcionális rétegszerkezet
- Menedzselés szegmensek (hiba, konfiguráció, számlázás, teljesítmény, biztonság – ez utóbbi az üzemeltetés biztonsága értelmében: jogosultságok, logok, stb.)
- Több gyártó termékeiből összeálló hálózat integrált üzemeltetése az elemmenedzser funkcióira (állapotfigyelés, állapotlekérdezés, konfigurálás, stb.) alapozottan

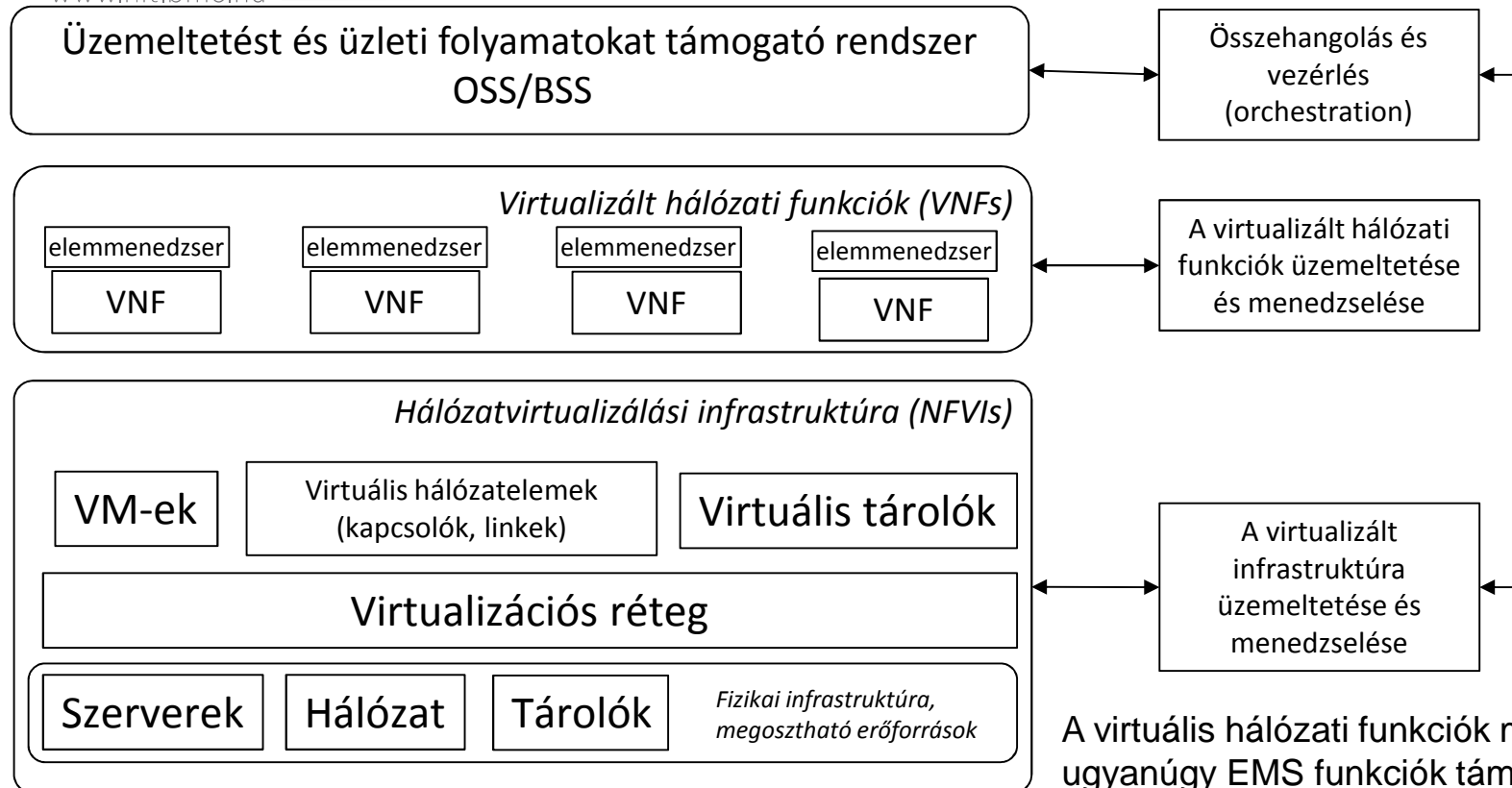




## SDN – Szoftver alapú hálózatok (Software Defined Network)

- A vezérlési sík és az adatsík szétválasztása (az integrált célHW+célSW architektúra – pl. router – helyett elkülönült vezérlési és továbbítási funkció)
- Gyártóspecifikus CLI-k (Command Line Interface) helyett nyílt, szabványos interfész (pl. OpenFlow)
- Hálózati szolgáltatások menedzselés alacsony szintű hálózati funkciók absztrakciója alapján
- Modell alapú konfigurálás (pl. NetConf, YANG), üzemeltetés automatizálhatósága szoftver alapú (virtualizált) hálózati funkciókkal együttműködve

# ALAPOK: ETSI NFV ARCHITEKTÚRA



A virtuális hálózati funkciók menedzselését ugyanúgy EMS funkciók támogatják, mint a hagyományos esetben

Az üzemeltetési funkciók és folyamatok ezek szolgáltatásaira épülnek

Alapvető különbség a hagyományos esettel összevetve, hogy a fizikai infrastruktúra menedzselés mindezzel összefüggő, de elkülönült funkció.

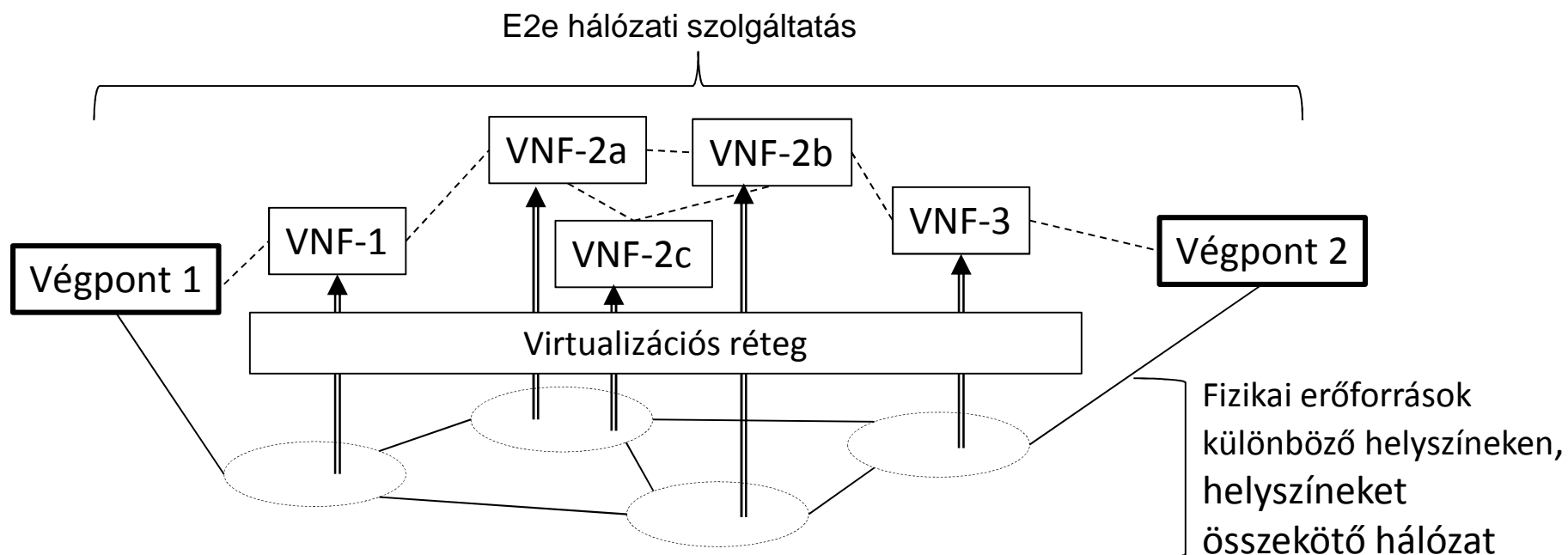
## ETSI NFV alapok: virtualizációs architektúra

Fizikai infrastruktúra

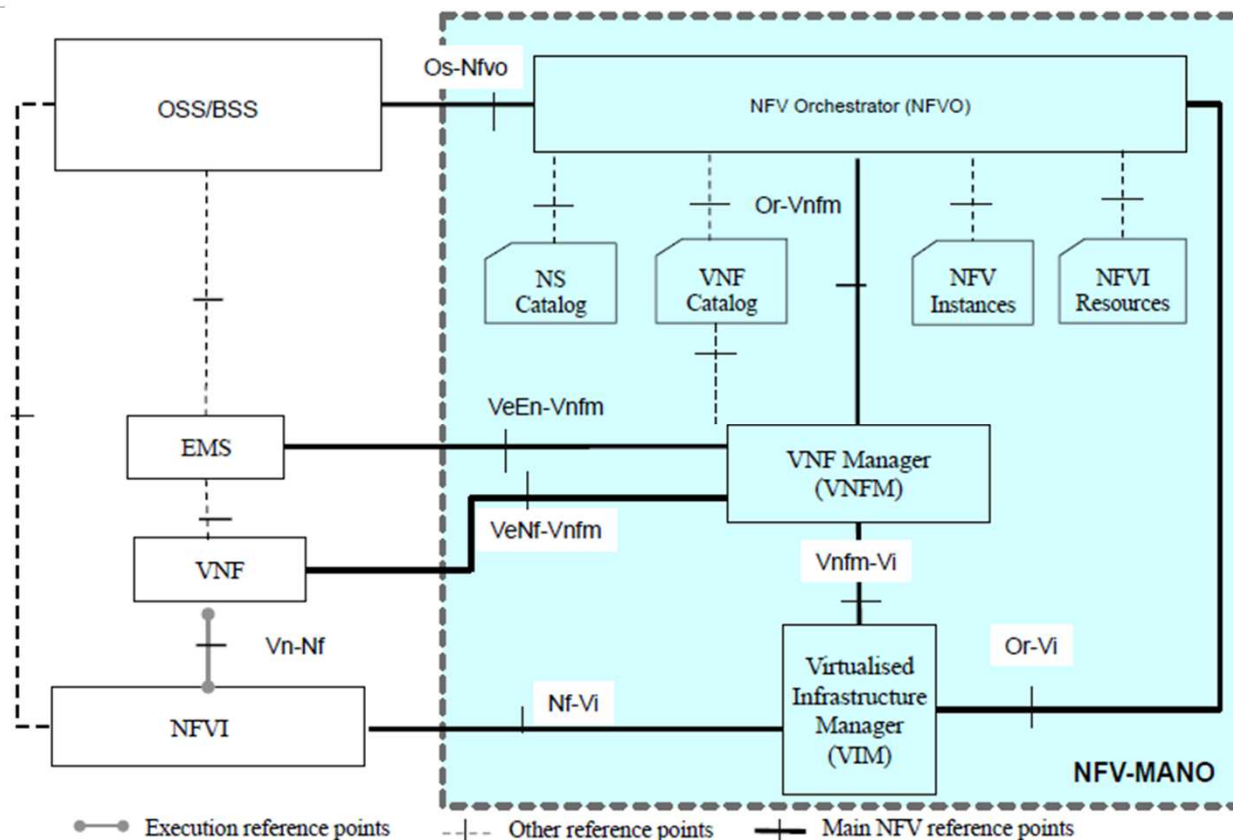
Virtualizációs réteg

Virtuális infrastruktúra

Virtuális hálózati funkciók

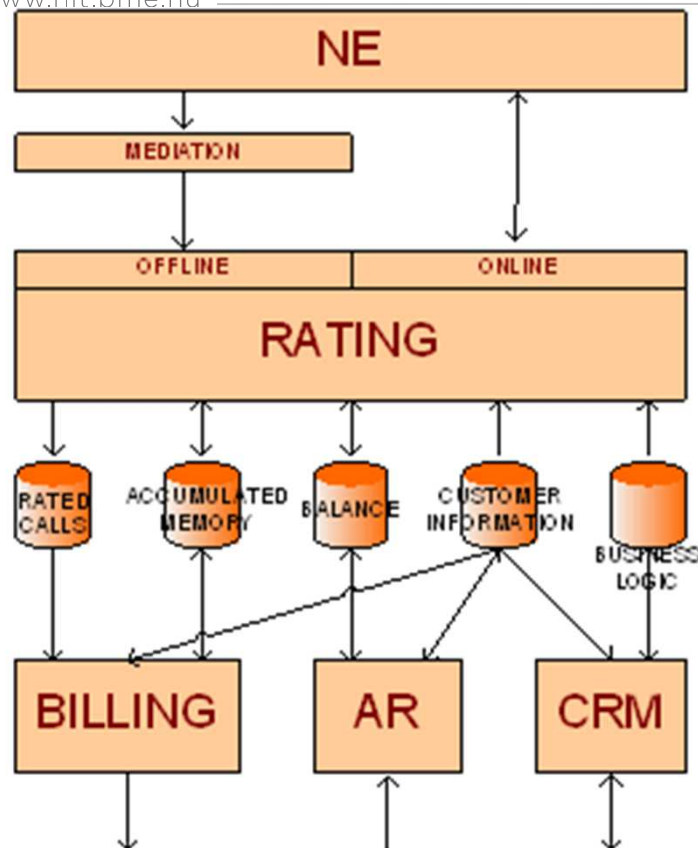


- Hálózati funkciók láncolása komplex (több hálózati funkciót is magában foglaló) szolgáltatások kialakítására
- Az egyes virtuális funkciók megvalósítása az infrastruktúrán el van fedve az e2e szolgáltatás előtt, kivéve ha valamilyen speciális előírás (policy constraint) szükségessé teszi (pl. helyfüggő szolgáltatás megvalósítása)
- Az egyes funkciók különböző földrajzi helyeken valósíthatók meg
- Továbbítási gráf a funkciók megfelelő sorrendű bejárásához (pl. tűzfal, NAT, terhelésszétosztás)



## ETSI MANO funkcionális blokkok

- NFV Orchestrator: szolgáltatások, szolgáltatásláncok létrehozása, élettartam menedzsmentje (átskálázás, teljesítménymérés, eseménykezelés, megszüntetés)
- VNF Manager: virtuális hálózati funkció példányok élettartam menedzsmentje, koordináció a virtualizációs infrastruktúra (NFVI) és elemrendszerek között
- Virtualised Infrastructure Manager (VIM): a számítási, tárolási és hálózati erőforrások vezérlése és menedzselése, teljesítménymérés és eseménykezelés



### Input

Hálózati elemek (NE): számlázáshoz szükséges információk (tranzakciók, idő, adatmennyiség, stb.)

AR: befizetések (bank)

CRM: előfizetési adatok (számlacsomag)

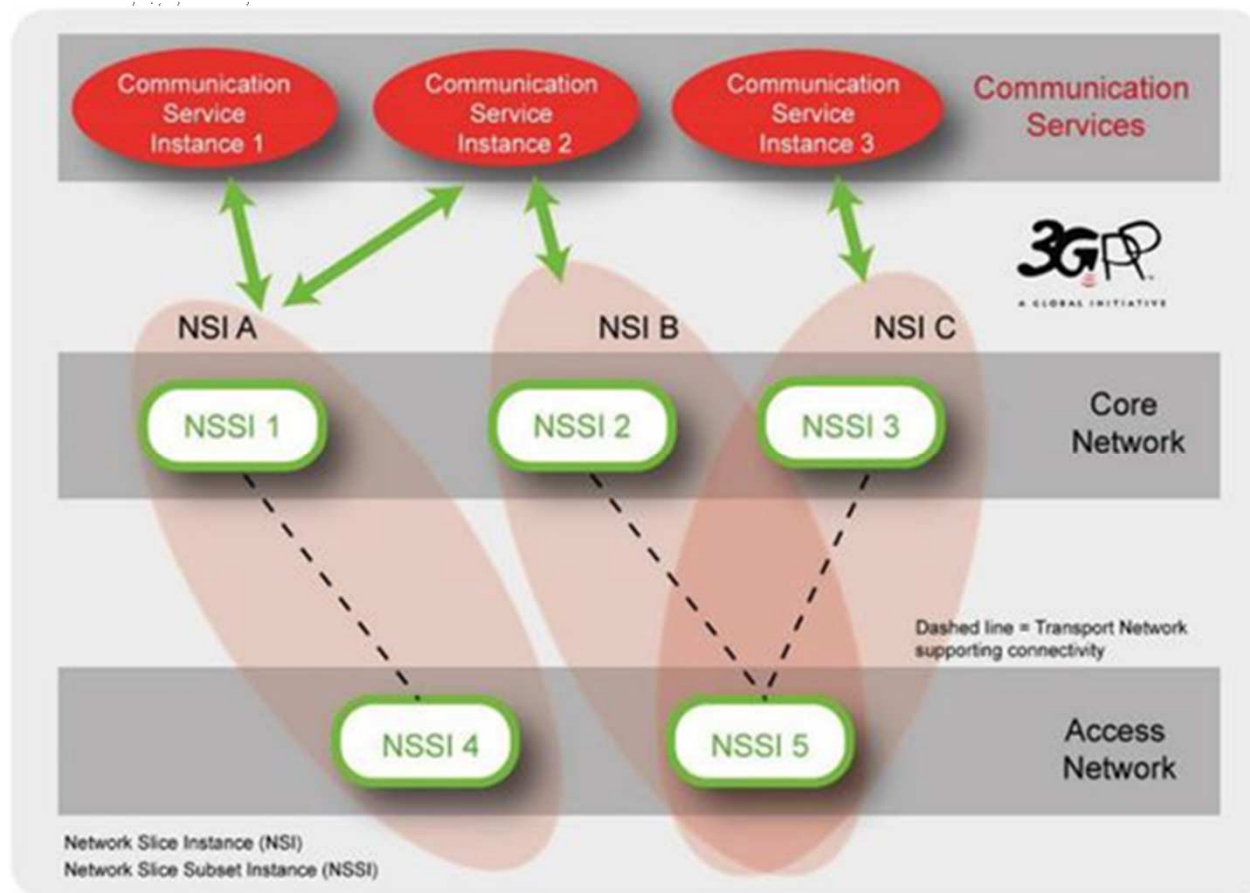
### Output:

Hálózati elemek: control

Billing: Számlák (printshop)

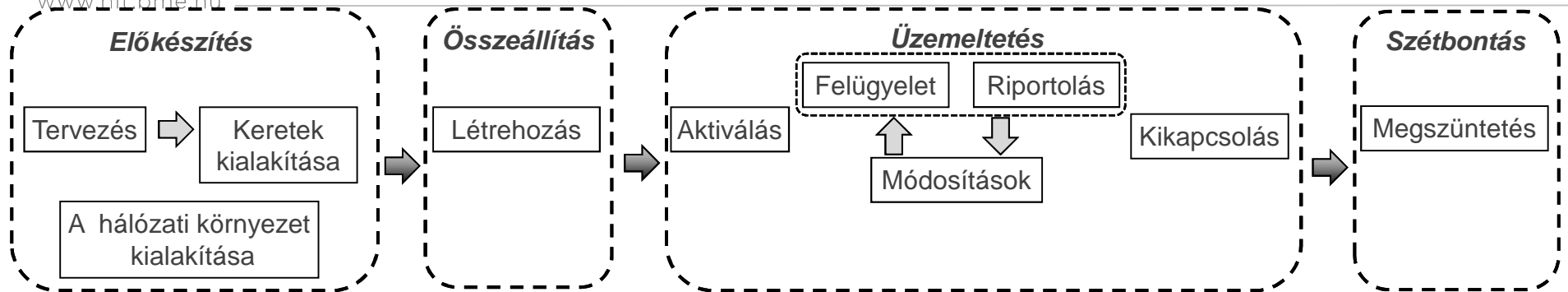
CRM: számlák és befizetések nyilvántartása

- **Mediation:** különböző HW elemektől érkező adatok egységes formátumra hozása, felesleges rekordok eldobása
  - a különböző gyártók különböző üzeneteket küldenek (Ericsson, Siemens, Nokia, Nortel)
  - más formátumban jön számlázási információ a honos hálózatból, és más Roaming során.
- **Rating:** a felhasználó által igényelt szolgáltatás árának előállítása (transzformáció) a következők függvényében:
  - a felhasználó által előfizetett szolgáltatások
  - a felhasználó által megrendelt kedvezmények
  - az igényelt szolgáltatás paraméterei, a felhasználó paraméterei, beállításai, a felhasználó eddigi viselkedése
- **Billing:** a havi adatokból a számlainformációk előállítása (igényelt szolgáltatások, kedvezmények)
  - a számla megformálása, a nyomtatandó / elküldendő file előállítása
  - adatok az A/R-nak
- **Accounts/Receivable (A/R)**
  - pénzügyek kezelése, számlabefizetések (banki tranzakciók)
  - pre-paid kártyák (top-up) kezelése
  - figyelmeztetések, felszólítások, forgalomfelügyelet (credit limit check)
  - pénzügyi kimutatások készítése
- **Customer Relationship Management (CRM)**
  - előfizetők definiálása, információk tárolása
  - szolgáltatások definiálása, eladása, paraméterek tárolása
  - készülékek eladása (részletfizetés)
  - különböző egyéb akciók



- **Hálózatszeletelés:** változatos kommunikációs szolgáltatások nyújtása több hálózati szelet példány által (NSI - Network Slice Instance)
  - Az NSI-k különböző alkotórészei alhálózatokra oszthatók (NSSI - Network Slice Subnet Instance): maghálózati (5G Core és transzport) és hozzáférési hálózati (5G RAN).
  - Ez strukturálás lehetővé teszi , hogy az alkotó alhálózatok a hálózati szelettől függetlenül legyenek menedzselhetők élettartamuk során.

Az 5G hálózatok és hálózati szeletek üzemeltetése, adminisztrálása és fenntartása (OAM), amit a virtualizált hálózatok világában orchestrationnek is neveznek a következő főbb szempontok alapján írható le: üzemeltetési koncepció és architektúra, szolgáltatások nyújtása és menedzselése, hálózati erőforrásmodell, hiba-, teljesítmény-, követés(trace: pl. végkészülék, felhasználó nyomonkövetése)- menedzsment, a virtualizációs vonatkozások menedzselése.  
(A továbbiakban *mindennek az összefoglaló áttekintése a hálózati szeletek menedzselésének alapvető vonatkozásai alapján.*)



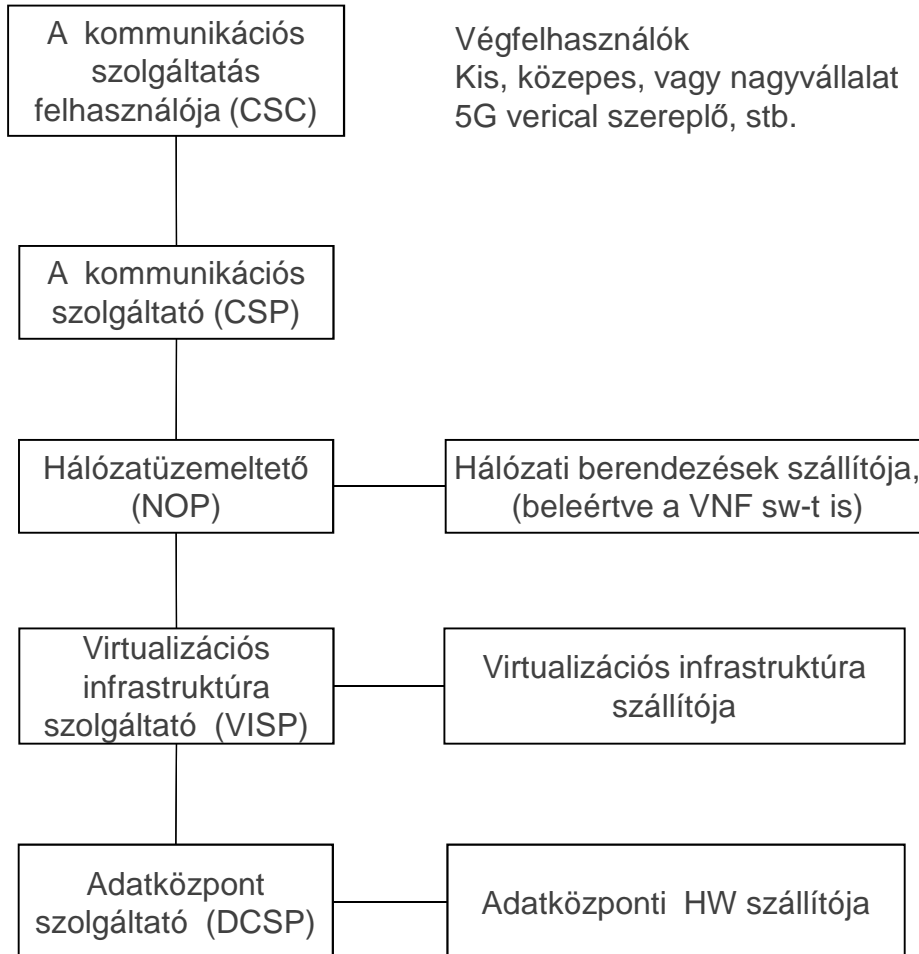
### Egy hálózati szelet példány ((NSI - Network Slice Instance) életciklusa

- 1. Előkészítés:** Ebben a szakaszban az NSI még nem létezik
  - Követelmények elemzése, template megtervezése, kapacitások megtervezés, a hálózati környezet kialakítása
- 2. Összeállítás:** Ebben a szakaszban jön létre a hálózati szelet
  - A hálózati szelet példány létrehozása, az ehhez szükséges hálózati erőforrások hozzárendelése, konfigurálása, új meghatározó alkotóelemek létrehozása, meglévők módosítása
- 3. Üzemeltetés:** Ebben a szakaszban szükség esetén a hálózati szelet módosulhat
  - Ebben a szakaszban szükség esetén a hálózati szelet módosulhat
  - Bekapcsolás, felügyelet és riportolás (pl. teljesítményjellemzőké, Key Performance Indicator KPI), erőforrások kapacitásának újratervezése, módosítása, a hálózati szelet lekapcsolása
- 4. Szétbontás:** Ezzel a hálózati szelet megszűnik
  - A dedikált alkotóelemek felszabadítása, a lekapcsolt hálózati szelet példányra vonatkozó beállítások törlése az osztott alkotóelemek konfigurációjából

### Egy hálózati szelet alhálózati példányára (NSSI) ehhez hasonlóan:

- létrehozás, aktiválás, módosítás, kikapcsolás, szétbontás





- Az egyes szereplők különböző relációkban felhasználók vagy szolgáltatók
- Egy szervezet egyidejűleg több szerepet is betölthet

Communication Service Customer - CSC

Communication Service Provider - CSP

Network Operator - NOP

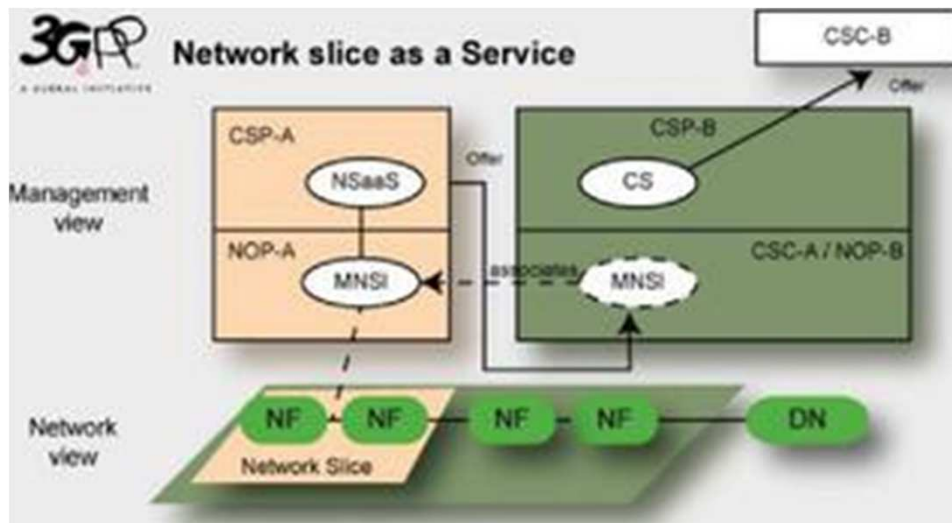
Network Equipment Provider - NEP

Virtualization Infrastructure Service Provider - VISP

Data Centre Service Provider - DCSP

NFVI (Network Functions Virtualization Infrastructure) Supplier - NFVI S

Hardware Supplier -HS



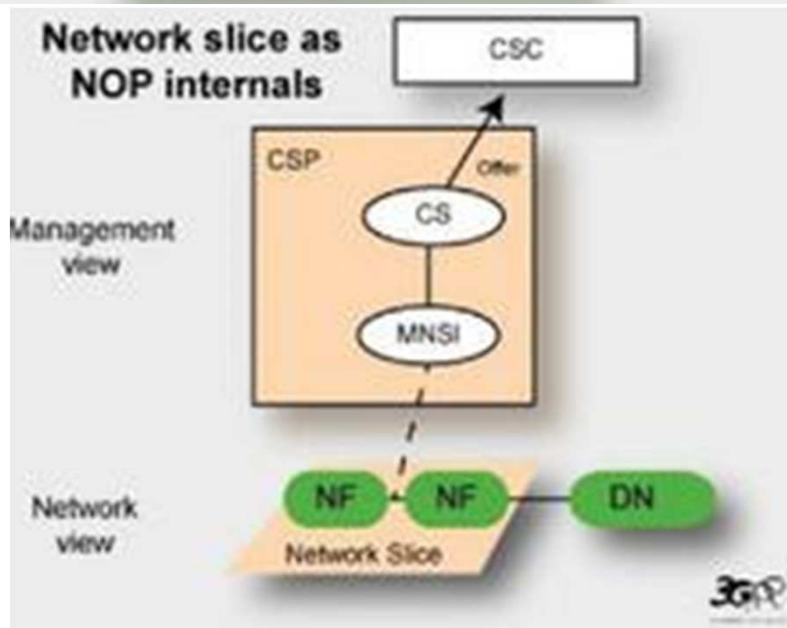
### Network Slice as a Service

Szolgáltatásként nyújtott hálózati szelet

- A kommunikációs szolgáltató a felhasználóinak nyújtja
- A felhasználó maga menedzselheti a NSI-t (a megfelelő interfészhez hozzáférve), és saját (vég)felhasználói számára szolgáltatásokat nyújthat (CSP szerepben)

MNSI - Managed Network Slice Instance

CS - - Communication Service



### Network Slices as a NOP (Network Operator) Internals

A hálózati szolgáltató saját felhasználású hálózati szeletei (pl. belső optimalizációs célokra)

- Közvetlenül nem kommunikációs szolgáltatások, ezért nem láthatók a kommunikációs szolgáltatások felhasználói számára
- A végfelhasználó opcionálisan monitorozhatja (pl. hiba, teljesítmény, stb.) az általa igénybe vett szolgáltatásokat

A menedzsment architektúra mindkét esetben szolgáltatásorientált, menedzsmentszolgáltatások felhasználóval és létrehozóval

### A menedzsment architektúra

- A menedzsment architektúra szolgáltatásorientált (mint a teljes 5G SOA): menedzsmentszolgáltatások felhasználóval és létrehozóval, a menedzsment szolgáltatás felhasználója kér valamilyen beavatkozás szolgáltatást nyújtótól a hibakezelési szolgáltatás keretében.
- A menedzsment szolgáltatás képességeket ajánl, amelyeket szolgáltatási komponensek valósítanak meg, és amelyeket a szolgáltatás felhasználója szabványos interfészeken ér el
  - A menedzsment szolgáltatások alapján egyszerű műveletek és jelzések adják, amelyek általánosak, nem függenek a menedzselt elemtől (Management service component type A)
  - A menedzselt információkat a menedzselt elem információs modellje reprezentálja (Management service component type B), valamint
  - A menedzselt elem teljesítményére és hibaállapotára vonatkozó információkkal (Management service component type C) egészül ki a menedzsment támogató összetevők készlete
- A menedzsment szolgáltatások különböző rétegkehehez kapcsolódnak, pl. a hálózati szolgáltatást nyújtó szolgáltatás kapcsolódhat a hálózathoz, vagy egy hálózati szelet példányhoz
- A hálózatmenedzsment automatizálhatóságához szükséges asztrakciót új funkciók támogatják:
  - Communication Service Management Function (CSMF)
  - Network Slice Management Function (NSMF)
  - Network Slice Subnet Management Function (NSSMF)



### **Hálózati erőforrás modell (Network Resource Model - NRM)**

- A menedzsment interfész információs objektumainak osztályattribútumainak és relációinak szemantikája,
- Osztályok (Information Object Class - IOC) 5G Core funkciók és szolgáltatásai, NR-RAN összekapcsolási opciók (standalone: csak 5G, non-standalone : 5G és LTE), split ( DU, CU-CP, CU-UP) támogatására, JSON (JavaScript Object Notation) adatmodellezés

### **Hibafelügyelet**

- Hibafelügyelet (hibajelzés, hibakezelés, log, stb.) orientált menedzsment szolgáltatások

### **Teljesítményadatok és teljesítmény menedzsment**

- A különböző alkalmazási területekhez (5G Verticals) illeszkedő szolgáltatásoknak eltérőek a teljesítményjellemzői (Key Performance Index – KPI)
- Kommunikációs szolgáltatások e2e jellemzése
- Ezekhez illeszkedő valós idejű adatgyűjtési és –feldolgozási funkciók

### **Menedzsment és virtualizáció**

- Virtualizáció az 5G Core-ban (funkciók, szolgáltatások) és az NG-RAN-ban (DU-CU split) is
- PLNM menedzsment funkciók és kiterjesztésük ETSI NFV MANO ((Network Functions Virtualization, Management and Orchestration) alapon

### **Készülékek és felhasználók követése (trace)**

- Session szintű információgyűjtés üzemeltetési célokra (felhasználói panaszra vezető hibák elhárítása, erőforrások, funkciók teljesítményének monitorozása és optimalizálása): esetek (use case), gyűjtendő adattartalom, feldolgozás és hálózati paraméterekkel összekapcsolás

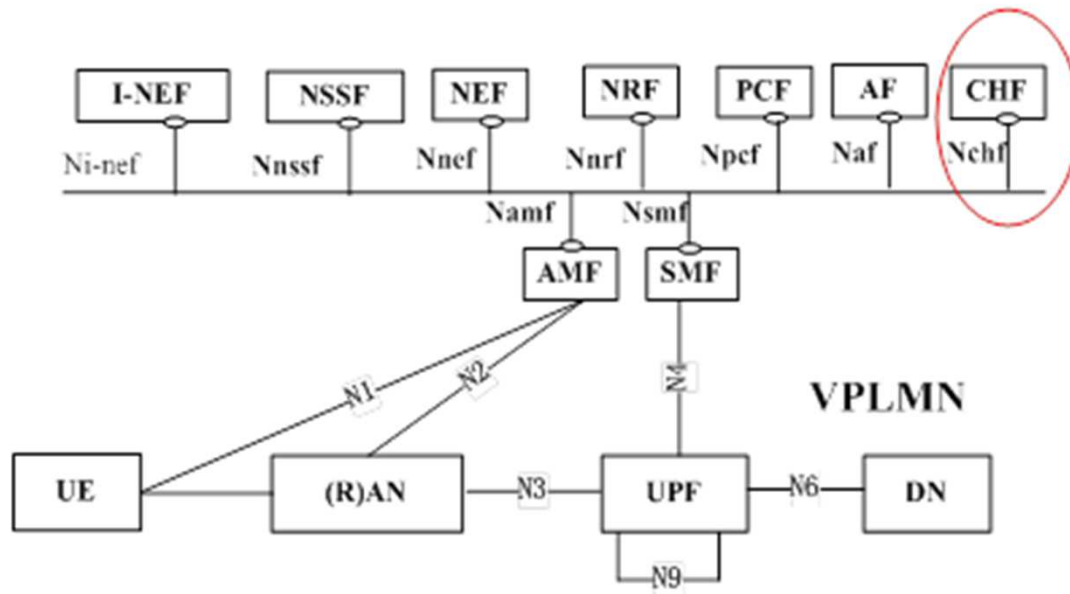
### **Energiahatékonyság**

- Energiahatékonysági KPI-k, kapcsolódó monitorozási és vezérlési szolgáltatások

Az 5G technológia kereskedelmi (nyilvános hálózati szolgáltatás) célú felhasználásához

### Architektúra, interfész, funkciók, szolgáltatások

- Szolgáltatás alapú funkció, szolgáltatások és interfész az 5G SOA-ba integráltnan (Charging Function - CHF, Nchf)
- Online és offline számlázás, korlátozások (Spending Limit Control) kezelése és kapcsolódó szolgáltatás a PCF-nek (Policy Control Function) a hozzáféréssel kapcsolatos szabályok támogatására
- Interfész a számlakiállító (Billing) rendszerrel



### Adatkapcsolat számlázása

- SMF és CHF együttműködésre alapozottan
- Rugalmas, hálózat szeletenként (NSI) eltérő szabályok a szolgáltatáshoz illeszkedően
- QoS alapú számlázás, akár doméneken átnyúlóan is (roaming HPLMN-VPLMN, Home-routed eset)
- Elosztott 5GC-re, helyi kilépő forgalomra (Local breakout) is
- Alkalmazások számlázásának (pl Edge Computing) támogatása



HÁLÓZATI RENDSZEREK  
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK  
TANSZÉK



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

# Irodalom és feldolgozási szempontok

## Általános feldolgozási szempontok

Az elsődleges feldolgozási szempont az 5G motivációk (megcélzott alkalmazási területek, ezekből származtatható követelmények), célkitűzések és az ezeket szolgáló alapelvek (szolgáltatás alapú architektúra és interfészek) megértése.

Az architektúrális szerkezet (funkciók, szolgáltatások) megértése, RESTful API és JSON alapú megvalósításának alapelvei.

Alapvető biztonsági, menedzselési és számlázási vonatkozások áttekintése

A vizsgára például kiválasztható egy alkalmazási terület (verticals) és azon keresztül mutathatók be a fenti vonatkozások

## Az összefoglaló alapját jelentő cikkek (ennek szerkezetét követik a slide-ok)

- Mobile IP, The Internet Protocol Journal Vol 4, Num 2, June 2001

<https://ipj.dreamhosters.com/wp-content/uploads/issues/2007/ipj4-2.pdf>

mellett az alábbi további irodalmak

## Részletes leírás az architektúráról és a kapcsolódó megfontolásokról, megoldásokról

- 5G PPP Architecture Working Group View on 5G Architecture Version 3.0, June 2019

[https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2019/07/5G-PPP-5G-Architecture-White-Paper\\_v3.0\\_PublicConsultation.pdf](https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2019/07/5G-PPP-5G-Architecture-White-Paper_v3.0_PublicConsultation.pdf)

## 3GPP szabványok (nem minden esetben a legfrissebbek, hanem azok közül néhány, amiket felhasználtam)

- 3GPP TS 23.501 V16.4.0 (2020-03) System architecture for the 5G System (5GS); Stage 2 (Release 16)

<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3144>

- 3GPP TS 33.501 V16.2.0 (2020-03) Security architecture and procedures for 5G system

[https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/33\\_series/33.501/](https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/33_series/33.501/)

## Alkalmazási területek és példák áttekintő elemzése (ezek közül lehet pl. egyet feldolgozni a vizsgához)

- 5G at the Edge, 5G Americas Whitepaper, Oct 2019,  
<https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/10/5G-Americas-EDGE-White-Paper-FINAL.pdf>
- New Services & Applications with 5G Ultra-Reliable Low Latency Communications, 5G Americas Whitepaper, Nov 2018  
[https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/07/5G\\_Americas\\_URLLLC\\_White\\_Paper\\_Final\\_updateJW.pdf](https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/07/5G_Americas_URLLLC_White_Paper_Final_updateJW.pdf)
- 5G Communications for Automation in Vertical Domains, 5G Americas Whitepaper, Nov 2018  
[https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/07/5G\\_Americas\\_White\\_Paper\\_Communications\\_for\\_Automation\\_in\\_Vertical\\_Domains\\_November\\_2018.pdf](https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/07/5G_Americas_White_Paper_Communications_for_Automation_in_Vertical_Domains_November_2018.pdf)
- 5G - The Future of IoT, 5G Americas Whitepaper, July 2019  
[https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/07/5G\\_Americas\\_White\\_Paper\\_on\\_5G\\_IOT\\_FINAL\\_7.16.pdf](https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/07/5G_Americas_White_Paper_on_5G_IOT_FINAL_7.16.pdf)
- 5G and the Cloud, 5G Americas Whitepaper, Dec 2019  
[https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/12/5G-Americas\\_5G-and-the-Cloud..pdf](https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/12/5G-Americas_5G-and-the-Cloud..pdf)
- The Evolution of Security in 5G, 5G Americas Whitepaper, July 2019,  
[https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/08/5G-Security-White-Paper\\_8.15.pdf](https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/08/5G-Security-White-Paper_8.15.pdf)
- Global 5G: Implications of a Transformational Technology, 5G Americas Whitepaper, 2019,  
<https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/09/2019-5G-Americas-Rysavy-Implications-of-a-Transformational-Technology-White-Paper.pdf>

## 3GPP szabványok (nem minden esetben a legfrissebbek, hanem azok közül néhány, amiket felhasználtam)

- 3GPP TS 23.501 V16.4.0 (2020-03) System architecture for the 5G System (5GS); Stage 2 (Release 16)  
<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3144>
- 3GPP TS 33.501 V16.2.0 (2020-03) Security architecture and procedures for 5G system  
[https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/33\\_series/33.501/](https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/33_series/33.501/)





HÁLÓZATI RENDSZEREK  
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK  
TANSZÉK



# Függelék



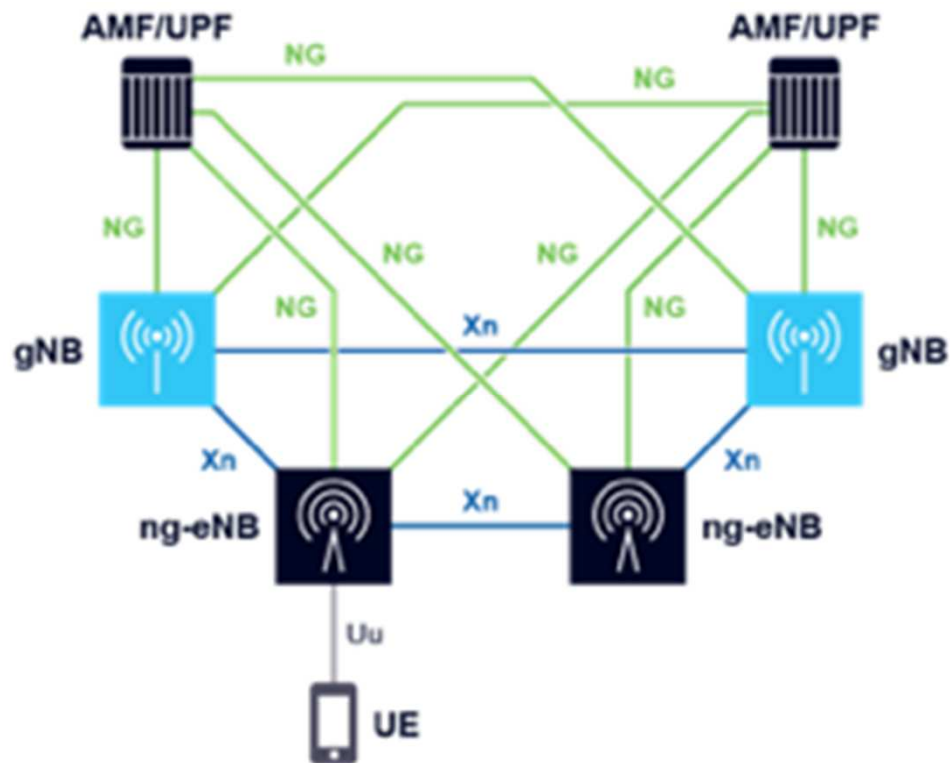
HÁLÓZATI RENDSZEREK  
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK  
TANSZÉK



# 5G RAN architektúra

NOKIA Cloud Packet Core (CPC) Certification and Evaluation to 5G Learning Program Sample Content

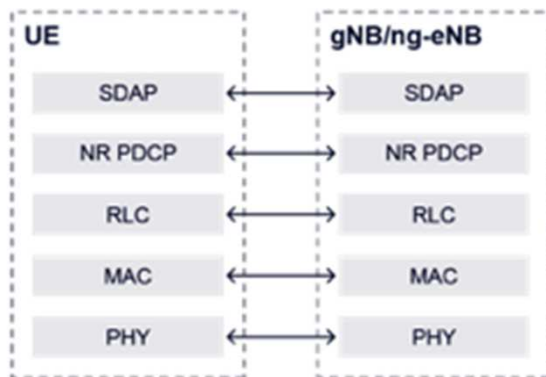
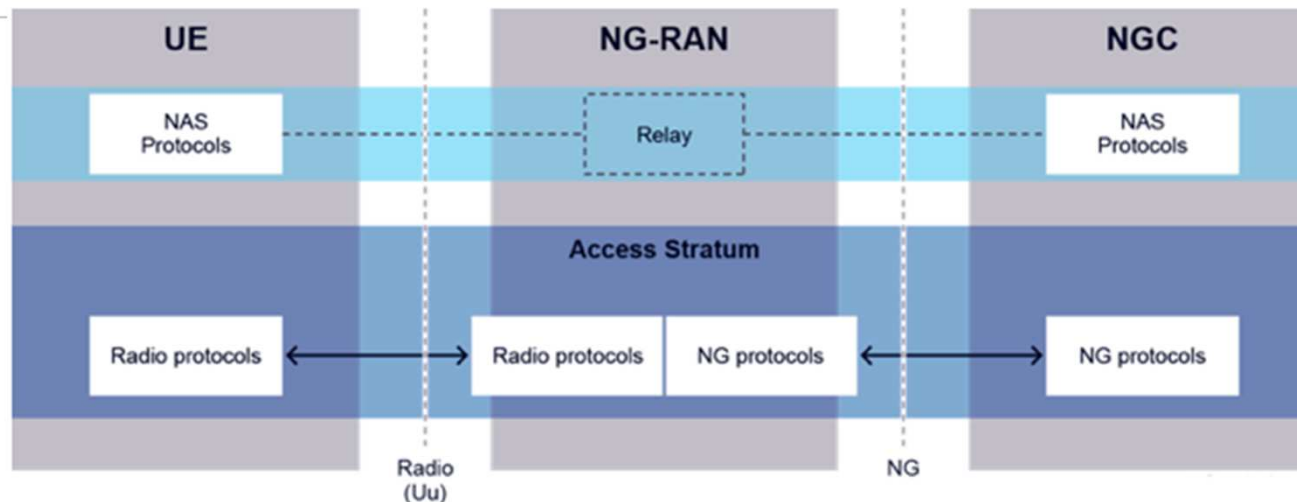
Forrás: <https://onestore.nokia.com/asset/206991>



- ng-eNB E-UTRA UP és CP végződtetés EU felé
- gNB NR UP és CP végződtetés EU felé

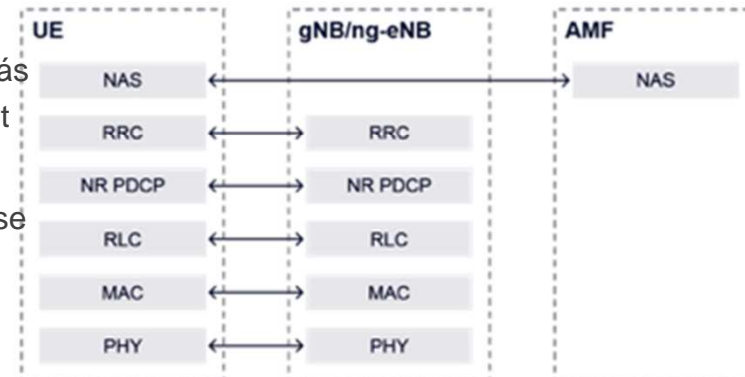
- CP: RRM
- UP. (data plane) IP header kompresszió, felhasználói adatok titkosítása
- Új funkciók a slicing támogatására

# NG-RAN PROTOKOLLOK ÉS INTERFÉSZEK



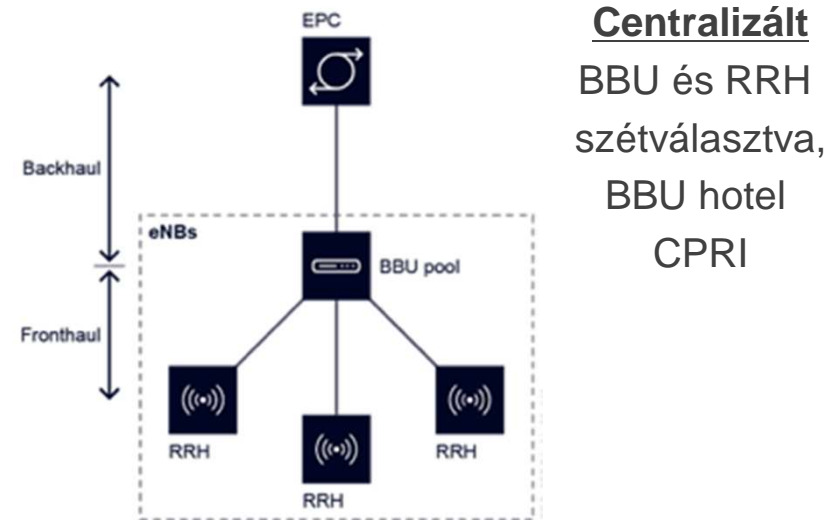
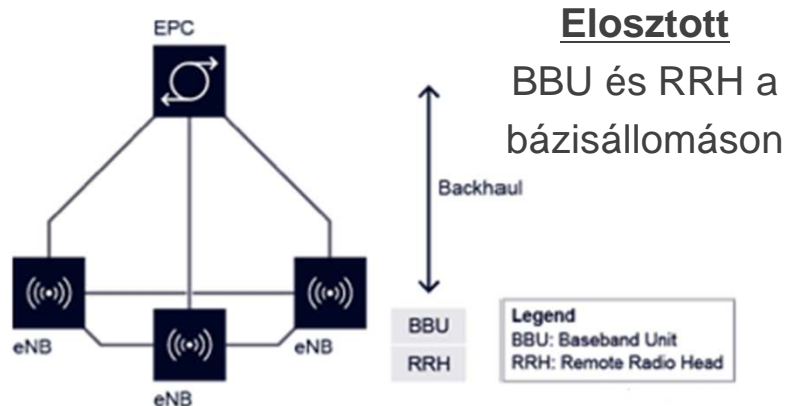
User-plane protocol stack for Uu interface

SDAP: 5G QoS architektúra támogatás  
bearerek helyett finomabb felbontást  
biztosító QoS-flow-k  
PDU-k összekapcsolása és sorrendezése  
RLC helyett PDCP-ben  
Fizikai rétegben új,  
pl. MIMO, Beam Forming



Control-plane protocol stack for Uu interface

- NG-RAN UE és NGC felé AS (Access Stratum) protokollokkal kommunikál (Uu és NG interfész)
- A NAS (Non-Access Stratum) üzeneteket az NG-RAN transzparensen továbbítja az UE és a NGC között (ezek kommunikációs session létrehozásáért, és az UE mozgása közbeni fenntartásáért felelősek)



CPRI: Common Public Radio Interface

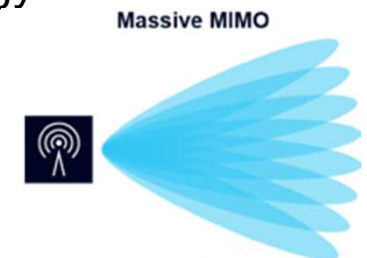
## Komplex funkciók (BBU, RRH) szeparálása

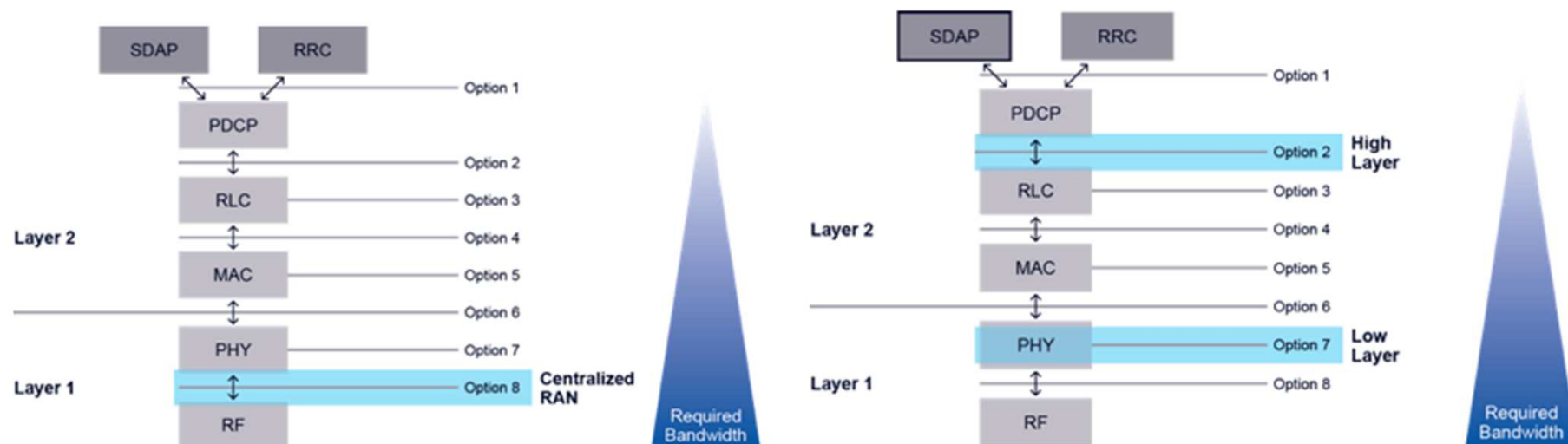
A centralizált architektúra előnyei

- Alacsonyabb üzemeltetési és fenntartási költségek (erőforrások megoszthatósága, kevesebb infrastruktúra-helyszín)
- Jobb minőségű szolgáltatás (cellák közötti koordináció vezérlése egy helyen)

A centralizált architektúra korlátai

- Távolság, késleltetés, sávszélesség igény
- MIMO: antennánként dedikált CPRI link – 5G-re nem skálázódik

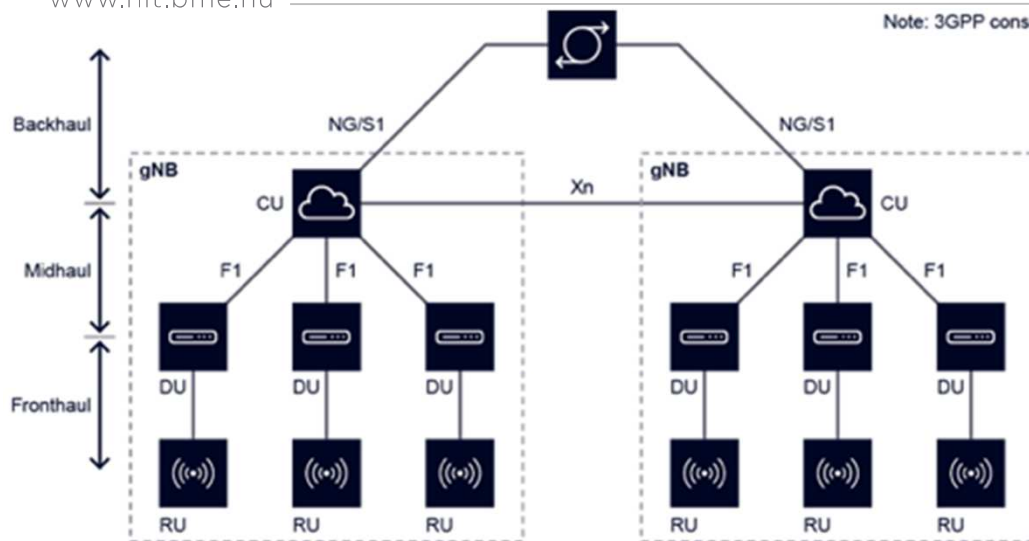




## Protokollrétegek szeparálása

- Különböző opciók
- Op7 Low Layer split: inter PHY split, egy része az RF-ben marad
- Op2 High Layer split: minden feldolgozási funkció a PDCP alrétegben
- LLS egy nagyságrenddel kisebb transzportkapacitás-igény (Fronthaul), mint a C-RAN,
- HLS ennél is kisebb

# A RAN ARCHITEKTÚRA FEJLŐDÉSE 3



## Interfészek

- E1. CU-UP és CU-CP között
- F1 interfészek: DU csatlakoztatására

## Fronthaul (több protokollra alapozottan)

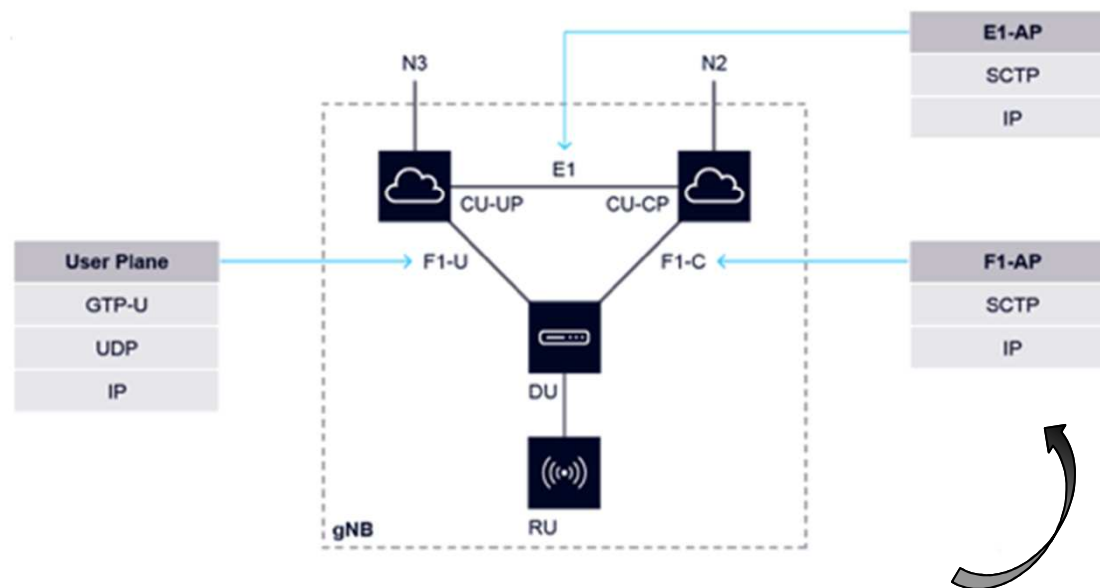
- eCPRI
- IEEE 802.1CM (Time-Sensitive Networking for Fronthaul)

**Legend**  
CU: Centralized Unit  
DU: Distributed Unit  
RU: Radio Unit

SCTP: Stream Control Transmission Protocol  
GTP-U: GPRS Tunnelling Protocol User Plane

## Cloud RAN

- BBU valós és nem valós idejű részfunkciókra bontása,
- RU (Radio Unit). RF feldolgozás és a PHY funkciók egy része
- DU (Distributed Unit): PHY valós idejű feldolgozást igénylő része, további alrétegek (MAC, RLC)
- CU (Centralized Unit) PDCP, SDAP RCC virtualizáltan (számítási felhőben) megvalósíthatók





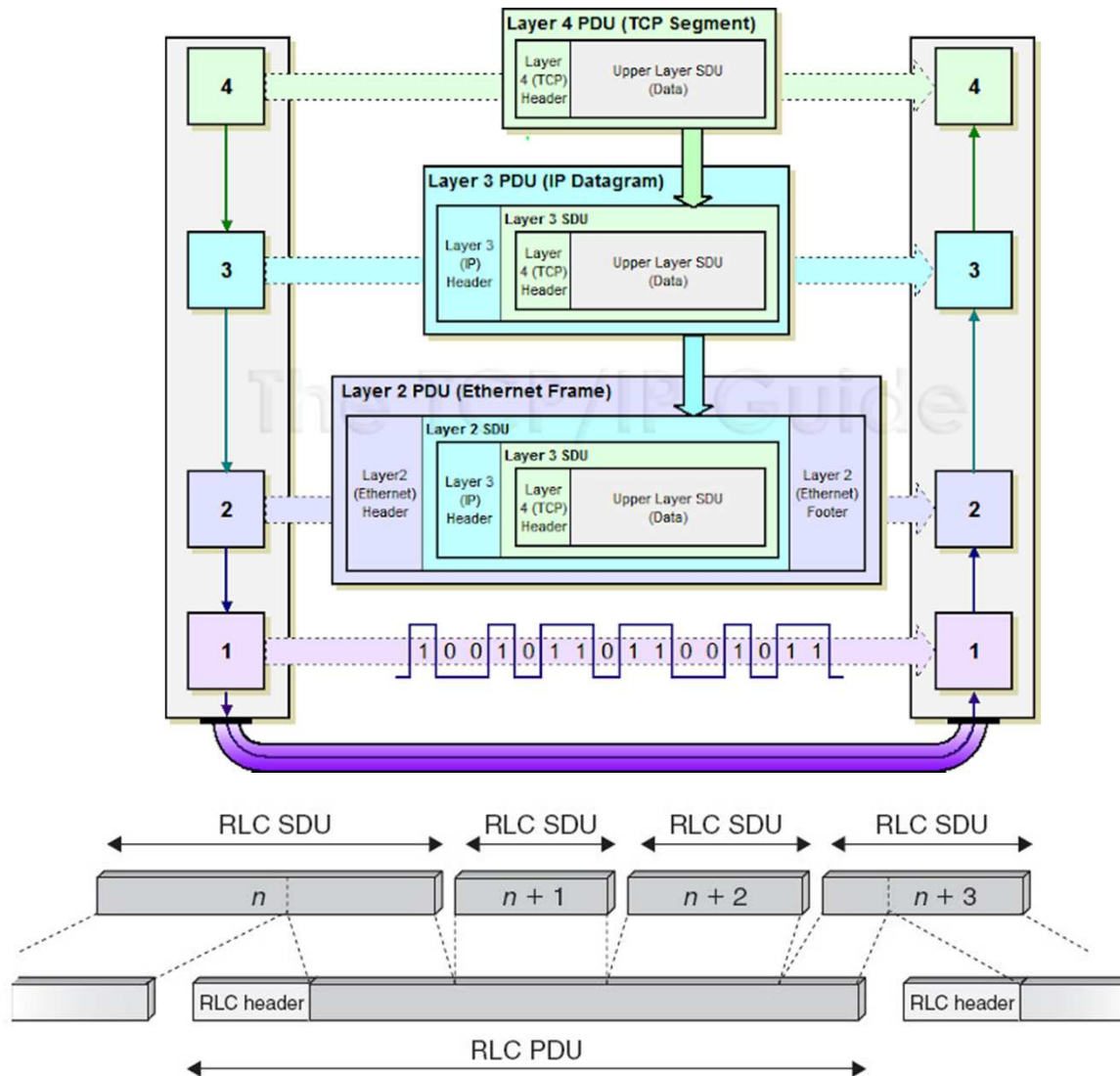
HÁLÓZATI RENDSZEREK  
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK  
TANSZÉK



# PDU és RLC SDU



# PDU ÉS RLC SDU



In the transmitter side, a layer N receives data from layer N+1 and this data is called the SDU or Service Data Unit. This layer will modify the data and convert it into a PDU or a Protocol Data Unit. The peer entity in the receiver is only able to understand this PDU.

In simplest form, this modification by layer N of the layer N+1 SDU contains encapsulation. In encapsulation, the SDU is preserved as it is and an additional header is added by the layer N protocol. The modification can also perform concatenation (where more than one SDU is combined in a single PDU), segmentation (where a SDU can be split so that different parts of it end up in different PDU) and padding (where SDU is so small that filler bits are added in the end to complete the PDU).

In the receiver side, the peer entity receives the PDU from layer N-1 (its actually layer N-1 SDU) and convert it back into SDU(s) and passes it to layer N+1.

An example of RLC SDU and PDU. The SDU's are received from higher layer, which is from PDCP in case of LTE. These SDU's have to be converted to PDU's so they undergo segmentation and concatenation and suitable RLC headers are added to form the RLC PDU's.

<https://blog.3g4g.co.uk/2009/03/difference-between-sdu-and-pdu.html>