

Lokalizačná jednotka: Výstupy inovačného výskumného projektu v železničnej doprave



Presné určenie polohy vlaku zohráva kľúčovú úlohu v zabezpečení železničnej dopravy. Je to kritický prvok pre zníženie rizika nehôd na trati a slúži ako základné východisko pre autonómnu prevádzku vlakov. Spoločnosť IXPERTA realizovala v Českej republike v posledných troch rokoch výskumný projekt na presné určovanie polohy vlakov, ktorého výstupom je funkčná vzorka lokalizačnej jednotky.

POPIS PROJEKTU

Názov projektu

Presné určovanie polohy pre autonómnu prevádzku vlakov so zabezpečenou komunikáciou v nových sieťových štandardoch 5G+

Cieľ projektu

Vyvinúť funkčnú vzorku zariadenia na presnú lokalizáciu železničných koľajových vozidiel v reálnom čase, pričom proces lokalizácie bude čo najviac nezávislý od súčasnej železničnej infraštruktúry

Trvanie projektu

1. 1. 2020 - 31. 12. 2022

Finančná podpora

Projekt bol spolufinancovaný so štátnou podporou Technologickej agentúry Českej republiky v rámci programu TREND 1 – Program na podporu priemyselného výskumu a experimentálneho vývoja



Spoluúčastník projektu

České vysoké učení technické v Praze (ČVUT)



Výstupy

Funkčná vzorka lokalizačnej jednotky

VÝSTUP PROJEKTU: Funkčná vzorka lokalizačnej jednotky

Lokalizačná jednotka je prvok zabezpečenia železničnej dopravy, ktorý **slúži pre určovanie presnej polohy vlaku** a odosielanie dát do cloudu (5G) a vlakom v najbližšom okolí (Train2Train). Systémový model funkčnej vzorky je chránený úžitkovým vzorom na Úrade priemyselného vlastníctva ČR.

Z hľadiska zabezpečenia je lokalizačná jednotka možno ešte dôležitejšia ako detekčná jednotka, ktorá bola výstupom ďalšieho projektu spoločnosti IXPERTA realizovanom v rovnakom období. Dopravca musí v dostatočnom časovom predstihu vedieť, ak ide vlak po nesprávnej koľaji alebo má pred sebou prekážku. Brzdňá dráha vlaku je totiž v porovnaní s brzdňou dráhou osobného automobilu neporovnateľne dlhšia a môže predstavovať aj 2 – 3 km. Keď má dopravca informácie o tom, na akej trati a koľaji sa vlak nachádza, s akou rýchlosťou a vektorom sa pohybuje, môže **vopred riadiť komunikáciu medzi vlakmi, a zamedziť tak prípadným zrážkam na trati.**

AKO FUNGUJE URČOVANIE POLOHY

Vlak v počiatočnej stanici zameria svoju polohu s presnosťou na 10 cm, zistí koľaj a smer. Keďže zameranie sa realizuje dvoma GNSS anténami, presnosť lokalizácie je podmienená dostupnosťou GNSS signálu a korekčných dát PointPerfect, ktoré sú prenášané satelitom v L-pásme.

Prostredníctvom map-matchingu sa priradí poloha vlaku do topologickej mapy trate. Po rozjazde vlaku sa sleduje absolútna poloha vlaku prostredníctvom GNSS signálu. V prípade nedostupnosti signálu sa poloha dopočíta na základe fúzie údajov z:

- **IMU akcelerometrov**, vďaka ktorým je lokalizačná jednotka schopná určiť, s akou rýchlosťou a vektorom sa vlak pohybuje,
- **map-matchingu**, ktorý vychádza z existujúcich máp železničnej dopravy,
- **odometrie**, pri ktorej sa pre odhad zmeny polohy používa meranie prejdenej vzdialenosti od počiatočného bodu v čase.

Vďaka svojej presnosti jednotka spoľahlivo určuje koľaj, po ktorej sa vlak pohybuje. Rýchlosť je vypočítaná z odometra a redundantne z dopplera GNSS signálu.

Poloha vlaku sa overuje v module integrity, a následne sa bezpečne odosiela do cloudu v 5G sieti alebo prenesie prostredníctvom Train2Train komunikácie okolitým zariadeniam (iné železničné vozidlá, traťová infraštruktúra). Dopravca je takýmto spôsobom schopný merať výmeny, a správne tak určiť zmenu koľaje aj bez GPS alebo GNSS signálu. Pre operáciu teda nie je potrebný mobilný dátový signál.

TECHNICKÉ PARAMETRE

Použitý hardvér

- CPU modul iBASE ET876
- GNSS modul uBlox F9P (Galileo, GPS, GLONASS, BeiDou)
- PointPerfect prijímač uBlox D9S
- IMU jednotka OpenIMU 383ZA
- Train2Train komunikačný modul Digi XBee SX 868
- senzor rýchlosti (optický alebo μ W doppler)
- napájanie železničným DC meničom MW RSD-60G-12
- antény 2xTW3972E, ANT-MAGLB-L6, JC 5G 4x4 MIMO, XBee 868
- 5G modem Telit FN-980 pripojený ku komunikačnej jednotke ČVUT F-Tester

Použitý softvér

- ovládače GNSS modulu, IMU jednotky
- modul fúzie – kombinuje vstupy z viacerých zdrojov (GPS/GNSS signál, korekčné dáta RTK, pozícia z PointPerfect, dáta z akcelerometrie a p.)
- modul integrity – realizuje korekciu neplatných polôh, ktoré nespĺňajú požiadavky na presnosť (napríklad ak bezpečnostná zóna zasahuje do ochrannej zóny inej koľaje),
- modul map-matchingu – priradí polohu vlaku do topologickej mapy trate
- modul simulácie – zaisťuje predikciu polohy sledovaného vlaku bez potreby mobilného signálu
- komunikačný modul – zabezpečuje komunikáciu Train2Train vo vzdialenosti 5 km od sledovaného vlaku

Zaujímavé čísla

- presnosť určenia polohy: <10 cm (2σ 95%)
- stacionárna poloha s presnosťou až 2,5 cm
- doba garancie koľaje bez signálu GNSS: 2 hodiny
- vzdialenosť odosielania dát Train2Train: 2 – 5 km v bezlicenčnom pásme 868 Mhz
- rýchlosť vlaku: do 250 km/h (testované do 90 km/h)
- teplotná odolnosť riešenia od -40°C do 85°C

SPOLUPRÁCA S AKADEMICKÝM PROSTREDÍM

Projekt bol riešený v spolupráci s riešiteľmi z Fakulty elektrotechnickej ČVUT v Prahe, ktorí sa podieľali na tvorbe komunikačného modulu. Bol vytvorený softvér pre vyhodnocovanie parametrov komunikácie založený na platforme F-tester. Softvér umožňuje testovanie dátovej komunikácie v podobe krátkodobých i dlhodobých meraní, so zohľadnením topológie testovacej siete. Testy sú prispôbené mobilným sieťami na lokálnych tratiach:

- testy priepustnosti pomocou protokolu TCP, UDP alebo kombinovane pomocou oboch protokolov,
- záznam aktuálnej polohy (súradnice GNSS),
- záznam parametrov rádiového rozhrania a ID siete.

VÝHODY LOKALIZAČNEJ JEDNOTKY IXPERTA

Súčasní dopravcovia už technológie na lokalizáciu používajú, riešenie IXPERTA je však výrazne ďalej predovšetkým:

- **v presnosti polohovania** – aktuálne používané zariadenia potrebujú na svoju prevádzku mobilný signál a pri výpadku GPS alebo GNSS signálu (napríklad pri prechode tunelom) je lokalizácia nepresná,
- zariadenie lokalizačnej jednotky je koncipované **na akýkoľvek typ vlaku** (dá sa jednoducho umiestniť na strechu súpravy) **a akékoľvek napätie, čo umožňuje aj použitie aj na vlakoch riadených trakciou** (Vectrony), u ktorých sú bežné problémy s presným určením polohy kvôli silnému rušeniu,
- zariadenie zabezpečuje okrem samotnej lokalizácie aj **komunikačnú časť**,
- technológia využíva viacero systémov detekcie, čo do budúcnosti predpokladá zvládnutie certifikácie **pre zabezpečenú dopravu v rámci autonómneho systému**,
- **použitý hardvér je určený do náročného železničného prostredia** a spĺňa teplotný rozsah $-40^{\circ}\text{C} - 85^{\circ}\text{C}$,
- získavanie dát funguje **na otvorenom systéme** a cez API je možné integrovať ich do existujúcich systémov dopravcov,
- **zariadenie je koncipované pre 5G siete**, ktoré sú perspektívne pre využitie v železničiach vďaka svojej spoľahlivosti, rýchlosti a možnosti prenosu veľkých objemov dát.

Dá sa povedať, že dnešné snahy dopravcov nie sú smerované k tomu, aby boli vlaky autonómne. V súčasnosti je cieľom určovania polohy získavanie presných informácií o tom, kde sa vlak nachádza, kde vznikla havária, prípadne z dôvodov výpočtov meškania spojov, vyťaženia liniek a podobne. Riešenie zisťovania polohy od spoločnosti IXPERTA môže byť do budúcnosti súčasťou technológií, ktoré riadia autonómnu železničnú dopravu.

Potenciál technológie spočíva aj vo využití v iných typoch dopravy. Hoci lokalizačná jednotka bola vyvinutá s cieľom implementácie v železničnej doprave, niektoré čiastkové technológie je teoreticky možné využiť aj v iných typoch dopravy (napríklad modul fúzovania a podobne).

ZÁVER

IXPERTA počas riešenia výskumného projektu riešila mnohé technologické a iné problémy. Medzi najväčšie výzvy patrilo dostať sa na požadovanú úroveň presnosti s čím najnižšími nákladmi na hardvérové vybavenie. Lokalizačná jednotka je pomerne drahšie riešenie v porovnaní s technológiami, ktoré dopravcovia momentálne využívajú a tí hľadajú lacnejšie riešenia. Aj napriek tomu, že sú menej spoľahlivé.

Funkčná vzorka lokalizačnej jednotky ako výsledok trojročného projektu však rozhodne predstavuje **unikátne riešenie na svetovej úrovni** a spĺňa požiadavky na zabezpečenie, robustnosť a technologickú spoluprácu s českými a európskymi železničnými systémami. Zariadenie dokáže zabezpečiť presnú lokalizáciu železničných koľajových vozidiel v reálnom čase a proces lokalizácie je maximálne nezávislý od súčasnej železničnej infraštruktúry pracujúcej mimo vlak. Pri vývoji boli použité inovatívne prístupy v kombinácii moderných lokalizačných systémov, systémov bezpečnej komunikácie a decentralizácie dát ich umiestnením do cloudového centra.

O SPOLOČNOSTI IXPERTA

Spoločnosť **IXPERTA** pôsobí vo svete informačných technológií na českom a slovenskom trhu už viac ako 30 rokov. Špecializuje sa na infraštruktúrne riešenia, kybernetickú bezpečnosť, dizajn softvérov na mieru a umelú inteligenciu. Technologický tím IXPERTA má za sebou viacero unikátnych a technologicky komplexných riešení, vrátane slovenského superpočítača Devana. Spoločnosť sa podieľa aj na výskumných projektoch, v posledných troch rokoch realizovala v Českej republike dva výskumné projekty v oblasti zabezpečenia železničnej dopravy.

O Fakulte elektrotechnickej ČVUT v Prahe

História **Fakulty elektrotechnickej** Českého vysokého učení technického (ČVUT) v Prahe v českém akademickom prostredí siaha už viac ako 70 rokov dozadu. Fakulta vyvíja okrem vzdelávacej činnosti aj množstvo výskumných a vývojových činností. Výsledkom vývoja fakulty je napríklad platforma F-Tester určená pre meranie parametrov komunikačných sietí založených na rodine protokolu TCP/IP, ktorá bola využitá v rámci uvedeného projektu.

ZDROJE

IXPERTA Software: Drážní výskumné projekty (prezentácia)

<https://www.ixperta.com/sk/vyskum/>

<https://comtel.fel.cvut.cz/cs/projekty/presne-urcovani-polohy-pro-autonomni-provoz-vlaku-se-zabezpecenou-komunikaci-na-novych>