

Formulácia problému a riešenie (Neupravená verzia)

Formulácia problému (neupravená verzia)

Digitálne dvojča (DT) je technológia, ktorá sa čoraz častejšie využíva ako nástroj na modelovanie, navrhovanie a prototypovanie \cite{dt-iot}. V rámci 5G technológie ide o presnú digitálnu repliku siete, ktorá si s reálnou sieťou vymieňa dáta obojsmerne, v reálnom čase, v snahe zlepšiť manažment siete či zrýchliť vývoj 5G sietí \cite{systematicReview}.

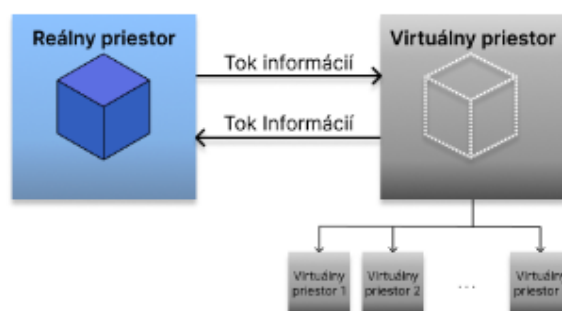
Hoci 5G siete ponúkajú nízku latenciu a vysokú rýchlosť, sú limitované v predikcii správania, a to pre dynamiku používateľov, zaťaženie či zmeny prostredia \cite{dt-network}. DT by mohlo tieto výzvy prekonať predpoveďami budúceho stavu siete, čím by na základe aktuálneho zaťaženia siete umožnilo dynamické riadenie alokácie zdrojov a zlepšilo celkovú výkonnosť systému \cite{5g-challenges}.

Zásadnú výzvu predstavuje práca s veľkým objemom dát, v reálnom čase, ktorá si vyžaduje vysokú výpočtovú silu, zaťažujúcu hardvér \cite{challenges-technol} a rovnako tak zachovanie nízkej latencie pri dosahovaní vysokej presnosti simulácie, potrebnej na predikciu budúceho stavu siete. Samotný model a konfigurácia DT predstavujú časovo a implementačne komplexné časti spomínaného riešenia \cite{challengesAndApplicationsReview}.

Technický literárny prehľad (neupravená verzia)

Pojem digitálneho dvojčata sa v posledných rokoch, predovšetkým v technických oblastiach, spomína stále častejšie. Vzhľadom na digitalizáciu, ktorá je prítomná v každom sektore, sa transformácia hmatateľného sveta do sveta bitov a pixelov stáva prirodzeným výsledkom tohto trendu.

V technickej literatúre sa DT definuje ako virtuálna reprezentácia fyzického objektu, medzi ktorými prebieha automatizovaný bilaterálny tok dát v reálnom čase \cite{DT:OriginToFuture}. Tok dát zabezpečuje presné zrkadlenie správania oboch týchto entít \cite{systematicReview}. Vlastnosť zrkadlenia, vid' Obr. \ref{fig:PLM}, poskytuje mnohé výhody ako napríklad možnosti monitorovania v reálnom čase, preventívnej údržby \cite{5g&beyond}, či urýchlenie procesu vývoja, pretože eliminuje potrebu prototypovania v každej fáze vývoja \cite{mitigating_book}.



\caption[Model zrkadlených priestorov]{Model zrkadlených priestorov (Mirrored Spaces Model) tak, ako ho vo svojej práci navrhol Grieves \cite{Grieves}. Tento model sa skladá z troch komponentov - reálny priestor (Real Space), virtuálny priestor (Virtual space) a spájací mechanizmus (Linking Mechanism) \cite{DT:OriginToFuture}, ktorý prúdi automatizovane oboma smermi medzi týmito priestormi. Virtuálny priestor vytvára digitálnu reprezentáciu reálnych objektov a podporuje viacero virtuálnych systémov na analýzu, simuláciu alebo predikciu správania fyzických objektov.}

Vo svojom výskume Enders a Hoßbachová \cite{DimensionOfDTApplication} identifikovali sektory, kde je používanie digitálneho dvojčata najrozšírenejšie. Patria sem výroba \cite{manuf}, letecký priemysel \cite{aircraft}, energetika \cite{energy}, automobilový priemysel \cite{automotive}, námorníctvo

\cite{marine}, petrochemický priemysel \cite{oil}, poľnohospodárstvo \cite{agriculture}, zdravotníctvo \cite{health}, verejný sektor \cite{education} a ťažba \cite{mining}.

Taktiež identifikovali tri hlavné využitia digitálneho dvojčaťa v týchto oblastiach \cite{ApplicationsOfDT}: ovládanie, simulovanie a monitorovanie. To však ani zďaleka nepokrýva všetky možnosti a spôsoby využitia. Digitálne dvojča dnes nájde uplatnenie aj pri dizajnovaní, validácii, predchádzaní chýb, trénoch, optimalizácii a predikcii.

Ak sa chceme pozrieť na reálne aplikácie DT, Huawei implementoval DT na monitorovanie výrobných liniek \cite{huawei2020}, zatiaľ čo mestá ako Bristol \cite{Bristol} či Singapur \cite{singapur} používajú DT na efektívne riadenie inteligentných mestských systémov. V týchto scenároch DT umožňuje predikciu zlyhaní, optimalizáciu zdrojov a minimalizáciu prestojov. Podobné prístupy sú použiteľné aj v telekomunikáciách, kde DT dokáže simulovať a predikovať správanie sietí v reálnom čase.

V oblasti telekomunikácií sa čoraz viac využívajú pri simuláciách rádiových prístupových sietí (RAN), monitorovaní jadra siete a optimalizácii zdrojov. Napríklad Siemens nasadzuje DT na správu a optimalizáciu sieťových komponentov \cite{5g&beyond}. Podobne, ZTE a China Mobile \cite{ChinaMobile} úspešne aplikovali technológiu digitálneho dvojčaťa na zlepšenie 5G konektivity pre vysokorýchlostnú železničnú trať v južnej Číne. Pomocou presného 3D modelu infraštruktúry popri trati optimalizovali výkonnosť 5G siete, čím dosiahli pokrytie na úrovni 98,5% a rýchlosti sťahovania presahujúce 300 Mbps.

Tieto úspešné implementácie demonštrujú širokú škálu výhod technológie DT v telekomunikáciách, od optimalizácie pokrytia po zvyšovanie kvality služieb. Napriek tomu však existujú určité obmedzenia, ako napríklad zložitosť nasadenia \cite{impl}, škálovateľnosť \cite{econ} a presnosť simulácií \cite{predictions_risks}, ktoré je potrebné prekonať pri vývoji nových riešení.