

Zadanie

Výskum v oblasti technológie digitálneho dvojčaťa

Digitálne dvojča je inovatívna technológia, ktorá mení spôsob, akým chápeme a interagujeme s fyzickými objektami, procesmi či systémami. Digitálne dvojča je virtuálna alebo digitálna kópia fyzického objektu, systému alebo procesu, pričom sa snaží zachytiť a kopírovať čo najpresnejšie jeho vlastnosti. Technológia digitálneho dvojčaťa zohráva kľúčovú rolu v Priemysle 4.0 kvôli možnostiam monitorovania, simulácie a automatizácie v reálnom čase. Vďaka týmto možnostiam využitie tejto technológie umožňuje nové úrovne inovácie a optimalizácie naprieč rôznymi odvetvami a taktiež má potenciál akcelerovať vývoj v týchto oblastiach. Preskúmajte využitie technológie digitálneho dvojčaťa a jej aplikácie. Zamerajte sa na preskúmanie konceptu digitálneho dvojčaťa, na spôsob jeho implementácie a taktiež aj na dostupné technológie na jeho tvorbu. Vytvorte prehľad dostupných riešení, navrhните spôsob vytvorenia jednoduchého digitálneho dvojčaťa, ktoré bude kópiou fyzického objektu alebo systému. Navrhnuté riešenie implementujte a overte jeho funkčnosť. Literatúra: 1. Singh, Maulshree, et al. "Digital twin: Origin to future." *Applied System Innovation* 4.2 (2021): 36. 2. Crespi, Noel, Adam T. Drobot, and Roberto Minerva. *The Digital Twin*. Cham: Springer International Publishing, 2023. 3. Jones, David, et al. "Characterising the Digital Twin: A systematic literature review." *CIRP journal of manufacturing science and technology* 29 (2020): 36-52.

Technický a Laický Abstrakt (prispôsobený zmenám)

Technický abstrakt

Digitálne dvojča (Digital Twin) predstavuje moderný prístup k monitorovaniu a analýze systémov v reálnom čase. V 5G sieťach umožňuje DT simulovať správanie siete, identifikovať anomálie a zlepšovať správu zdrojov. Napriek výhodám však zostáva otázkou, či možno modely trénované na syntetických dátach efektívne použiť na klasifikáciu reálnych scenárov.

Táto práca predstavuje návrh a implementáciu DT pre 5G sieť s použitím nástrojov Open5GS a UERANSIM. Systém generuje syntetické dáta prostredníctvom simulácií rôznych používateľských scenárov a zároveň umožňuje zber reálnych metrických údajov z fyzickej siete. Vytvorený klasifikačný model v využíva tieto dáta na rozpoznávanie sieťového správania.

Cieľom je overiť, či synteticky generované dáta môžu byť použité na tréning modelov, ktoré následne dokážu klasifikovať reálne správanie siete. Tento prístup umožňuje bezpečné a škálovateľné testovanie scenárov bez zásahu do prevádzky siete. Výsledkom je funkčný základ pre inteligentný monitoring 5G infraštruktúry a budúce rozšírenia DT systémov.

Laický abstrakt

Digitálne dvojča predstavuje virtuálny model reálneho systému, ktorý umožňuje sledovať a analyzovať jeho správanie v reálnom čase. V posledných rokoch si táto technológia našla uplatnenie v priemysle, doprave či zdravotníctve. V tejto práci sa venujem vytvoreniu digitálneho dvojčaťa pre 5G sieť s cieľom porozumieť, ako sa správa pri rôznych používateľských scenároch.

Pomocou voľne dostupných nástrojov som vytvoril softvérové prostredie, ktoré simuluje správanie reálnej mobilnej siete. Následne som zbieral dáta nielen zo simulácií, ale aj z reálnych zariadení pripojených do 5G siete. Tieto údaje zahŕňali napríklad počet pripojených používateľov či objem prenesených dát.

Hlavným cieľom bolo overiť, či je možné natrénovať model umelej inteligencie na simulovaných dátach a použiť ho na rozpoznávanie situácií v reálnej sieti. Takýto prístup je bezpečný, flexibilný a umožňuje testovanie aj zriedkavých alebo extrémnych scenárov bez zásahu do reálnej prevádzky.

Výsledný systém dokáže klasifikovať správanie siete podľa typických vzorcov a vytvára priestor pre budúce nasadenie monitorovania a správy sietí.

Úvod (nepripravený zmenám)

Problematika digitálneho dvojčata (DT) je v súčasnosti jednou z najviac sa rozvíjajúcich oblastí IT \cite{DimensionOfDTApplication}, nachádzajúca svoje uplatnenie v priemysle \cite{manufacturing}, zdravotníctve \cite{siemens_helthcare}, ako aj v telekomunikáciách \cite{ApplicationsOfDT}. Tieto virtuálne repliky fyzických objektov alebo systémov umožňujú simuláciu a predikciu správania, čo vedie k efektívnejším procesom a lepšiemu rozhodovaniu.

Hlavnými výzvami v oblasti DT pre 5G siete je zaistenie presnosti modelovania a predikcie správania siete v reálnom čase \cite{challenges_human_factor}. Zároveň ide o multidisciplinárnu výzvu, vyžadujúcu kombináciu poznatkov z oblasti telekomunikácií, strojového učenia a softvérového inžinierstva. Interdisciplinárny charakter témy zdôrazňuje potrebu prepojenia teoretických vedomostí s praktickými schopnosťami s cieľom prispieť k inovatívnym riešeniam v oblasti 5G sietí.

Práca si kladie za cieľ využiť dostupné nástroje, ako sú Open5GS \cite{open5gs}, UERANSIM \cite{ueransim} a srsRAN \cite{srsran}, na vytvorenie DT, ktoré dokáže predpovedať stav siete na základe aktuálnych a historických údajov. Tato schopnosť predikovať budúce stavy bude mať veľký prínos pri optimalizovaní sieťových zdrojov.