

Lokalizační jednotka: Výstupy inovativního výzkumného projektu v železniční dopravě



Přesné určení polohy vlaku je zásadní význam pro zabezpečení železniční dopravy. Může zabránit srážkám na trati a představuje také základní východisko pro autonomní provoz vlaků. Společnost IXPERTA realizovala v České republice v posledních třech letech výzkumný projekt přesného určování polohy vlaků, jehož výstupem je funkční vzorek lokalizační jednotky.

POPIS PROJEKTU

Název projektu

Přesné určování polohy pro autonomní provoz vlaků se zabezpečenou komunikací v nových standardech sítě 5G+

Cíl projektu

Vyvinout funkční vzorek zařízení pro přesnou lokalizaci kolejových vozidel v reálném čase, aby byl proces lokalizace co nejvíce nezávislý na stávající železniční infrastruktuře

Délka projektu

1. 1. 2020 - 31. 12. 2022

Finanční podpora

Projekt byl spolufinancován se státní podporou Technologické agentury České republiky v rámci programu TREND 1 – Program na podporu průmyslového výzkumu a experimentálního vývoje



Spoluúčastník projektu

České vysoké učení technické v Praze (ČVUT)



Výstupy

Funkční vzorek lokalizační jednotky

VÝSTUP PROJEKTU: Funkční vzorek lokalizační jednotky

Lokalizační jednotka je prvek zabezpečení železniční dopravy, který **slouží k určení přesné polohy vlaku** a odesílání dat do cloudu a do vlaků v bezprostřední blízkosti (Train2Train). Systémový model funkčního vzorku je chráněn užitným vzorem u Úřadu průmyslového vlastnictví ČR.

Z hlediska bezpečnosti je lokalizační jednotka snad ještě důležitější než detekční jednotka, která byla výstupem jiného projektu společností IXPERTA realizovaného ve stejném období. Dopravce musí vědět s dostatečným předstihem, že vlak jede po špatné koleji nebo má před sebou překážku. Brzdná dráha vlaku je v porovnání s automobilem nesrovnatelně delší. Může dosahovat až 2 – 3 km. Pokud má dopravce informace o tom, po jaké trati a koleji vlak jede, jakou rychlostí a jakým vektorem se pohybuje, může **předem řídit komunikaci mezi vlaky a zabránit případným srážkám na trati**.

JAK URČOVÁNÍ POLOHY FUNGUJE

Ve výchozí stanici vlak určí svou polohu s přesností na 10 cm, zjistí kolej a směr. Jelikož se zaměřování provádí pomocí dvou antén GNSS, závisí přesnost lokalizace na dostupnosti signálu GNSS a korekčních dat PointPerfect vysílaných satelitem v L-pásmě.

Pomocí map-amountingu se poloha vlaku přiřadí k topologické mapě trati. Po rozjetí vlaku se sleduje absolutní poloha vlaku prostřednictvím GNSS signálu. V případě nedostupnosti signálu se poloha vypočítá sloučením dat z:

- **akcelerometrů IMU**, díky nimž je lokalizační jednotka schopna určit, jakou rychlostí a s jakým vektorem se vlak pohybuje,
- **map-matchingu**, který vychází z existujících map železniční dopravy,
- **odometrie**, která k odhadu změny polohy využívá měření vzdálenosti ujeté od výchozího bodu v čase.

Díky své přesnosti jednotka spolehlivě určí kolej, po které se vlak pohybuje. Rychlost se vypočítává z počítadla ujeté vzdálenosti a redundantně z dopplerovského GNSS signálu.

Poloha vlaku je ověřena v modulu integrity a poté bezpečně odeslána do cloudu v síti 5G nebo přenesena prostřednictvím komunikace Train2Train do okolních zařízení (jiné železniční vozy, traťová infrastruktura). Dopravce je tímto způsobem schopen měřit změny a správně tak určit změnu kolejí i bez signálu GPS nebo GNSS. K provozu tedy není potřeba žádný mobilní datový signál.

TECHNICKÉ PARAMETRY

Použitý hardware

- CPU modul iBASE ET876
- GNSS modul uBlox F9P (Galileo, GPS, GLONASS, BeiDou)
- PointPerfect přijímač uBlox D9S
- IMU jednotka OpenIMU 383ZA
- Train2Train komunikační modul Digi XBee SX 868
- senzor rychlosti (optický nebo μ W doppler)
- napájení železničním DC měničem MW RSD-60G-12
- antény 2xTW3972E, ANT-MAGLB-L6, JC 5G 4x4 MIMO, XBee 868
- 5G modem Telit FN-980 připojený ke komunikační jednotce ČVUT F-Tester

Použitý software

- ovladače GNSS modulů, IMU jednotky
- fúzní modul – kombinuje vstupy z více zdrojů (GPS/GNSS signál, korekční data RTK, poloha z PointPerfect, data akcelerometrie atd.)
- modul integrity – opravuje neplatné polohy, které nesplňují požadavky na přesnost (např. pokud bezpečnostní zóna zasahuje do ochranné zóny jiné koleje),
- modul map-amountingu – přiřadí polohu vlaku k topologické mapě trati
- simulační modul – poskytuje předpověď polohy sledovaného vlaku bez potřeby mobilního signálu
- komunikační modul – zajišťuje komunikaci Train2Train na vzdálenost 5 km od sledovaného vlaku

Zajímavá čísla

- přesnost určení polohy: <10 cm (2σ 95 %)
- doba garance koleje bez signálu GNSS: 30 s bez externího počítadla kilometrů, 2 h s externím počítadlem kilometrů
- vzdálenost odesílání dat Train2Train: 2 – 5 km v bezlicenčním pásmu 868 Mhz
- rychlost vlaku: do 250 km/h (testované do 90 km/h)

SPOLUPRÁCE S AKADEMICKÝM PROSTŘEDÍM

Projekt byl řešen ve spolupráci s výzkumníky z Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze, kteří se podíleli na tvorbě komunikačního modulu. Byl vyvinut **software pro vyhodnocování parametrů komunikace** založený na platformě F-tester. Software umožňuje testování datové komunikace formou krátkodobých a dlouhodobých měření s ohledem na topologii testovací sítě. Testy jsou přizpůsobeny mobilním sítím na místních tratích:

- testy propustnosti pomocí protokolu TCP, UDP nebo kombinace obou protokolů,
- záznam aktuální polohy (souřadnice GNSS),
- záznam parametrů rádiového rozhraní a ID sítě.

VÝHODY LOKALIZAČNÍ JEDNOTKY IXPERTA

Současní dopravci již tuto technologii k lokalizaci využívají, nicméně řešení IXPERTA je výrazně dál:

- **v přesnosti určování polohy** – aktuálně používaná zařízení potřebují ke svému provozu mobilní signál a při výpadku GPS nebo GNSS signálu (např. při přechodu tunelem) je lokalizace nemožná,
- lokalizační jednotka je určena **pro jakýkoli typ vlaku** (lze ji snadno umístit na střechu vlakové soupravy) **a jakékoli napětí, což umožňuje použití i u vlaků řízených trakcí** (Vectrony), kde jsou běžné problémy s přesným určením polohy v důsledku silného rušení,
- zařízení poskytuje kromě samotné lokalizace také **komunikační část**,
- technologie využívá více detekčních systémů, což v budoucnu znamená zvládnutí certifikace **pro bezpečnou přepravu v rámci autonomního systému**,
- **použitý hardware je určený do náročného železničního prostředí** a splňuje teplotní rozsah $-40\text{ °C} - 85\text{ °C}$,
- sběr dat funguje **na otevřeném systému** a lze je integrovat do stávajících systémů dopravců prostřednictvím rozhraní API,
- **zařízení je koncipováno pro 5G sítě**, které jsou díky své spolehlivosti, rychlosti a možnosti přenosu velkých objemů dat perspektivní pro použití na železnici.

Lze říci, že dnešní snahy dopravců nesměřují k tomu, aby byly vlaky autonomní. Momentálně je cílem určování polohy získat přesné informace o tom, kde se vlak nachází, kde došlo k nehodě, případně z důvodu výpočtů zpoždění spojů, vytížení linek atd. Řešení detekce polohy společnosti IXPERTA může být součástí technologií, které budou v budoucnu pohánět autonomní železniční dopravu.

Potenciál této technologie spočívá také v jejím využití v jiných druzích dopravy. Ačkoli byla lokalizační jednotka vyvinuta s cílem implementace v železniční dopravě, některé dílčí technologie lze teoreticky využít i v jiných typech dopravy (např. fúzní modul atd.).

ZÁVĚR

IXPERTA se během výzkumného projektu zabývala mnoha technologickými a dalšími otázkami. Jednou z největších výzev bylo dosáhnout požadované úrovně přesnosti s co nejnižšími náklady na hardware. Lokalizační jednotka je relativně dražší řešení ve srovnání s technologiemi, které dopravci v současnosti používají, a hledají levnější řešení. I když jsou méně spolehlivé.

Funkční vzorek lokalizační jednotky jako výsledek tříletého projektu rozhodně představuje **unikátní řešení na světové úrovni** a splňuje požadavky na bezpečnost, robustnost a interoperabilitu s českým i evropským železničním systémem. Zařízení dokáže zajistit přesnou lokalizaci železničních kolejových vozidel v reálném čase a proces lokalizace je maximálně nezávislý na stávající železniční infrastruktuře provozované mimo vlak. Při vývoji byly použity inovativní přístupy, které kombinují moderní lokalizační systémy, bezpečné komunikační systémy a decentralizaci dat jejich umístěním do cloudového centra.

O SPOLEČNOSTI IXPERTA

Společnost **IXPERTA** působí ve světě informačních technologií na českém a slovenském trhu již více než 30 let. Specializuje se na infrastrukturní řešení, kybernetickou bezpečnost, návrh softwaru na zakázku a umělou inteligenci. Technologický tým společnosti IXPERTA má za sebou několik unikátních a technologicky složitých řešení, včetně slovenského superpočítače Devana. Společnost se také podílí na výzkumných projektech, v posledních třech letech realizovala v České republice dva výzkumné projekty v oblasti zabezpečení železniční dopravy.

O Fakultě elektrotechnické ČVUT v Praze

Historie **Fakulty elektrotechnické** Českého vysokého učení technického (ČVUT) v Praze v českém akademickém prostředí trvá již více než 70 let. Kromě vzdělávací činnosti fakulta provádí řadu výzkumných a vývojových činností. Výsledkem vývoje fakulty je např. platforma F-Tester pro měření parametrů komunikačních sítí založených na rodině protokolů TCP/IP, které byly použity v rámci výše uvedeného projektu.

ZDROJE

IXPERTA Software: Výzkumné železniční projekty (prezentace)

<https://www.ixperta.com/vyzkum/>

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