

# 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  $\mu$ 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 ( $2\sigma$  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  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $85^{\circ}\text{C}$

## 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 prispôsobené 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 IXPERTY 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  $-40\text{ °C} - 85\text{ °C}$ ,
- 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 železniciach 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 umiestnení 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 českom 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-vlak-u-se-zabezpecenou-komunikaci-na-novych>