

Architektúra siete 5. generácie

B-UMKS, FEI B-UMKS – FEI STU

Yehor Brusniak

3. marca 2026



Prečo LTE nestačilo?

Poziadavky

✓ Gbit/s rýchlosti

✓ latencia <1 ms

✓ 1M zariadení/km²

Limity LTE EPC

✗ Monolitické jadro

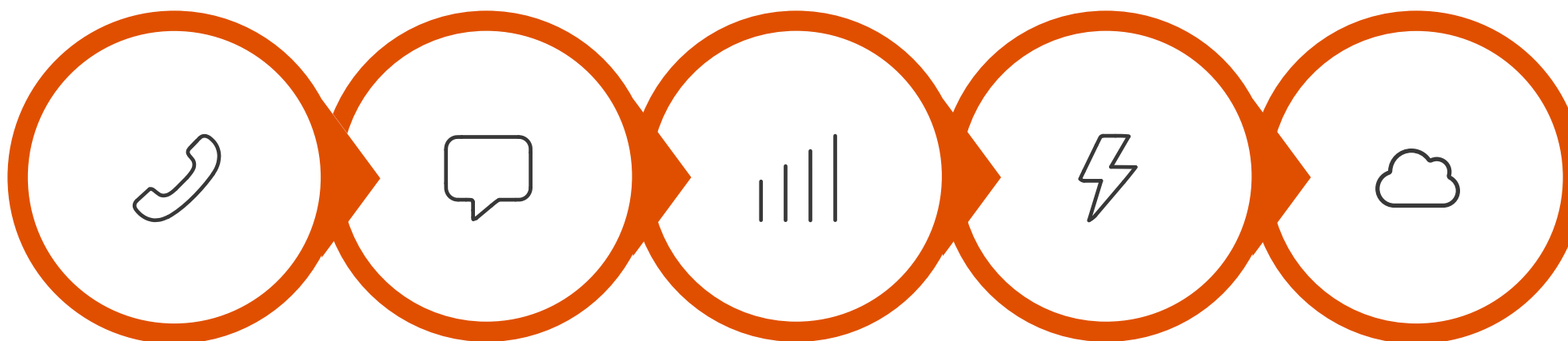
✗ Vysoká latencia

✗ Nízka škálovateľnosť

✗ Žiadny slicing

Evolúcia mobilných sietí

„Každá generácia riešila iný problém – 5G však mení samotnú architektúru siete.“



1G – 1980s
Analog voice

2G – 1990s
Digital voice
& SMS

3G – 2000s
Mobile data

4G – 2010s
IP broadband

5G – 2020s
cloud-native SBA,
slicing, URLLC,
masívny IoT

1G → 4G

Postupná digitalizácia a paketizácia služieb.

5G

Disaggregated RAN (CU/DU/RU), control-user
plane separation, service-based core.

Tri aplikačné scenáre 5G (IMT-2020)

eMBB (enhanced Mobile Broadband)

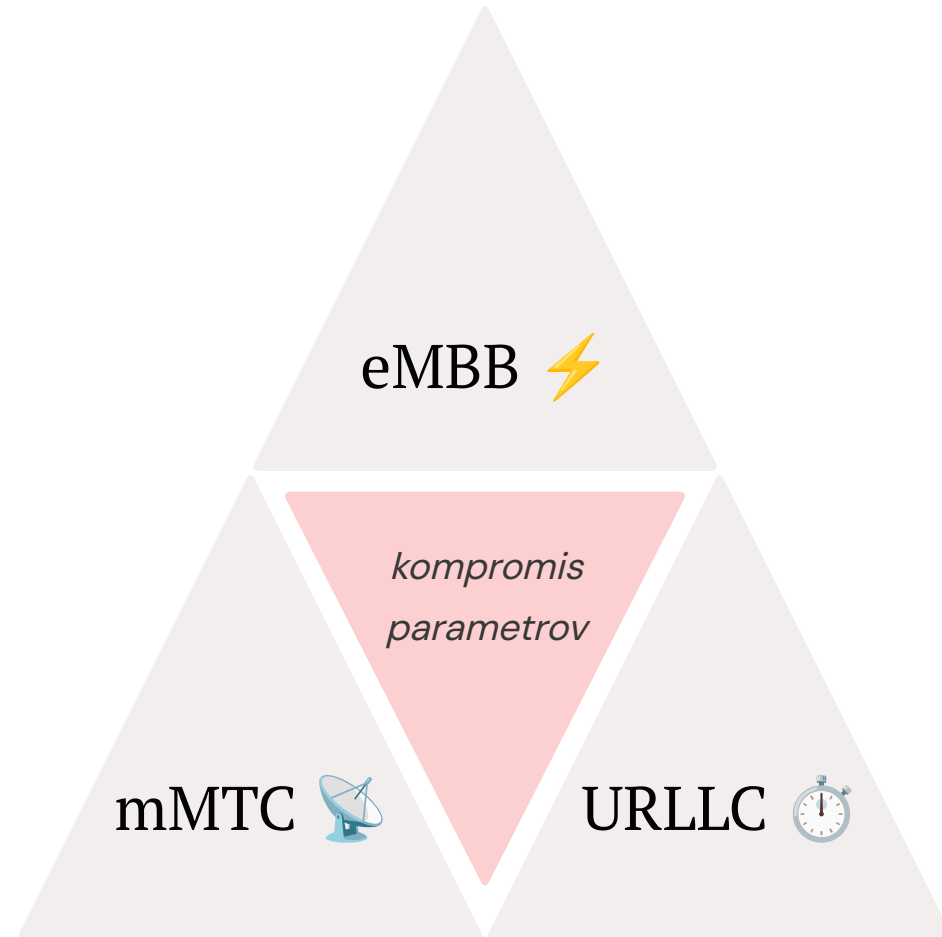
Vysoká priepustnosť

URLLC (Ultra-Reliable Low-Latency Communications)

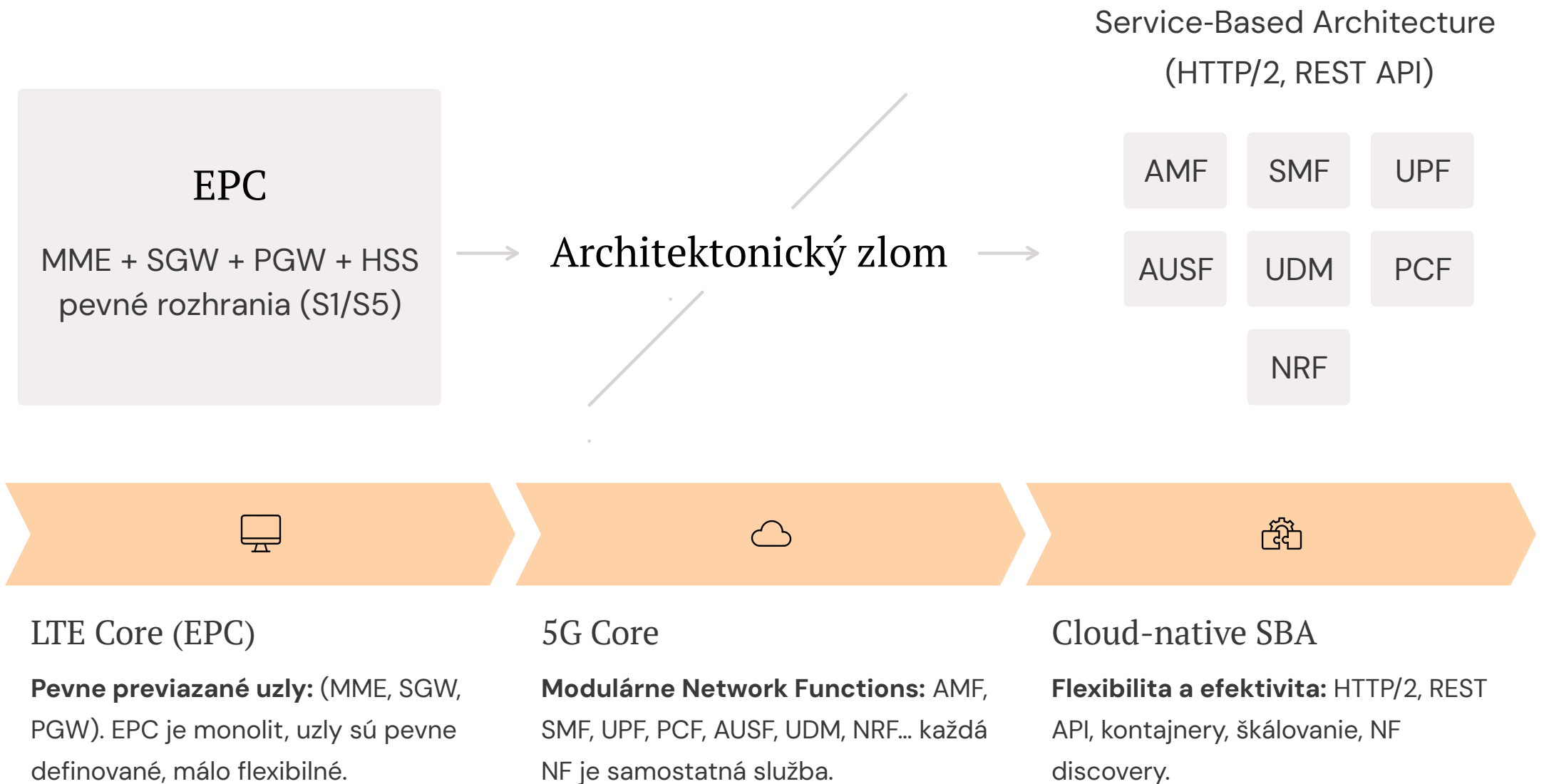
Ultra-nízka latencia

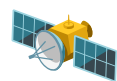
mMTC (massive Machine Type Communications)

Masívne pripojenie IoT



Z monolitického EPC na 5G Core





NSA vs SA architektúra

Non-Standalone (NSA)

UE
|
5G NR ———— LTE eNB ———— EPC

5G NR je „prilepené“ k LTE eNB / EPC stále centrálny bod

 LTE JADRO (EPC)

 RÝCHLY DEPLOYMENT

Standalone (SA)

UE
|
5G gNB ———— 5G Core (AMF, SMF, UPF...)

Žiadna LTE kotva / 5G Core je modulárny

 PLNÝ 5G CORE (5GC)

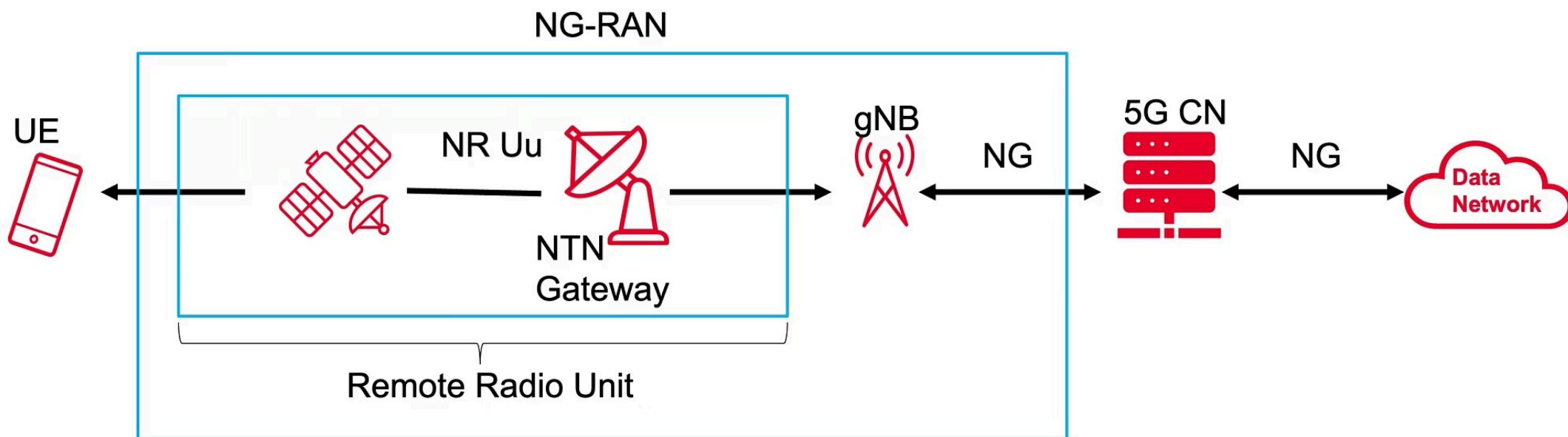
 SLICING A URLLC

NSA = prechodový režim | SA = plnohodnotné 5G

NG-RAN v architektúre 5G

NG-RAN (Next Generation Radio Access Network) predstavuje kľúčovú súčasť 5G architektúry, ktorá zabezpečuje bezdrôtové spojenie medzi koncovými zariadeniami a jadrom siete.

- Slúži ako rádiové rozhranie medzi **UE (User Equipment)** a **5GC (5G Core)**.
- Hlavným uzlom v NG-RAN je **gNB (next-generation NodeB)**, ktorý nahrádza eNB z LTE sietí.
- Rozhraní **N2 (Control Plane)** a **N3 (User Plane)**, umožňujú oddelenie riadiacej a dátovej prevádzky.



Funkčné rozdelenie gNB

Rozdelenie funkcií v rámci **gNB (next-generation NodeB)** predstavuje modularizovaný prístup, ktorý umožňuje nezávislé nasadenie a škálovanie jednotlivých komponentov.

Radio Unit (RU)

Rádiová časť (RF, PHY)

Distributed Unit (DU)

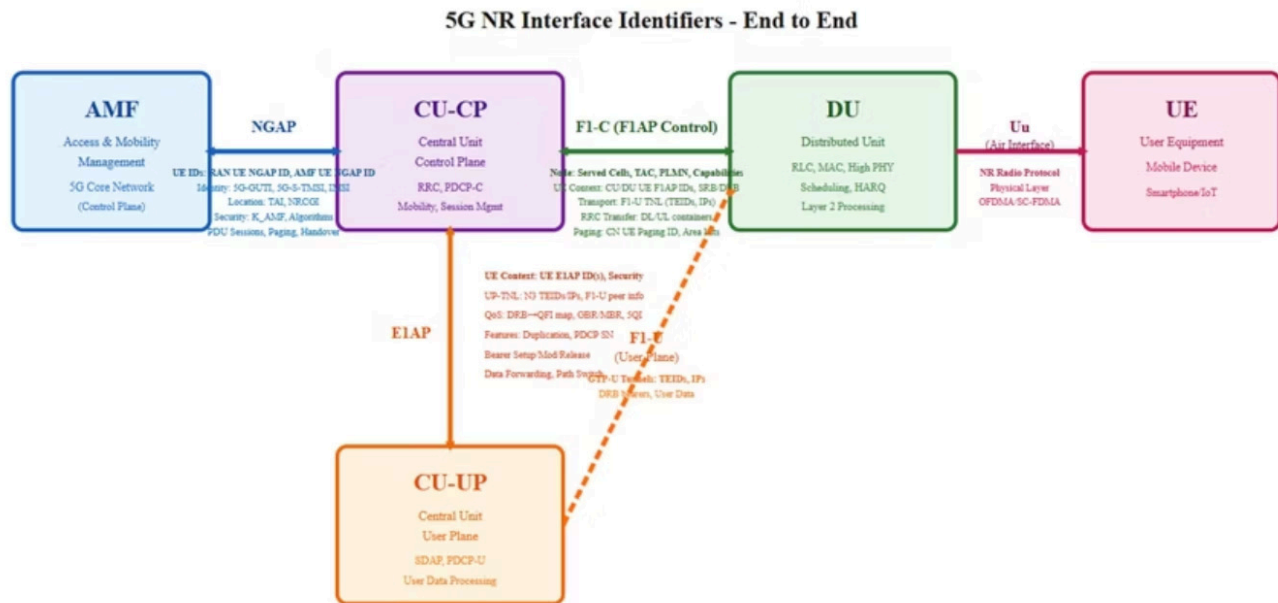
Funkcie ako MAC, RLC a plánovanie

Centralized Unit (CU)

Vyššie vrstvy protokolu ako PDCP, RRC (CU-CP / CU-UP)

Táto funkčná disaggregácia podporuje rôzne možnosti nasadenia a umožňuje implementáciu funkcií gNB na rôznych miestach, od základňovej stanice až po dátové centrá.

Kľúčové rozhrania



- **F1** – rozhranie medzi gNB-CU a gNB-DU; zabezpečuje prenos radiacej aj používateľskej roviny v rámci gNB.
- **N2** – radiaca rovina (Control Plane); spája gNB-CU-CP s AMF pomocou protokolu NGAP.
- **N3** – používateľská rovina (User Plane); prepája gNB-CU-UP s UPF pomocou GTP-U.
- **Xn** – rozhranie medzi dvoma gNB; umožňuje handover a koordináciu susedných buniek.

Service-Based Architecture (SBA)

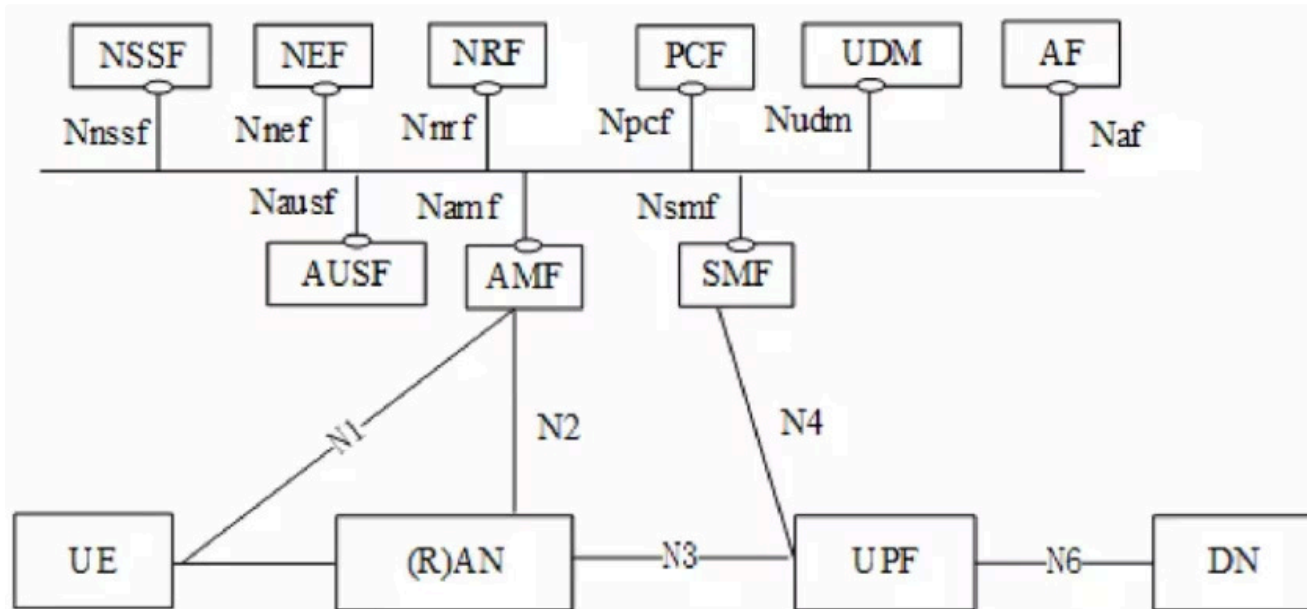


Figure 4.2.3-1: 5G System architecture

NF ako služby

Každá funkcia (AMF, SMF, UPF...) je nezávisle nasaditeľná a škálovateľná mikroslužba.

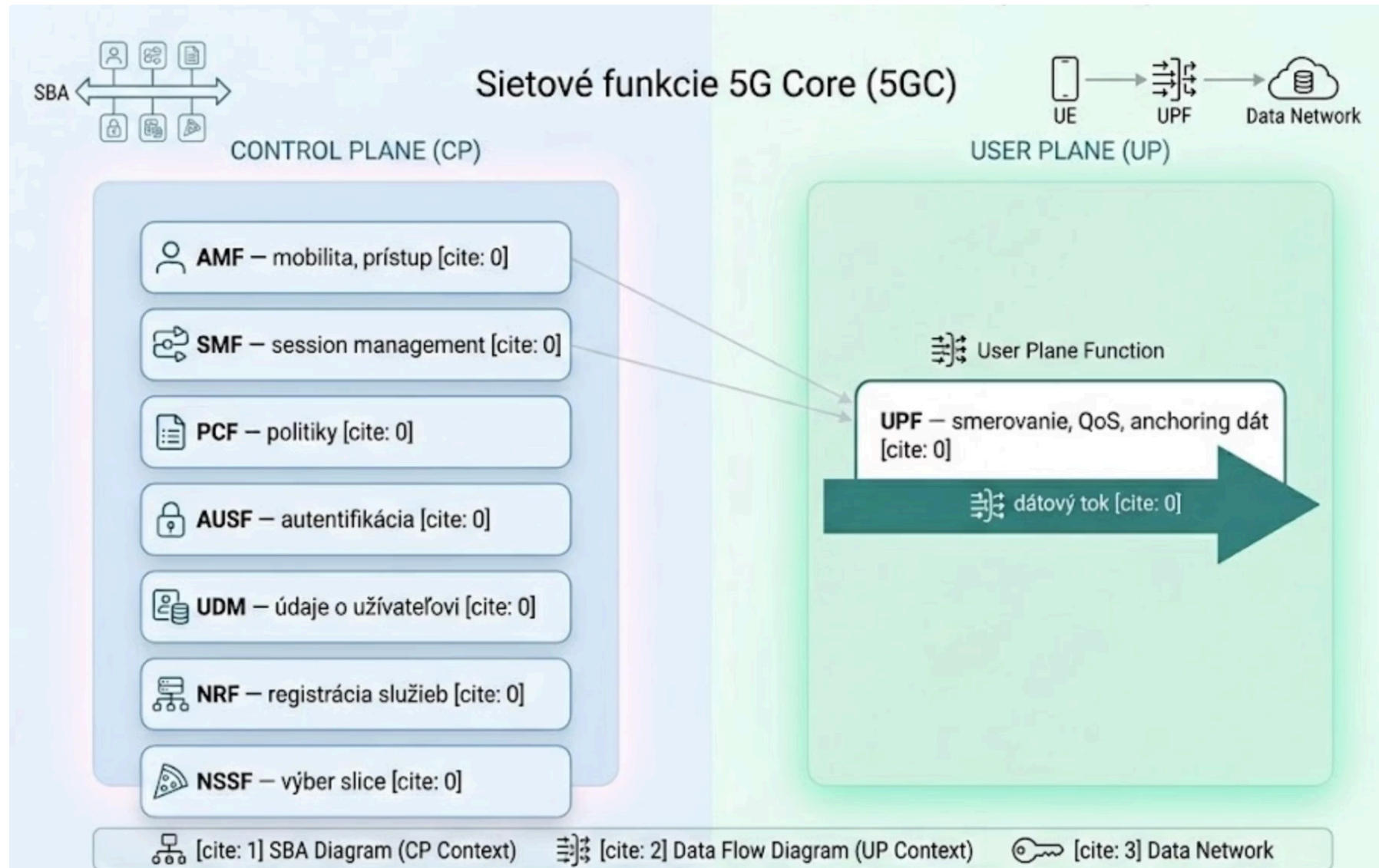
Service-Based Interfaces [SBI]

Komunikácia prebieha cez HTTP/2 a REST API podľa 3GPP štandardov.

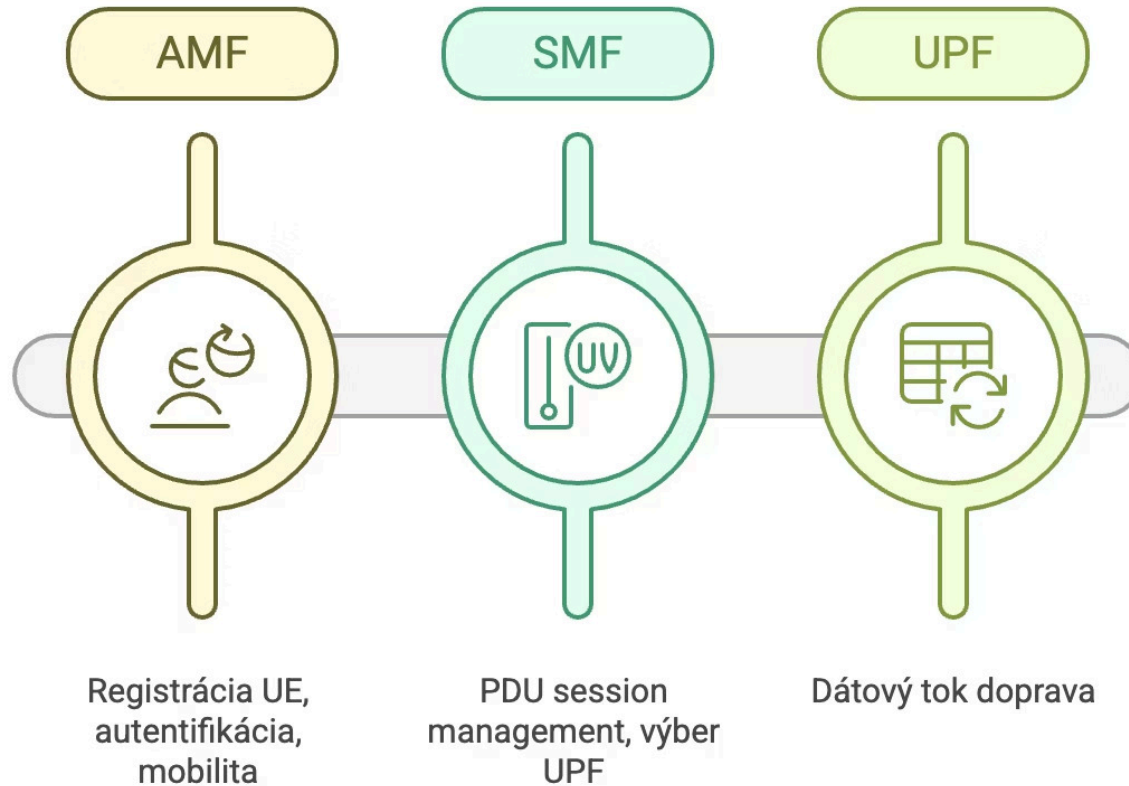
Cloud-native architektúra

Podpora virtualizácie, kontajnerizácie a horizontálneho škálovania.

Sieťové funkcie 5G Core (5GC)



Riadenie prístupu a relácií



AMF (Access and Mobility Management Function)

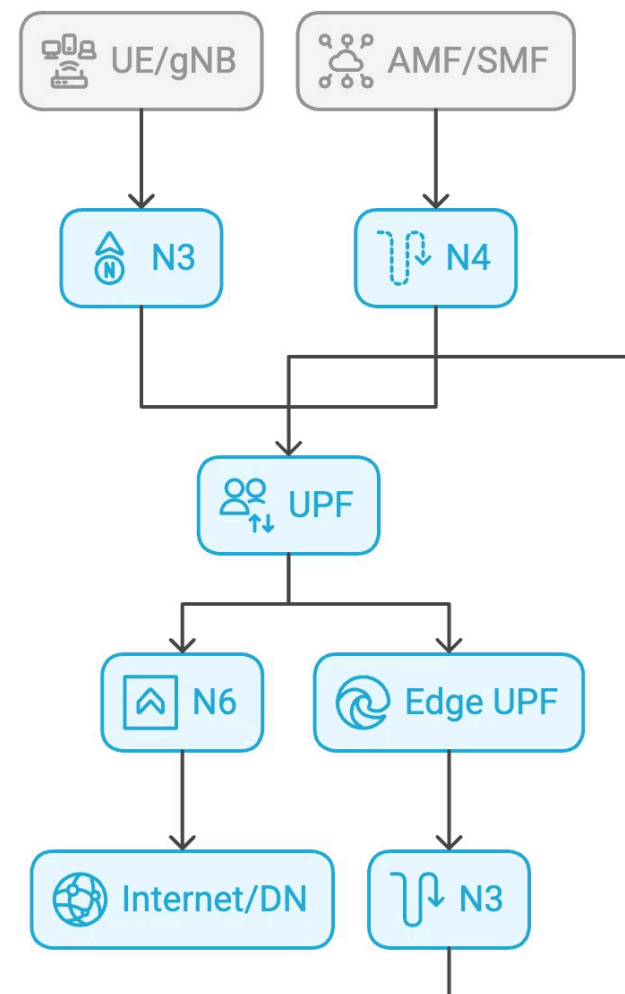
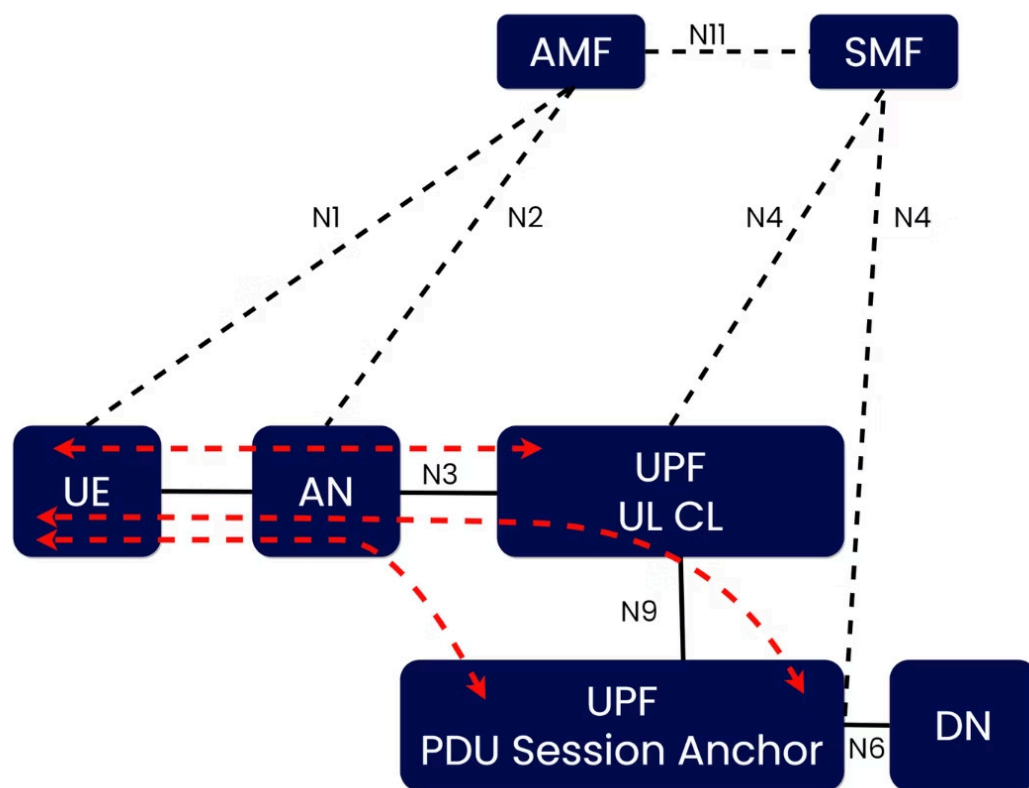
- Registrácia zariadenia (UE) a správa autentifikácie.
- Riadenie mobility používateľa v rámci siete.

SMF (Session Management Function)

- Manažment PDU relácií (PDU session management).
- Zodpovedá za výber UPF.

Oddelenie CP a UP (CUPS)

- **Control Plane vs User Plane** – riadenie vs. prenos dát
- **UPF môže byť na edge** – bližšie k UE / aplikácii
- **Zníženie latencie** – kratšia cesta dát, lepší výkon pre low-latency služby



Bezpečnosť, policy a slicing

AUSF (Authentication Server Function)

Zabezpečuje autentifikáciu a autorizáciu užívateľských zariadení (UE) v 5G sieti.

UDM (Unified Data Management)

Spravuje všetky predplatiteľské dáta, profily a autentifikačné informácie.

PCF (Policy Control Function)

Definuje a aplikuje sieťové politiky pre prístup, mobilitu a PDU relácie.

NRF (Network Repository Function)

Umožňuje objavovanie a registráciu sieťových funkcií (NF) v 5GC.

NSSF (Network Slice Selection Function)

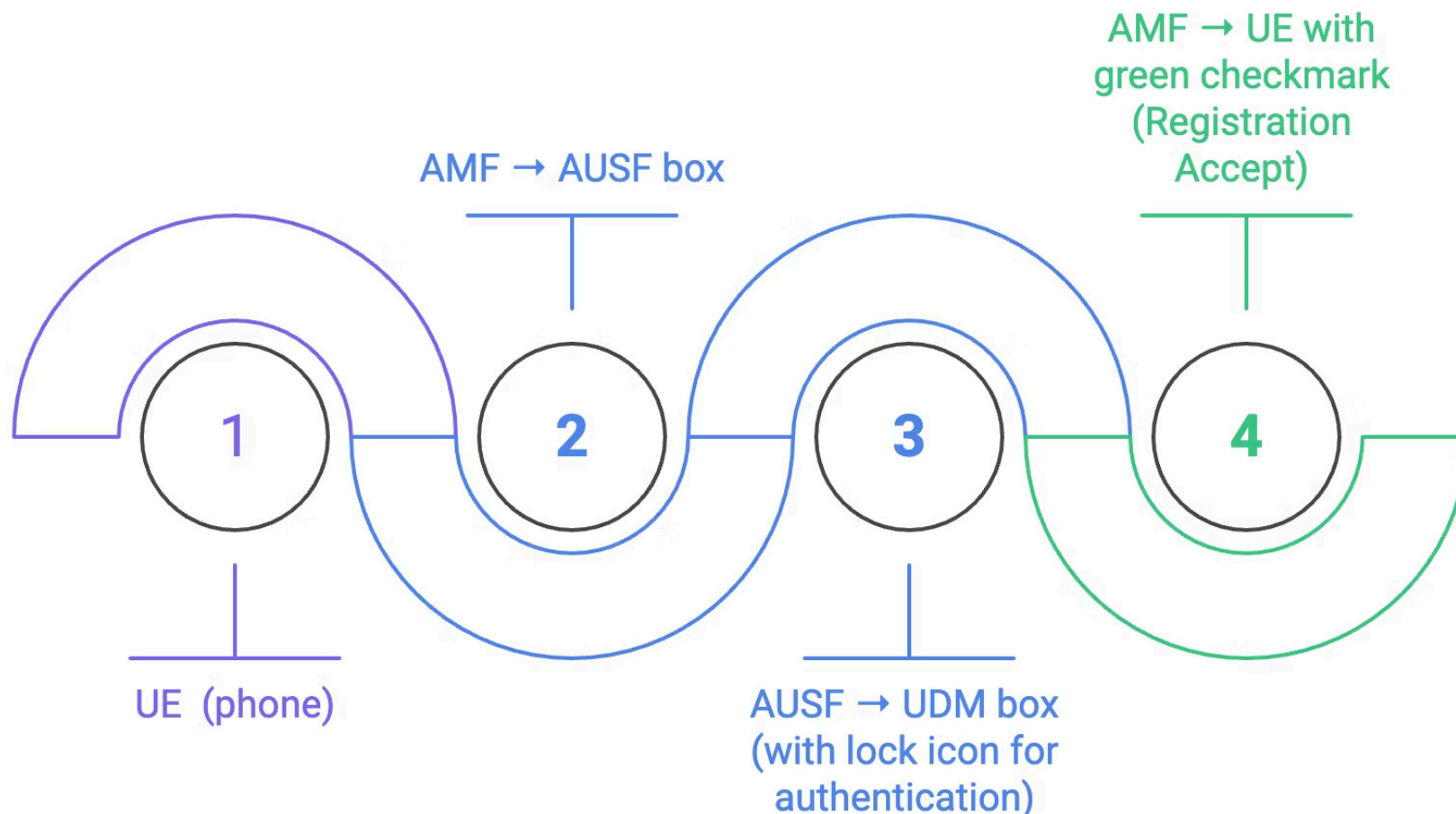
Zodpovedá za výber správneho sieťového "slicu" pre UE na základe jeho požiadaviek.

Proces registrácie UE v 5G sieti

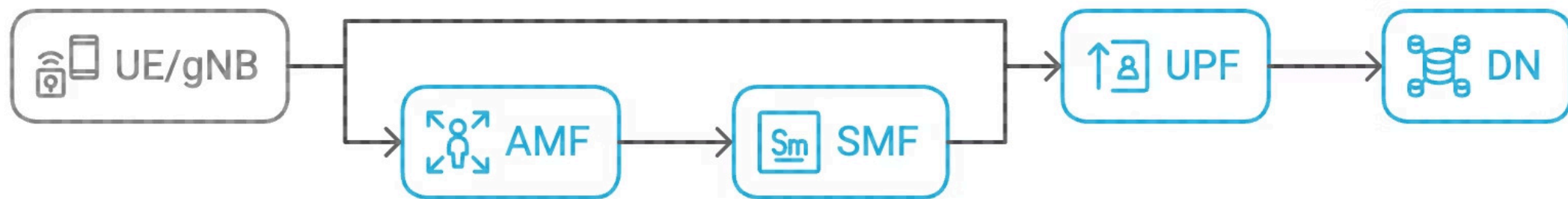
UE → gNB → AMF: Požiadavka o registráciu (Registration Request)

AMF → AUSF → UDM: Overenie identity a autentifikácia (5G-AKA / EAP-TLS)

AMF → UE: Registrácia schválená (Registration Accept) + priradenie GUTI, slice info, security keys

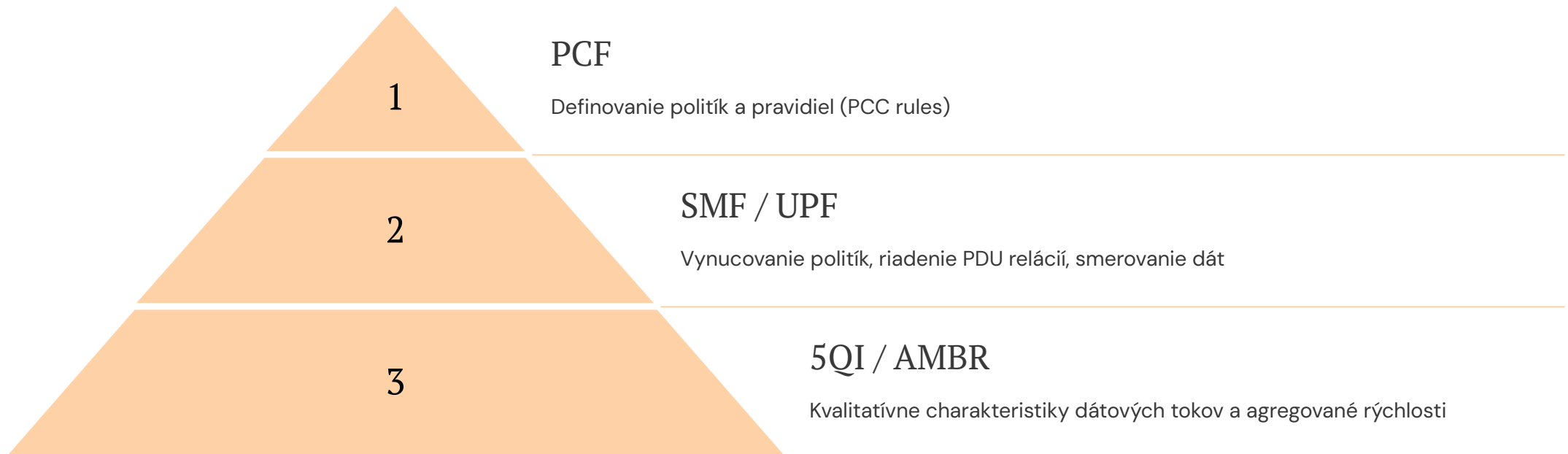


Nadviazanie dátovej relácie



- **Výber SMF:** Požiadavka na dátovú reláciu (PDU Session Request) prichádza **od UE cez gNB na AMF**. AMF na základe parametrov (napr. DNN, S-NSSAI) vyberie vhodnú funkciu SMF.
- **Výber UPF:** Zvolená SMF preberá riadenie relácie. Na základe polohy používateľa a požiadaviek **na služby (QoS) SMF vyberie optimálnu funkciu UPF**.
- **Konfigurácia a Tunel:** SMF prideli UE IP adresu a nadviaže **N3 tunel** (pomocou protokolu GTP-U) **medzi gNB a vybranou UPF**. Tým sa vytvorí používateľská rovina pre prenos dát.

QoS v 5G – Riadenie kvality služby



Táto hierarchia zabezpečuje, že sieť dokáže dynamicky pridelovať zdroje a prioritizovať prevádzku, aby spĺňala náročné požiadavky aplikácií, ako sú kritické IoT služby alebo AR/VR zážitky s nízkou latenciou.

Network Slicing

S-NSSAI = SST + SD

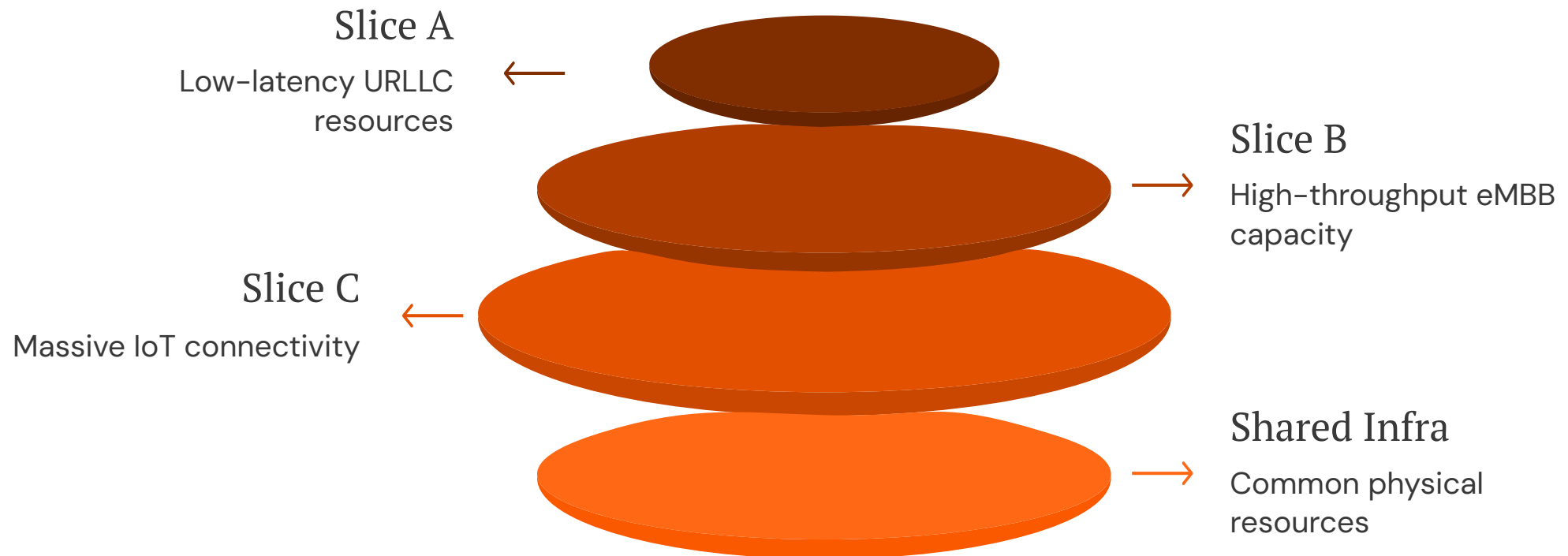
Unikátny identifikátor slicu

Izolácia a optimalizácia

Samostatné **NF inštancie** pre izoláciu a optimalizáciu

Tri typy slicov

eMBB (vysoká priepustnosť), **URLLC** (nízka latencia), **mMTC** (masívne IoT)



5G-Advanced (Rel-17/18)

RedCap (Reduced Capability)

Complexity -70%, Power efficient

Zariadenia so **zníženou komplexnosťou** pre IoT, wearables, priemyselné senzory. **Max šírka pásma 20 MHz (FR1)**, nižšia spotreba energie.

NTN (Non-Terrestrial Networks)

Satelitné pokrytie, globálna dostupnosť

Integrácia **satelitov a vysoko-výškových platforiem**. Rozšírené pokrytie v odľahlých oblastiach, zvýšená spoľahlivosť.

Network Intelligence (AI/ML)

Autonómne operácie, optimalizácia

Pokročilé **AI/ML algoritmy v RAN a Core**. Automatická optimalizácia, predikcia problémov, úspora energie a inteligentné riadenie.

Kľúčové myšlienky – Záver

 Architektonická transformácia

5G = kompletná zmena

Od monolitických sietí k flexibilnej, programovateľnej infraštruktúre

 Cloud-native + SBA

Service-Based Architecture

Modulárne sieťové funkcie, API-driven, agilné nasadenie a škálovanie

 CUPS + Edge Computing

Nízka latencia

Oddelenie CP a UP, UPF na okraji siete, optimalizácia dátovej cesty

 Network Slicing

Nový biznis model

Virtuálne izolované slice pre rôzne scenáre (eMBB, URLLC, mMTC)

5G nie je len rýchlejšie – je to úplne nová sieť

Ďakujem za pozornosť!

Prezentácia pokrýva kľúčové aspekty **5G architektúry** – od **NG-RAN** až po **Network Slicing**. Všetky zdroje, špecifikácie a ďalšie materiály nájdete v QR kóde vedľa.

Ďakujem za vašu pozornosť a záujem o budúcnosť mobilných sietí!

Všetky zdroje
Naskenuj QR kód

