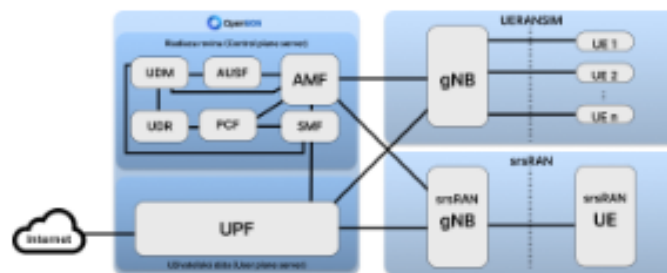


## Prehľad riešenia (na vysokej úrovni) (Neupravená verzia)

Cieľom tohto projektu je vytvoriť DT 5G siete, ktoré bude schopné v reálnom čase napodobňovať správanie skutočnej siete na základe historických a aktuálnych pozorovaní a predikcií jej budúcich stavov. Tento systém poskytne hodnotné nástroje pre optimalizáciu a analýzu výkonu 5G sietí, pričom jeho implementácia zahŕňa kombináciu otvorených softvérových riešení a pokročilých metód spracovania dát v spojení s vytvorením vhodného modelu strojového učenia.

DT bude simulovať kľúčové aspekty 5G siete prostredníctvom troch hlavných komponentov: Open5GS pre implementáciu jadra siete, srsRAN pre simuláciu rádiového prístupu (RAN) a UERANSIM pre emuláciu užívateľských zariadení (UE) a testovanie rôznych scenárov. Kombináciou týchto nástrojov bude možné modelovať tok dát v sieti a analyzovať metriky ako latencia, priepustnosť a stabilita spojenia. Tieto údaje budú slúžiť ako vstup pre strojové učenie, ktoré umožní predpovedať budúce stavy a zmeny v sieti.

Každý komponent DT plní špecifickú úlohu. Open5GS zaisťuje základné funkcie na správu riadiacej roviny (control plane) a užívateľských dát (user plane). Jeho flexibilná architektúra umožňuje jednoduché prepojenie s inými nástrojmi a podporuje najnovšie štandardy 5G. srsRAN simuláciou pokrýva rádiový prístup a umožňuje testovať rôzne konfigurácie siete, čo pomáha zistiť ich vplyv na celkovú výkonnosť. Na druhej strane, UERANSIM sa zameriava na emuláciu správania zariadení pripojených k sieti. Generuje realistickú prevádzku, či už ide o videohovory alebo masívne pripojenie IoT zariadení. Táto kombinácia nástrojov umožňuje komplexnú analýzu a testovanie, čo je kľúčové pre vytvorenie spoľahlivého predikčného modelu. Architektúra a konkrétne prepojenia častí jednotlivých komponentov je zobrazené v Obr. \ref{fig:architecture} nižšie.

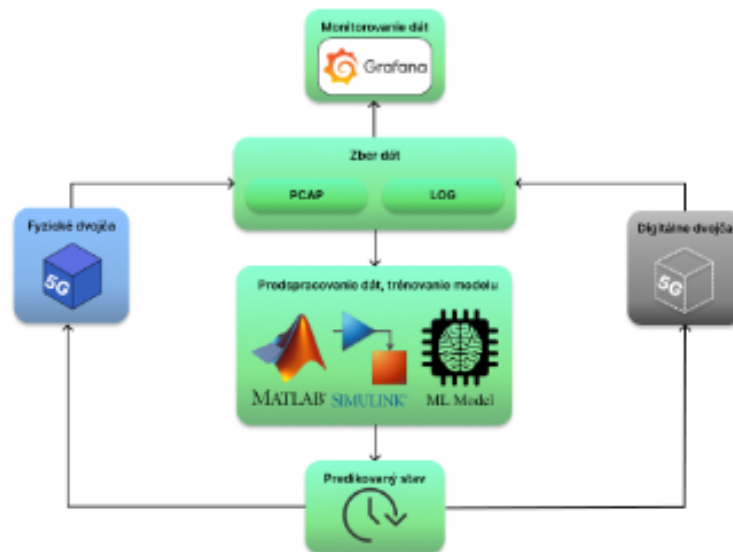


Architektúra jednotlivých komponentov Open5GS [6], srsRAN a UERANSIM a ich vzájomné prepojenie. Open5GS je rozdelené na riadiacu rovinu a rovinu užívateľských dát a obe tieto roviny sú napojené na gNB (5G bunky), ku ktorým sa môžu pripájať zariadenia. Architektúra zobrazuje možnosť použiť UERANSIM na priame pripojenie ku Open5GS jadru a alternatívne RAN pripojenie pomocou srsRAN.

Architektúra DT je navrhnutá tak, aby jednotlivé komponenty medzi sebou hladko spolupracovali. Rádiová prístupová sieť, ktorá je simulovaná pomocou srsRAN, zhromažďuje a odosiela dáta do jadra siete, ktoré je realizované cez Open5GS. Toto jadro tieto dáta spracuje a posiela ďalším komponentom. UERANSIM generuje realistické komunikačné scenáre medzi zariadeniami a simulovanou sieťou. Napríklad môžeme testovať situácie, kde je sieť preťažená alebo dočasne vypadne spojenie. Zozbierané dáta sa potom použijú na tréning predikčného modelu, ktorý následne analyzuje tieto scenáre a pomáha doladiť parametre, aby model lepšie reagoval na budúce situácie.

Pre spracovanie dát sa využijú Pythonové skripty a Jupyter notebooky, ktoré zabezpečia automatizovaný zber dát, tvorbu datasetu pre ML a v neposlednom rade aj samotný LSTM model, ktorý bude použitý na predikciu. Proces začína získavaním dát zo simulácií, ktoré prejdú krokom čistenia na odstránenie chybných alebo neúplných hodnôt. Následne sa tieto dáta normalizujú, čo znamená, že ich hodnoty budú upravené tak, aby boli vhodné na analýzu a modelovanie. Model bude navrhnutý tak, aby dokázal

predpovedať dôležité parametre siete, ako napríklad latenciu či priepustnosť, a to na niekoľko sekúnd dopredu. Takáto predikcia môže prispieť k optimalizácii prevádzky siete, zlepšeniu kvality služieb a k úspore energie. Navrhovaná architektúra je zobrazená na Obr. \ref{fig:solution}.



V návrhu riešenie je zobrazený tok dát medzi jednotlivými časťami projektu. Na jednej strane je Fyzické dvojča, na druhej Digitálne dvojča a v strede sú jednotlivé nástroje, ktoré slúžia na monitorovanie aktuálneho stavu a predikciu budúceho stavu. Na zber dát slúžia súbory typu PCAP zachytené softvérom (napr. Wireshark [36]) a LOG, ktoré sú zaznamenané v logoch z jednotlivých častí 5G siete. Tieto dáta sú predspracované a použité na tréningovanie modelu ML a následné predikcie budúcich stavov. Na základe týchto predikcií sa upravujú parametre a nastavenia oboch fyzickej a digitálnej siete. Nástroj Grafana [37] poskytuje rozhranie pre monitorovanie a vizualizáciu dát a aktuálneho stavu siete.

Riešenie však čelí viacerým výzvam. Presnosť predikcií je ovplyvnená kvalitou a objemom dát, ktoré sú dostupné. Simulácie môžu byť výpočtovo náročné a obmedzené výkonom hardvéru. Navyše, implementácia a testovanie predikčného modelu si vyžaduje značný čas. Obmedzenia softvérových nástrojov, môžu taktiež ovplyvniť rozsah a možnosti simulácie. Tieto faktory budú starostlivo zohľadnené a brané do úvahy počas celého životného cyklu tohoto projektu, od jeho implementácie až po nasadenie.