

Komunikacijski protokoli

12. 5G-mreža: protokoli i usluge

Creative Commons



- slobodno smijete:
 - **dijeliti** — umnožavati, distribuirati i javnosti priopćavati djelo
 - **remiksirati** — prerađivati djelo
- pod sljedećim uvjetima:
 - **imenovanje.** Morate priznati i označiti autorstvo djela na način kako je specificirao autor ili davatelj licence (ali ne način koji bi sugerirao da Vi ili Vaše korištenje njegova djela imate njegovu izravnu podršku).
 - **nekomercijalno.** Ovo djelo ne smijete koristiti u komercijalne svrhe.
 - **dijeli pod istim uvjetima.** Ako ovo djelo izmijenite, preoblikujete ili stvarate koristeći ga, preradu možete distribuirati samo pod licencom koja je ista ili slična ovoj.

U slučaju daljnjeg korištenja ili distribuiranja morate drugima jasno dati do znanja licencne uvjete ovog djela. Najbolji način da to učinite je linkom na ovu internetsku stranicu.

Od svakog od gornjih uvjeta moguće je odstupiti, ako dobijete dopuštenje nositelja autorskog prava.

Ništa u ovoj licenci ne narušava ili ograničava autorova moralna prava.

Tekst licencije preuzet je s <http://creativecommons.org/>.

Sadržaj predavanja

- Zahtjevi za 5G mrežu
- Arhitektura
- Značajne funkcionalnosti
 - Virtualizacija mrežnih funkcija (engl. *Network Function Virtualization*, NFV)
 - Programski definirana mreža (engl. *Software Defined Networking*, SDN)
 - Mrežni odsjeci (engl. *network slicing*)
- 5G i starije generacije mreža
- Komunikacijski protokoli u 5G-mreži

5G



- Pokretne mreže sljedeće generacije i tehnologije koje se uvode nakon 4G LTE/SAE
- Smanjeno kašnjenje
- Dinamička prilagodba zahtjevima usluga i informacijskog prometa
 - virtualizacija mrežnih funkcija (*Network Function Virtualization*): odvajanje logičke mrežne funkcije i hardvera
 - programski definirana mreža (*Software Defined Network*): odvajanje podatkovne i kontrolne ravnine u jezgrenoj mreži, programsko upravljanje mrežom
 - Mrežni odsječci (*network slicing*): logička podjela mreže s kraja na kraj
- Zahtjevi usluga zasnovanih na sadržaju, velikoj količini podataka i računarstvu u oblaku

Usluge u 5G

- Višemedijske aplikacije (HD video)
- Virtualna stvarnost
- *Taktilni* internet
- IoT-usluge s velikim brojem spojenih uređaja
- Milijun po km²
- Autonomna vožnja

Usluge 5G



Izvor: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/towards-5g>

Što uvodi 5G

- Nova radijska sučelja
- Novi frekvencijski pojasevi
- Povećanje kapaciteta
- Heterogena infrastruktura
 - Različite pristupne tehnologije
- Računarstvo na rubu

5G standardizacija

- 3GPP
- ITU
- Interoperabilnost mreža i uređaja
- Povećana sigurnost sustava

- 3 tipa usluga
 - Veće brzine prijenosa (engl. *enhanced mobile broadband*, eMBB)
 - Veliki broj povezanih uređaja (engl. *massive Internet of Things*, mMTC)
 - Kritične usluge s malim kašnjenjem (engl. *ultra-reliable low latency communications*, URLLC)

Arhitektura 5G mreže

Mreža 5G

- Pristupna mreža – 5G-RAN ili NG-RAN ili NR (New Radio)
- Jezgrena mreža – 5GC (5G Core)
- Arhitektura temeljena na uslugama (Service-Based Architecture, SBA)
- Korisnička ravnina
 - UPF (User Plane Function)
 - usmjeravanje datagrama
 - QoS
- Upravljačka ravnina
 - upravljanje sjednicom (Session Management Function, SMF)
 - upravljanje pokretljivošću (Access and Management Mobility Function, AMF)

Funkcije korisničke ravnine

- Interakcija s ostalim mrežama
- Prosljeđuje korisničke podatke koji se prosljeđuju unutar PDU (packet data unit) sjednica

Upravljačka ravnina (1)

- Upravljanje pristupom i pokretljivošću (Access and Management Mobility Function, AMF)
 - Registracija uređaja
 - Upravljanje konekcijom uređaja
 - Sigurnosne funkcije
 - Dobiva ključ za autentifikaciju UE od AUSF
 - Lista mogućnosti uređaja
 - Upravljanje opterećenjem
 - Prosljeđuje poruke od UE za SMF
- Upravljanje sjednicom (Session Management Function, SMF)
 - Upravljanje sjednicom i *roamingom*
 - Upravljanje IP adresama, DHCP poslužitelj

Upravljačka ravnina (2)

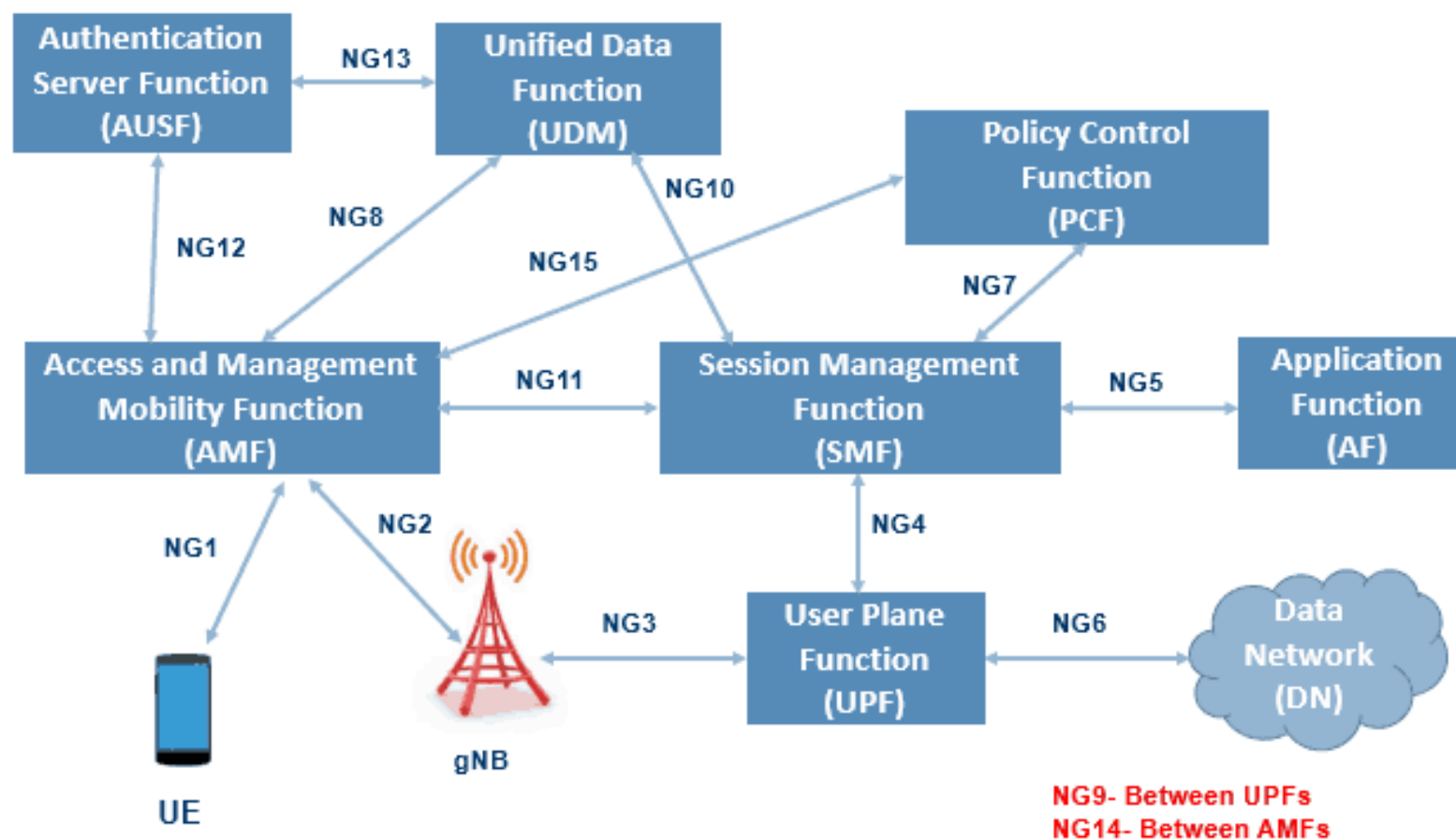
- Upravljanje autentifikacijom (Authentication server function, AUSF)
 - Podaci za autentifikaciju korisnika
 - Upravljanje ključevima za enkripciju
- Objedinjeno upravljanje podacima (Unified Data Management, UDM)
 - Podaci o korisnicima
 - Podaci o korisničkim preplatama
- Pravila za upravljanje mrežom (Policy Control Function, PCF)
 - Politike za upravljanje mrežom, npr. koliki QoS će biti dodijeljen nekoj usluzi na nekom čvoru

Upravljačka ravnina (3)

- Aplikacijska funkcija
 - Interakcija s čvorovima u jezgrenoj mreži za potreba aplikacija
 - Odabir čvora na kojem se izvršavaju aplikacije
 - Za korištenje računarstva na rubu (edge computing)
 - Krajni uređaj, bazna postaja, poslužiteljski sustav

Arhitektura 5G

- 3GPP Release 15 (2018.g.)

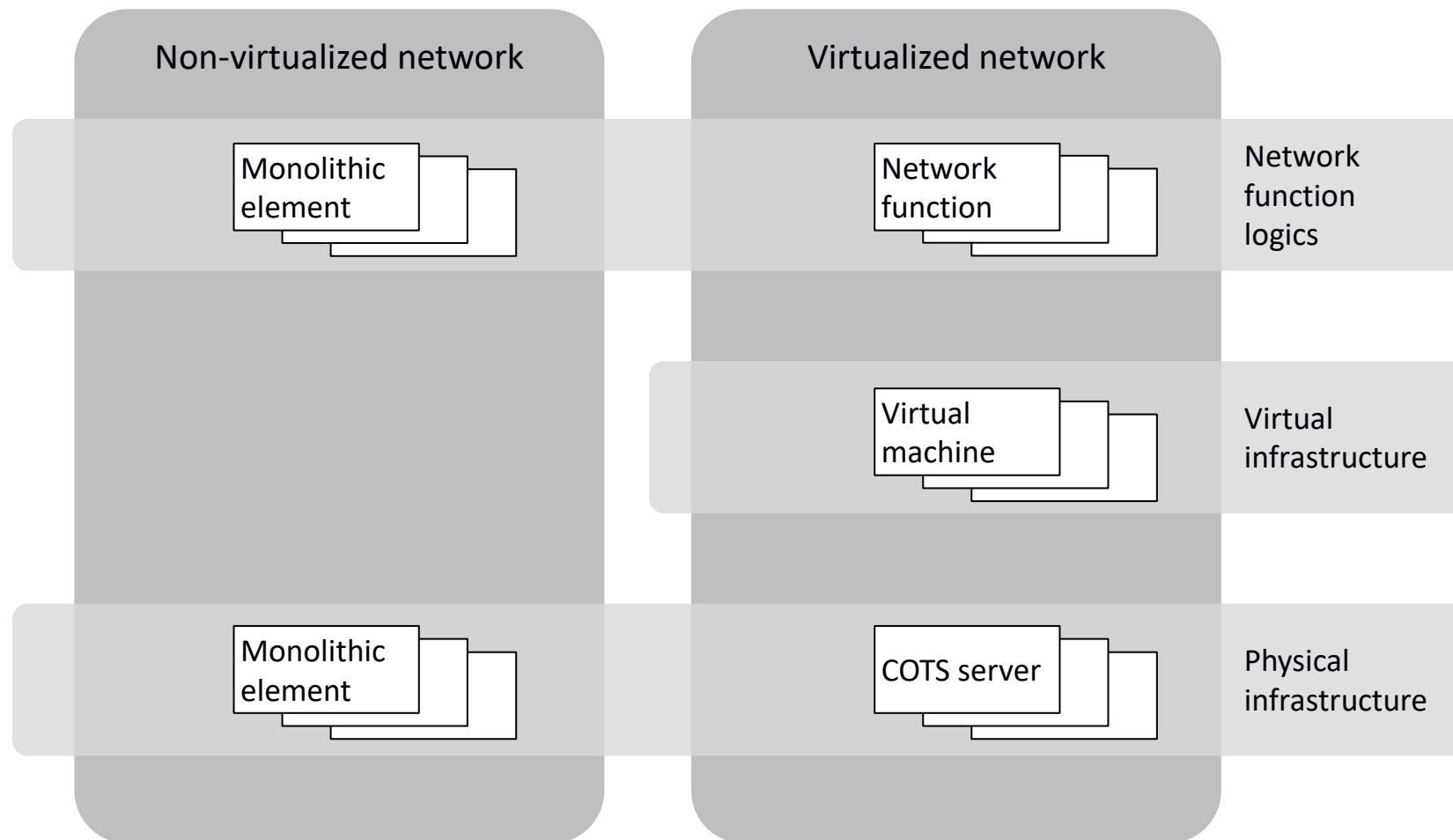


Značajne funkcionalnosti 5G mreže

Virtualizacija mrežnih funkcija (1)

- Odvajanje sklopovlja (hardver) od programske podrške (softver)
- Tradicionalno: određeni čvorovi pokretne mreže (npr. S-GW u 4G) se vrte na dediciiranom hardveru
- Virtualizacija: izvršavanje mrežnih funkcionalnosti na široko dostupnom hardveru (npr. Intel x86)
- Koraci za ugradnju u pokretnu mrežu:
 - Uvođenje otvorenih sučelja (API) za mrežne funkcionalnosti
 - Pokretanje mrežnih funkcionalnosti kao virtualnih strojeva
 - Uvođenje NFV infrastrukture (NFVI) za upravljanje mrežnim funkcionalnostima

Virtualizacija mrežnih funkcija (2)



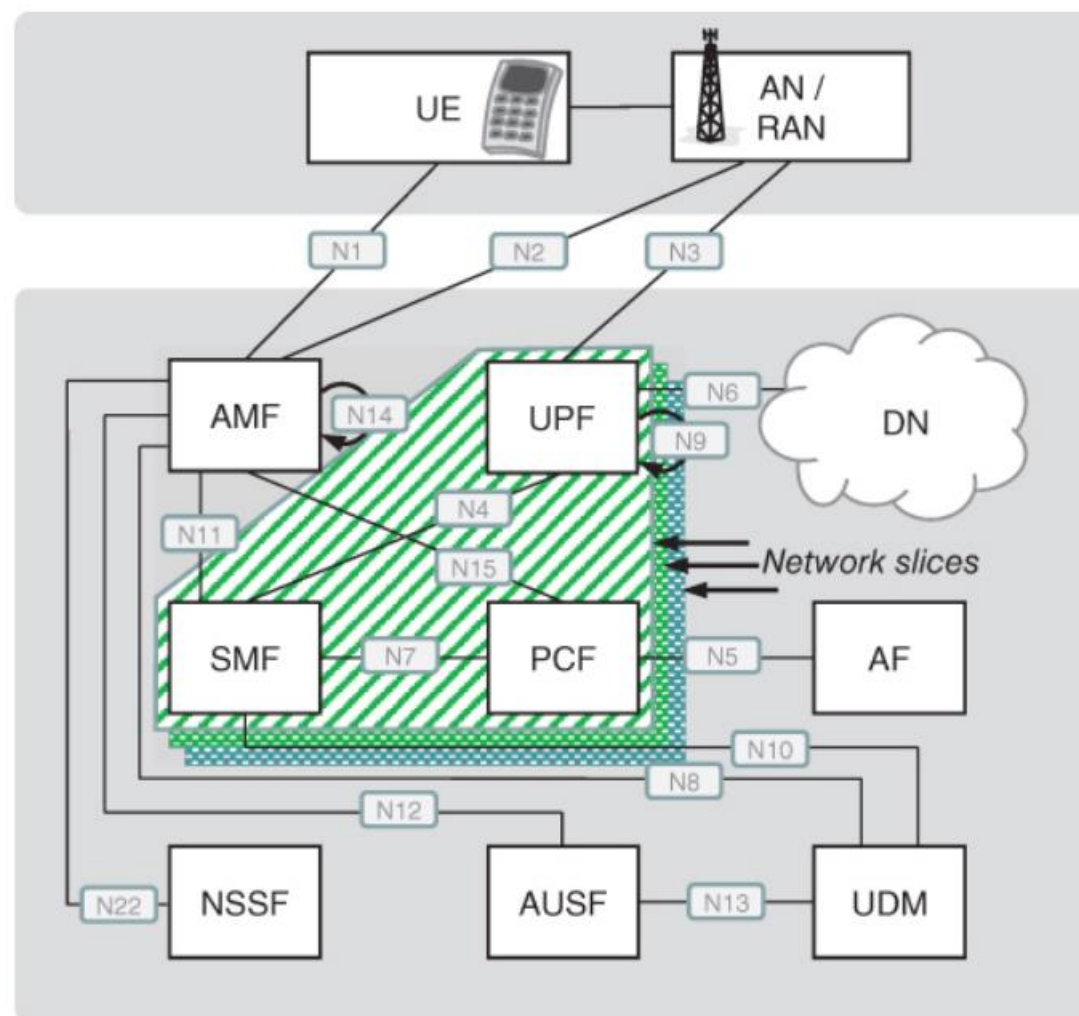
Programski upravljano umrežavanje

- Omogućeno odvajanjem kontrolne i korisničke ravnine
- Upravljanje tokovima podataka prema trenutnom stanju u mreži
- Ovisno o potrebi, mrežne funkcionalnosti (NF) se mogu pokretati na onim čvorovima na kojima mogu najviše pridonijeti povećanju propusnosti i smanjenju kašnjenja
 - Računarstvo na rubu
- Mogućnost SDN-a: cache na rubnim čvorovima

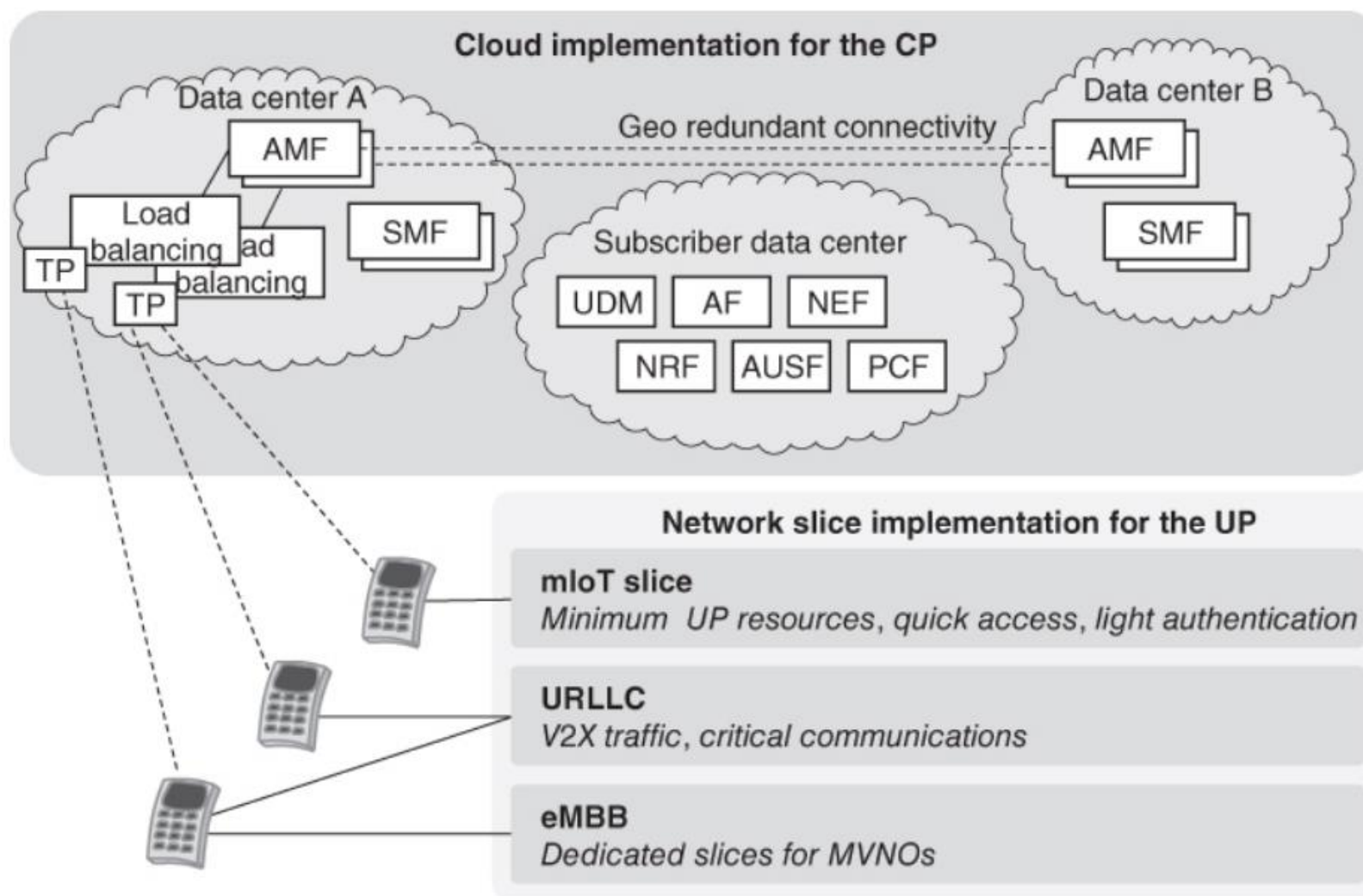
Mrežni odsječci

- Omogućeno SDN-om i NFV-om
- Izoliranje mrežnih resursa za određene usluge
- Virtualne mrežne funkcije (NFV) se grupiraju prema uslugama da bi se optimizirali tokovi podataka kroz mrežu
- Dijelovi mreže su međusobno izolirani
- Mogu se pokretati, osvježavati i brisati po potrebi
- Različiti dijelovi mreže mogu imati različite
 - Sigurnosne postavke
 - Mehanizme za uravnoteženje opterećenja

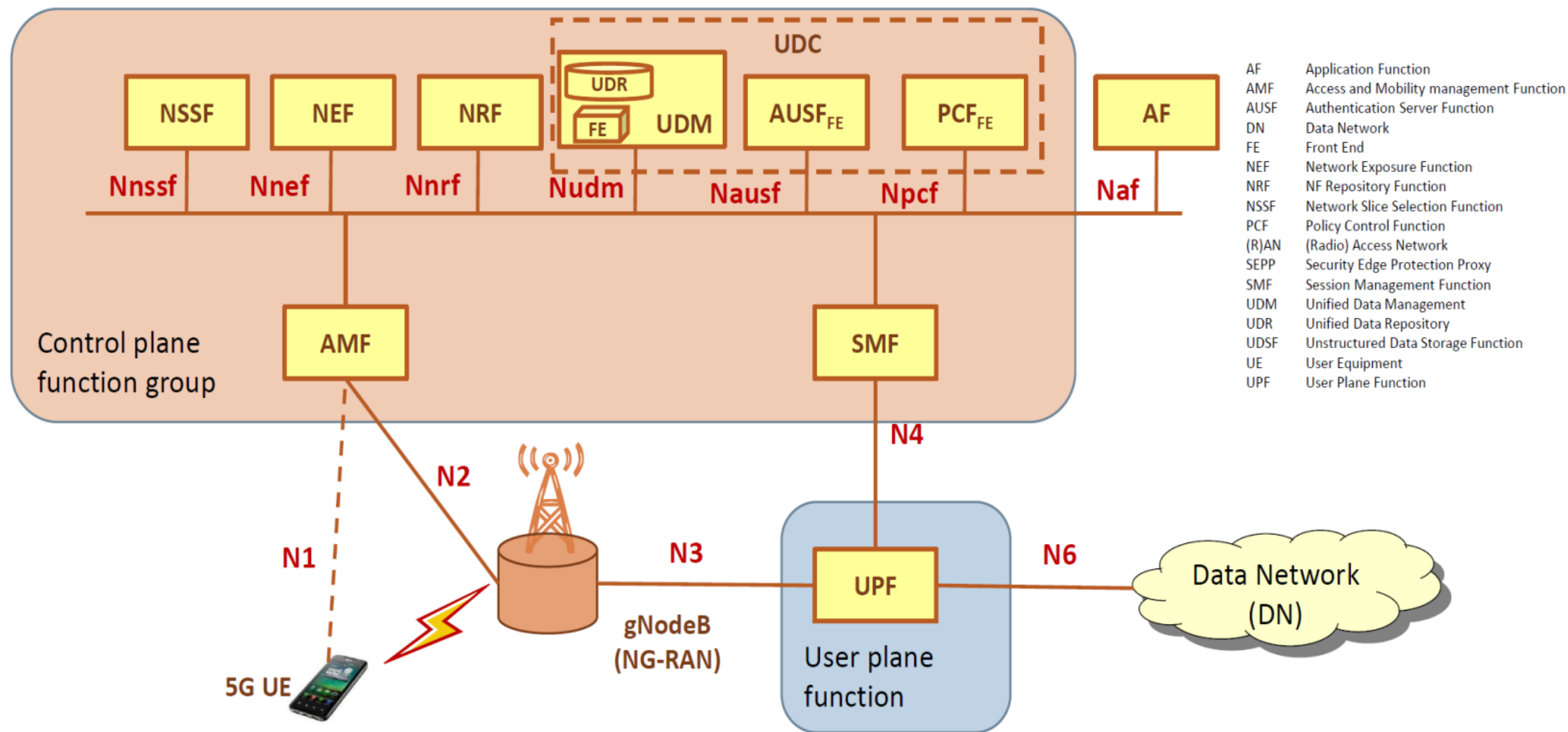
Mrežni odsječki (2)



Mrežni odsječki (3)



5G mrežna arhitektura zasnovana na uslugama



Ostali entiteti

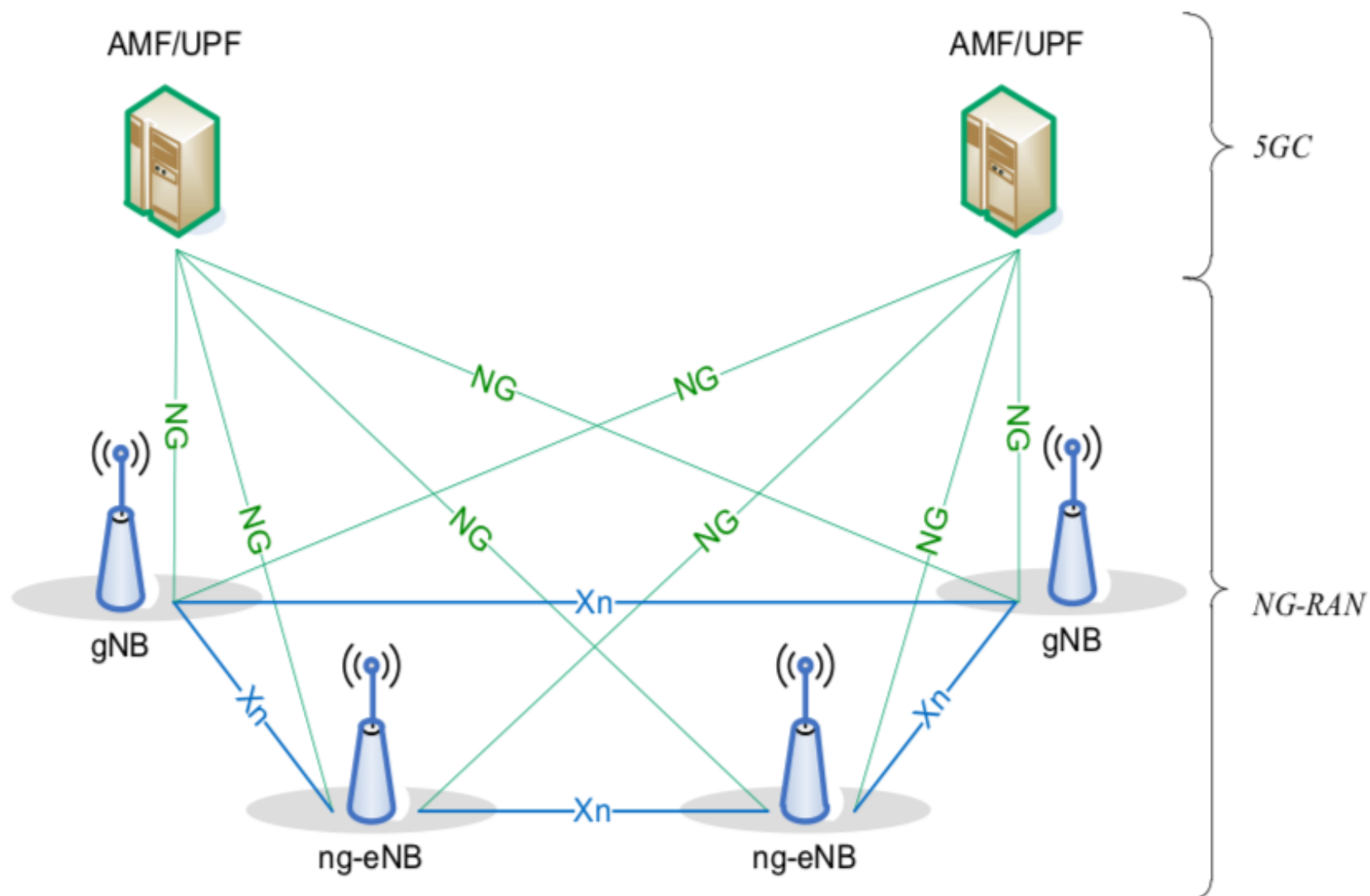
- Odabir mrežnog odsječka (engl. *Network Slice Selection Function*, NSSF)
 - Popis definiranih mrežnih odsječaka
 - Odabir dijela mreže koji poslužuje UE
- Mrežna izloženost (engl. *Network Exposure Function*, NEF)
 - RESTful API za pronalazak i pristup mrežnim elementima (SMF, ASF) zapisanih u UDM-u
- Mrežni repozitorij (engl. *Network Repository Function*, NRF)
 - Popis dostupnih usluga, čvorova i dijelova mreže
 - Identifikator, kapacitet, ID mrežnog odsječka ...
 - Standardizirani zapis
 - Registracija mrežnih funkcija i elemenata

Pristupna 5G mreža

Frekvencijski pojasevi

- 2G, 3G, 4G
 - 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, 2600 MHz
- 5G – novi pojasevi
 - 3.3-4.2 GHz
 - 4.4-4.99 GHz
 - 24.25-29.5 GHz
- Modulacija: OFDM (engl. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*)

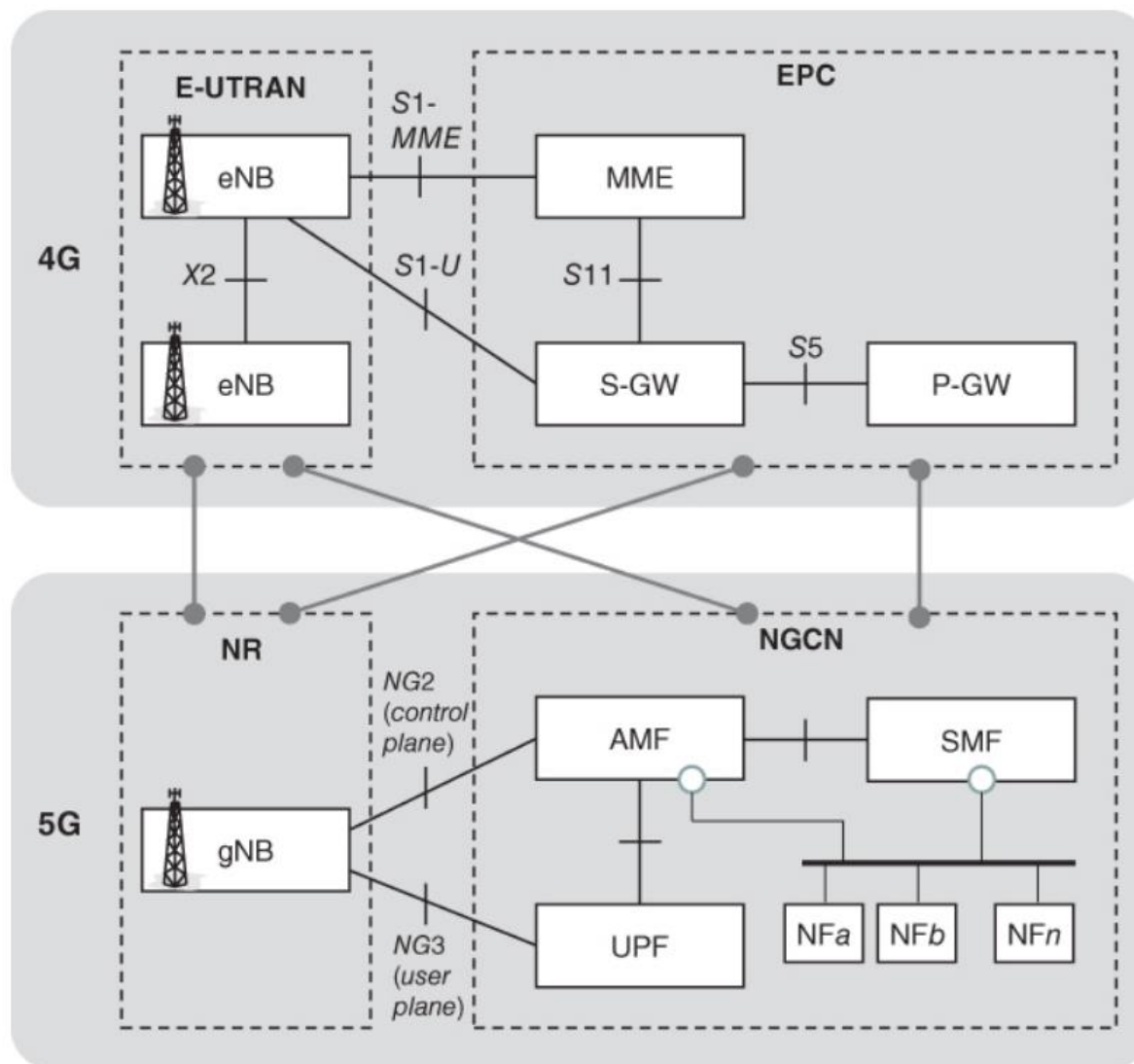
3GPP NG-RAN



Funkcionalnosti čvorova gNB i ng-eNB

- Upravljanje radijskim sučeljem (Radio Resource Management, RRM)
- Upravljanje pristupom i pokretljivošću (Access and Management Mobility Function, AMF)
- Upravljanje sjednicom (Session Management Function, SMF)
- Upravljanje konekcijom s krajnjim uređajima
- Upravljanje rasporedom spajanja uređaja
- Korištenje mrežnih odsječaka

5G i starije generacije mreža (1)

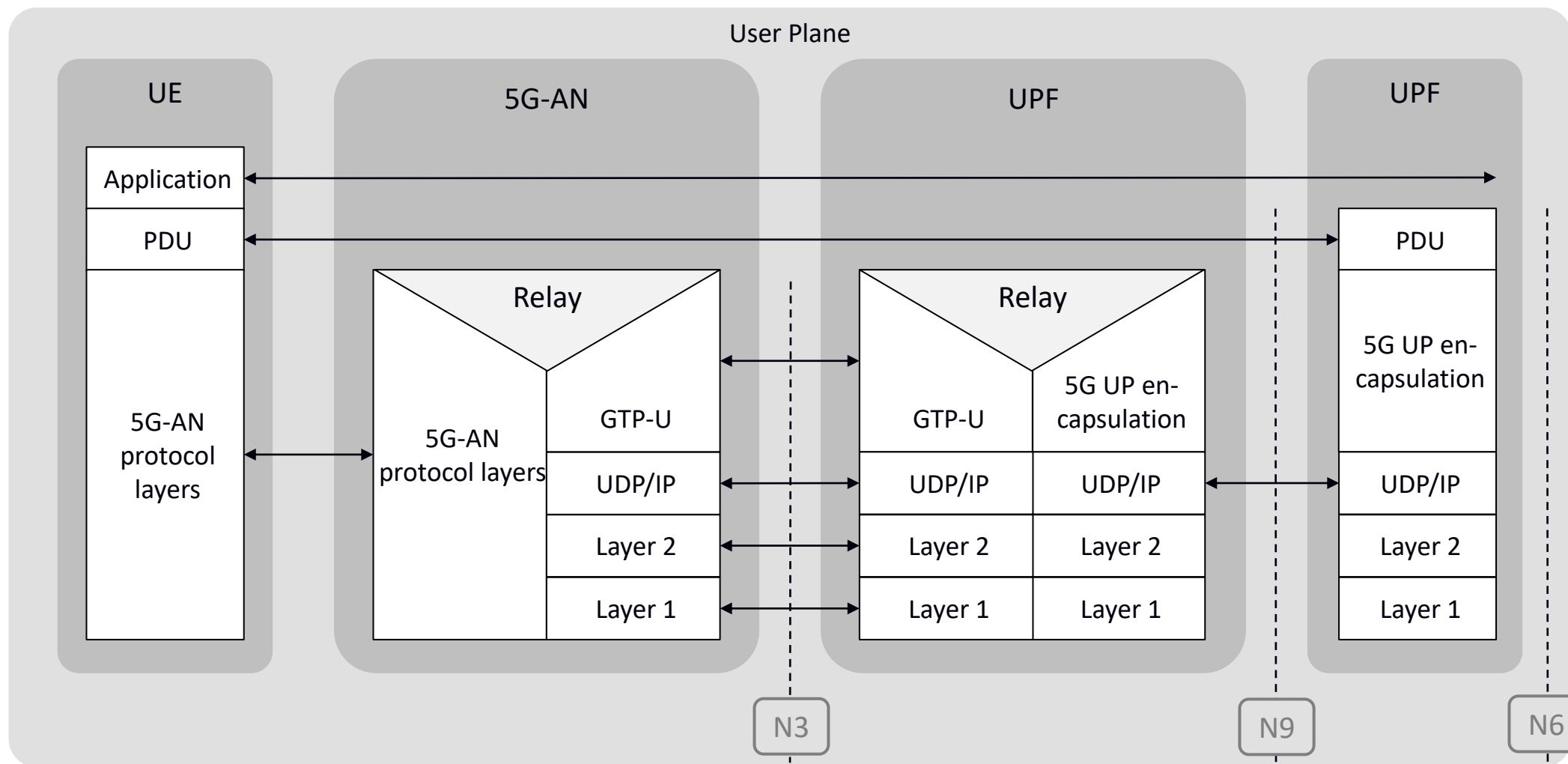


5G i starije generacije mreža (2)

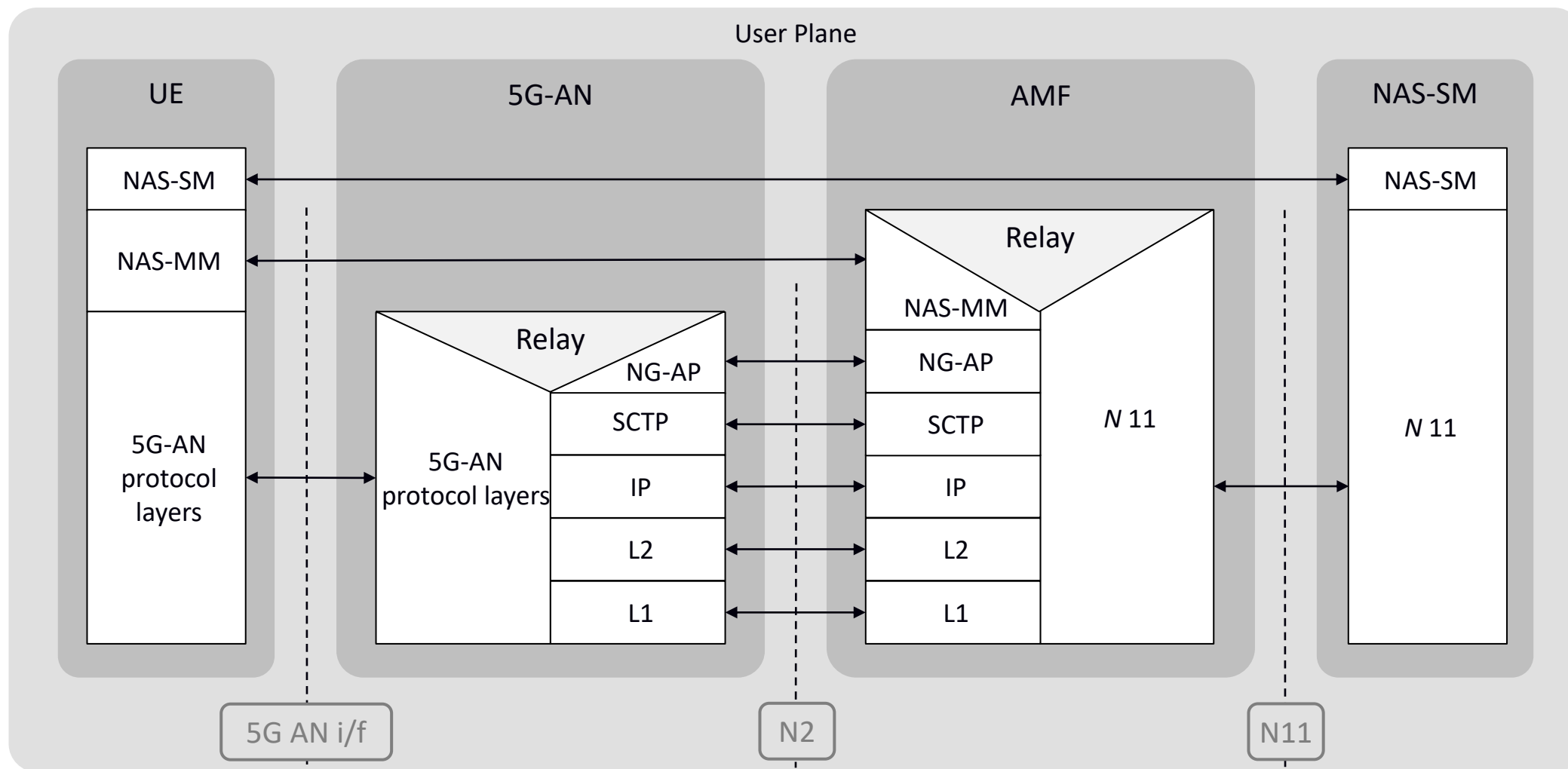
- Prvo se uvode 5G krajnji uređaji (UE, gNB)
- Suživot između LTE eNB i gNB
 - Korišćenje samo 4G jezgrene mreže (EPC), kasnije uvođenje 5G jezgrene mreže (NGC)
 - Uvođenje 5G jezgrene mreže i napuštanje 4G jezgrene mreže

Komunikacijski protokoli u 5G mreži

Korisnička ravnina



Kontrolna ravnina



Kontrolna ravnina

- Protokol NAS (engl. *non-access stratum*)
 - Upravljački protokol
 - Upravljanje sjednicama (*Session management*, SM))
 - Upravljanje pokretljivošću (*Mobility management*, MM)
 - Registracija i upravljanje konekcijom
 - Prenosi poruke između UE i jezgrene mreže
 - Čvorovi AMF, SMF
- Protokol NG-AP (engl. *Next Generation – Application Protocol*)
 - Dedicirani protokol za komunikaciju između 5G pristupne mreže i čvora AMF
 - Pruža transportnu uslugu za poruke protokola NAS

Protokol SCTP

- *Stream Control Transmission Protocol*
- Protokol transportnog sloja
- Spojna usluga
- Nastao radi prijenosa signalizacije u mreži PSTN (javna komutirana telefonska mreža)
- Rješava nedostatke protokola TCP
 - Kašnjenje zbog isporuke ispravnog redoslijeda paketa
 - Slanje paketa u oktetima – protokoli višeg sloja moraju pratiti koji okteti čine poruku
 - Nije moguće adresiranje mrežnih entiteta s više mrežnih pristupnih točki (engl. *multi-homed hosts*)
 - Osjetljivost na DoS napade korištenjem zastavice SYN

Literatura

- Jyrki T.J. Penttinen, 5G Explained, Wiley, 2019
- Sassan Ahmadi, 5G NR, Academic Press, 2019
- IETF RFC 4960 – Stream Control Transmission Protocol, 2007, URL:
<https://tools.ietf.org/html/rfc4960>