

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

35 799

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

B61L 25/02 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2021-39498**
(22) Přihlášeno: **20.12.2021**
(47) Zapsáno: **15.02.2022**

(73) Majitel:
IXPERTA s.r.o., Praha 9, Libeň, CZ

(72) Původce:
Ing. Petr Jelen, Česká Metuje, CZ
Ing. Jan Kněžík, Brno, Štýřice, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Hana Dušková, Na Kočově 180, 281 03
Chotutice

(54) Název užitého vzoru:
**Lokalizační zařízení pro stanovení polohy
železničních kolejových vozidel**

Lokalizační zařízení pro stanovení polohy železničních kolejových vozidel

Oblast techniky

5

Technické řešení se týká zařízení pro bezpečné stanovení polohy železničních kolejových vozidel, které dokáže spolehlivě a v reálném čase vypočítat polohu železničního kolejového vozidla, bez nároků na zařízení podél trati. Zařízení také průběžně odesílá vypočtenou polohu a vektor pohybu v reálném čase prostřednictvím mobilní telekomunikační sítě nebo radiofrekvenčních komunikačních zařízení.

10

Dosavadní stav techniky

Tradiční systémy a zařízení pro lokalizaci polohy železničních vozidel spoléhají na technické vybavení, které je umístěno podél železniční trati. V Evropě je standardizován systém ETCS, který používá takzvané balízy, instalované v kolejišti pro stanovení bezpečné polohy projíždějícího vozidla. Obdobný systém uvedený v EP 3141452 A1 využívá soustavu elektronických rohoží, které jsou souvisle jedna za druhou upevněny na pražcích v ose kolejí. Jednotlivé rohože vysílají pomocí antény signál, který danou rohož identifikuje. Signál je přijímán anténou na palubě projíždějícího vlaku a poloha je určena s přesností nejen na úrovni rohože, ale dokáže stanovit i relativní polohu v rámci dané rohože. Takové systémy jsou spolehlivé a přesné, avšak velice nákladné na instalaci a provoz, protože vyžadují vybudování samostatné infrastruktury.

20

Ze stavu techniky jsou rovněž známa řešení, která využívají příjem družicového signálu GNSS (Global Navigation Satellite System) to je Systémy Galileo, GPS, GLONASS a podobně. Obecnou nevýhodou využití družicové navigace v železničním prostředí je nemožnost výpočtu odchylky od skutečné polohy vozidla, protože samotný GNSS přijímač nemá bez použití technologie RAIM možnost zjistit zdroj a míru nepřesnosti, a tak může na svůj výstup poskytovat poměrně často i odhady, které nijak neodpovídají realitě, přičemž tato skutečnost není běžným přijímačem nijak signalizována. Aplikace využívající poskytnutý odhad může tedy chybně předpokládat, že jsou stále splněny pravděpodobnostní požadavky kladené na odhad. Dalším problémem použití GNSS v železničním prostředí je častá nedostupnost GNSS signálu v členitém terénu, v nádražních budovách nebo podzemních nádražích, v tunelech, pod širokými mosty nebo v husté zástavbě, což vede k velkým nepřesnostem měřené polohy nebo k úplné ztrátě polohy. Další nevýhodou standardního GNSS přijímače bez použití augmentace je i v případě dobrého signálu jeho nedostatečná přesnost pro bezpečné rozlišení koleje.

35

Z dokumentu GB 2555813 A je patrné, že výše uvedenou nevýhodu je možné částečně eliminovat kombinováním informace o poloze získané zpracováním GNSS signálu s informací opět ze zařízení umístěného podél trati. V tomto případě je použito počítadlo náprav, které musí být instalováno na dostatečně krátkých úsecích pro zajištění požadované přesnosti.

40

Z patentu EP 2386459 B1 je známo, že přesnost určení polohy železničního vozidla pomocí GNSS signálu může být rovněž zvýšena metodami bez nutnosti zařízení podél trati. Jedná se zejména o „dead reckoning“ pomocí IMU jednotky a jiných senzorů, jako je senzor odometrie či rychlosti, a dále „map matching“, tedy korekci GNSS pozice pomocí umístění na známou topologii mapy. Nevýhodou tohoto řešení je nemožnost ověření integrity vypočtené polohy a také nedostupnost informace o poloze vozidla při delším stání v prostorách bez GNSS signálu.

45

Z dokumentu EP 3715210 A1 je známo, že polohu železničního vozidla je možné stanovit pomocí kamery, která snímá značky umístěné na sloupech trakčního vedení. Toto řešení však vyžaduje dodatečnou instalaci lokalizačních značek na stávající sloupy trakčního vedení, což představuje další náklady.

50

55

Podstata technického řešení

5 Výše uvedené nevýhody odstraňuje lokalizační zařízení pro stanovení polohy železničních kolejových vozidel, obsahující blok GNSS přijímače tvořený dvěma GNSS přijímači s anténami nebo jedním GNSS přijímačem se dvěma anténami, IMU jednotku s akcelerometry a gyroskopy, senzor rychlosti, odometrický senzor, modul fúze a modul shody s mapou podle předkládaného řešení. IMU jednotka je inerciální měřicí jednotka, kterou je elektronické zařízení, které pomocí kombinace gyroskopů a akceleratorů podává informace o zrychlení a orientaci v prostoru.

10 Podstatou nového řešení je, že vstup bloku GNSS přijímače je propojen s výstupem přijímače GNSS korekčních dat z augmentačních systémů a zařízení dále obsahuje modul integrity. Na jeden vstup modulu integrity je připojen výstup bloku GNSS přijímače, na jehož druhý vstup je připojen výstup modulu shody s mapou. Dále je modul integrity obousměrně propojen s modulem simulace a s modulem fúze. Na jeden vstup modulu simulace je připojen výstup bloku s daty o parametrech vozidla a připojených vozů a na druhý vstup modulu simulace je připojen jeden výstup statické mapy. Druhý výstup statické mapy je propojen s jedním vstupem modulu shody s mapou, na jehož druhý vstup je připojen výstup modulu fúze. Na první vstup modulu fúze je připojen výstup bloku GNSS přijímače, na jeho druhý vstup je připojen výstup modulu vnitřní lokalizace, který má vstup propojen s výstupem senzoru vnitřní lokalizace. Na třetí vstup modulu fúze je připojen výstup IMU jednotky, který je současně propojen se třetím vstupem modulu simulace. Na čtvrtý vstup modulu fúze je připojen výstup senzoru rychlosti, který je současně rovněž propojen s modulem simulace, a na pátý vstup modulu fúze je připojen výstup odometrického senzoru, propojeného také s modulem simulace. Dále je první výstup modulu integrity propojen s radiofrekvenčním vysílačem polohy a vektoru pohybu vozidla. Radiofrekvenční vysílač polohy a vektoru pohybu je opatřen anténou, a druhý výstup modulu integrity je propojen s aplikací vyhodnocení údajů o poloze vozidla. Některé moduly jsou pak vybaveny příslušným software. Modul vnitřní lokalizace je vybaven software pro výpočet polohy přijímače vnitřní lokalizace na základě přijatých signálů od vysílačů vhodně umístěných ve vnitřních prostorách. Modul integrity je vybaven software pro výpočet a ověření integrity pozice, vzdálenosti a směru. Modul fúze je vybaven software pro výpočet nejpravděpodobnější polohy a okamžité rychlosti vozidla ze vstupních dat zatížených nepřesnostmi a šumem. Modul simulace je vybaven software pro fyzikální modelování pohybu železničního vozidla po fyzikálním modelu kolejí načtených z mapy využívající poslední známou polohu a vstupní data ze senzorů rychlosti, zrychlení a odometrie.

35 Modul shody s mapou je vybaven software pro výpočet topologické polohy na základě vstupní geografické polohy. Aplikace je vybavena software pro aplikačně-specifické zpracování dodané informace o aktuální poloze a vektoru pohybu vozidla.

40 Modul fúze může být realizovaný rozšířeným Kalmanovým filtrem nebo částicovým filtrem.

Předkládané technické řešení umožňuje vytvoření lokalizačního zařízení pro železniční kolejová vozidla, které určuje jeho polohu s přesností 25 cm a které dokáže polohu počítat i v místech s nedostatečným signálem GNSS, a to s minimálními nebo žádnými zařízeními podél trati.

45 Podstatné je, že žádný existující dokument neuvádí použití modulu integrity, propojeného s modulem fúze, modulem shody s mapou a modulem simulace, který umožňuje vypočítat pravděpodobnostně spolehlivou hodnotu odchylky polohy vozidla na základě augmentačních dat GNSS, simulace jízdy vozidla po trati a odchylky polohy zjištěné v modulu fúze a v modulu shody s mapou, a tak stanovit bezpečnostní odchylky výsledné polohy a na výstupu poskytnout jen data o poloze vozidla, která odpovídají nastaveným bezpečnostním kritériím. Takto vypočtená poloha (geografická i topologická) železničního vozidla poskytuje externím aplikacím data potřebná ke zvýšení bezpečnosti provozu na železnici a na železničních přejezdech.

Objasnění výkresů

Na obr. 1 je znázorněno blokové schéma popsaného technického řešení.

5

Příklady uskutečnění technického řešení

Na přiloženém výkrese je uvedeno blokové schéma lokalizačního zařízení pro bezpečné stanovení polohy železničních kolejových vozidel. Zařízení obsahuje blok 1 GNSS přijímače tvořený
 10 dvěma multikonstelačními a multifrekvenčními GNSS přijímači 1A, 1B s anténami nebo
 jedním multikonstelačním a multifrekvenčním GNSS přijímačem se dvěma anténami,
 přijímačem 2 GNSS korekcí z geostacionárních družic v L-pásmu, IMU jednotkou 5
 s akcelerometry a gyroskopy měřícími zrychlení a úhlovou rychlost ve 3 osách, senzor 6 rychlosti
 15 měřící okamžitou rychlost za použití Dopplerova jevu, odometrický senzor 7 průběžně měřící
 ujetou vzdálenost buď enkodérem dvoukolí nebo bezkontaktním měřením pohybu kolejničky,
 modul 9 fúze realizovaný rozšířeným Kalmanovým filtrem nebo částicovým filtrem, kde modul 9
 fúze je vybaven software pro výpočet nejpravděpodobnější polohy a okamžité rychlosti vozidla ze
 vstupních dat zatížených nepřesnostmi a šumem, a modul 13 shody s mapou vybavený softwarem
 20 pro nalezení topologické polohy v mapě na základě aktuálních a předchozích hodnot polohy
 a směru vozidla. Na výstup přijímače 2 GNSS korekčních dat z augmentačních systémů je připojen
 vstup bloku 1 GNSS přijímače, který používá přijatá korekční data pro zpřesnění GNSS pozice.
 Použitím GNSS korekčních dat jsou eliminovány nepřesnosti GNSS technologie dané
 ionosférickými vlivy, nepřesnosti času, polohy a vektoru pohybu družic, a tak lze s dobrým
 příjmem signálu dosáhnout přesnosti výpočtu polohy do 10 cm (2σ).

25

Zařízení dále obsahuje modul 8 integrity vybavený softwarem pro výpočet a ověření integrity
 pozice, vzdálenosti a směru, který je obousměrně propojen s modulem 11 simulace a s modulem 9
 fúze a na jehož jeden vstup je připojen výstup bloku 1 GNSS přijímače a na jehož druhý vstup je
 připojen výstup modulu 13 shody s mapou. Modul 8 integrity vyhodnocuje odchylku GNSS polohy
 30 podle augmentačních dat zahrnujících data o bezpečnosti a integritě, které poskytují např.
 služby SAPA a EGNOS, odchylku směru a polohy vozidla vůči mapě a odchylku směru a polohy
 mezi výstupem z modulu 9 fúze a výstupem z modulu 11 simulace. Splní-li vypočtené odchylky
 nastavená kritéria, je výsledná poloha vozidla poskytnuta na výstupu modulu 8 integrity. Pokud
 odchylka výpočtu přesahuje stanovené limity, modul výslednou polohu na výstupu neposkytuje.

35

Výsledná poloha a vektor pohybu vozidla jsou odeslány do okolí vozidla radiofrekvenčním
 vysílačem 14 polohy a vektoru pohybu vozidla RF signálem a mobilním datovým přenosem na
 server v internetu. Data jsou rovněž dostupná pro využití lokální aplikací 15 využívající polohu na
 palubě vlaku, která je připojena prostřednictvím lokální sítě. Aplikace 15 je vybavena software pro
 40 aplikačně-specifické zpracování dodané informace o aktuální poloze a vektoru pohybu vozidla.

Aplikace 15 je externí aplikace, která používá vypočtenou polohu vozidla, například dispečink pro
 řízení železniční dopravy, aplikace sběru dat o kvalitě dopravy a zpoždění nebo informování
 cestujících o aktuální přesné poloze vlaku na mapě v infotainmentu.

45

Radiofrekvenční vysílač 14 polohy a vektoru pohybu tvoří datový modem pro mobilní síť
 s příslušnou anténou a RF transceiver pro všesměrové vysílání do nejbližšího okolí vlaku, do
 10 km. Tato informace o poloze vlaku může být využita například k upozornění a k zabezpečení
 automobilu příjezdějícímu k železničnímu přejezdu, ke kterému se blíží drážní vozidlo. Dalším
 50 příkladem vhodné aplikace je provoz na tratích se zjednodušeným řízením drážní dopravy podle
 předpisu D3, kde hrozí kolize s protijedoucím vlakem na stejné koleji.

Pro stanovení počáteční polohy vozidla v místech se špatným pokrytím GNSS signálem, jako je
 podzemní nebo krytá stanice, je zařízení opatřeno modulem 4 vnitřní lokalizace, na jehož vstup je
 55 připojen výstup senzoru 3 vnitřní lokalizace, který vyžaduje instalaci zaměřených lokalizačních

majáků nebo štitků v prostorách stanice. Technologie vnitřní lokalizace může být použita radiofrekvenční, například založená na Time of Flight a Direction finding - Angle of arrival (AoA). Modul 4 vnitřní lokalizace je vybaven software pro výpočet polohy přijímače vnitřní lokalizace na základě přijatých signálů od vysílačů vhodně umístěných ve vnitřních prostorách.

5

Zařízení je také opatřeno modulem 11 simulace, který ze vstupních dat a z poslední známé polohy počítá pohyb vozidla po kolejích a na jehož jeden vstup je připojen výstup bloku 12 s daty o parametrech vozidla a připojených vozů, na jehož druhý vstup je připojen jeden výstup statické mapy 10, na jehož třetí vstup je připojen výstup IMU jednotky 5, na jehož čtvrtý vstup je připojen výstup senzoru 6 rychlosti a na jehož pátý vstup je připojen výstup odometrického senzoru 7.

10

Modul 11 simulace je vybaven software pro fyzikální modelování pohybu železničního vozidla po fyzikálním modelu kolejí načtených z mapy 10 využívající poslední známou polohu a vstupní data ze senzorů rychlosti, zrychlení a odometrie.

15

Fyzikální vlastnosti modelu jsou nastaveny v bloku 12 s daty o parametrech vozidla a připojených vozů, která zahrnují data o hmotnosti a výkonu lokomotivy, dále počtu a hmotnostech připojených vozidel, účinnosti brzdového systému a poloze jednotlivých senzorů. Počáteční a průběžně aktualizovanou polohu fyzikálního modelu vozidla dodá modul 8 integrity, když je k dispozici přesná poloha GNSS s použitím korekčního signálu nebo přesná poloha z modulu 4 vnitřní lokalizace. Výsledkem výpočtu modulu 11 simulace je nová poloha vozidla, respektující fyzikální vlastnosti dráhy a vozidla a která slouží k ověření polohy vypočtené v modulu 9 fúze v modulu 8 integrity.

20

Modul 9 fúze, na jehož první vstup je připojen výstup bloku 1 GNSS přijímače, na jehož druhý vstup je připojen výstup modulu 4 vnitřní lokalizace, který má vstup propojen s výstupem senzoru 3 vnitřní lokalizace, na jehož třetí vstup je připojen výstup IMU jednotky 5, na jehož čtvrtý vstup je připojen výstup senzoru 6 rychlosti, na jehož pátý vstup je připojen výstup odometrického senzoru 7, který sestává z rozšířeného Kalmanova filtru pro multisenzorickou fúzi, případně je doplněn mechanismem pro adaptivní výpočet kovarianční matice. Výstup modulu 9 fúze je připojen na vstup modulu 13 shody s mapou, využívající statickou mapu 10, který od něj přijímá aktuální polohu vozidla, jeho rychlost a orientaci. Tento modul 13 shody s mapou je založen na algoritmu sledování více hypotéz a částicovém filtru a ke stanovení topologické polohy vozidla využívá nejen polohu, ale i orientaci vozidla a poloměr oblouku, který počítá z n posledních vzorků získaných dat. Výstupem modulu 13 shody s mapou je geografická a topologická poloha vozidla v železniční síti a bezpečné určení koleje, po které se vozidlo pohybuje.

25

30

35

Průmyslová využitelnost

40

Lokalizační zařízení pro bezpečné stanovení polohy železničních kolejových vozidel podle předkládaného technického řešení nalezne uplatnění v železniční dopravě, a to pro spolehlivé stanovení polohy, rychlosti a směru pohybu vlaků osobní i nákladní dopravy v reálném čase. Zařízení pracuje s přesností postačující na bezpečné rozlišení koleje. Vysíláním aktuální informace o poloze vlaku, obsazené koleji a směru a rychlosti pohybu vlaku umožní včasné varování před nebezpečím srážky s jiným vozidlem, a tak může významně zvýšit bezpečnost železničního provozu na tratích se zjednodušeným řízením drážní dopravy podle předpisu D3 a na železničních přejezdech.

45

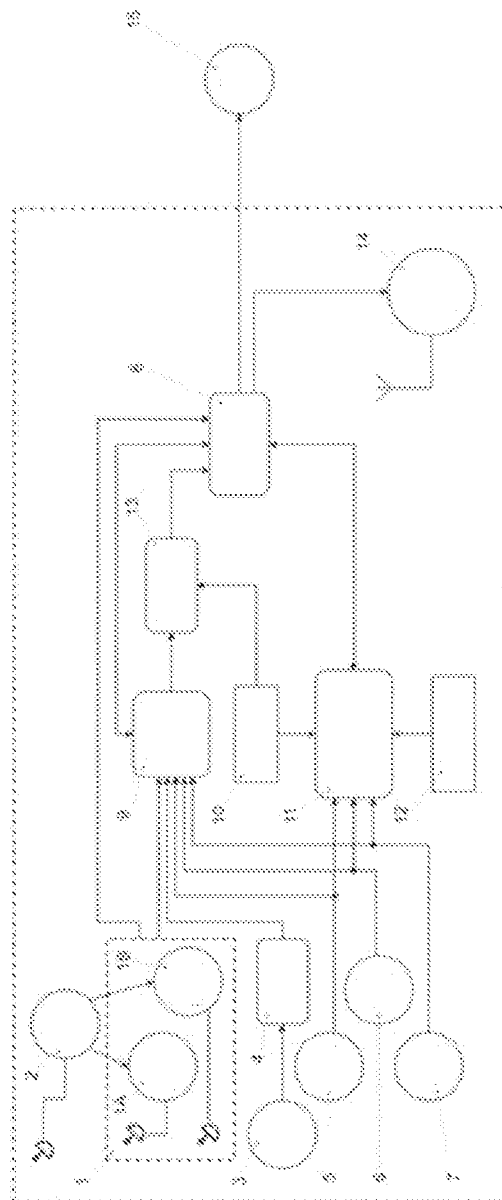
NÁROKY NA OCHRANU

1. Lokalizační zařízení pro stanovení polohy železničních kolejových vozidel, obsahující blok (1) GNSS přijímače tvořený dvěma multikonstelačními a multifrekvenčními GNSS přijímači (1A, 1B) s anténami nebo jedním multikonstelačním a multifrekvenčním GNSS přijímačem se dvěma anténami, IMU jednotku (5) s akcelerometry a gyroskopy, senzor (6) rychlosti, odometrický senzor (7), modul (9) fúze a modul (13) shody s mapou, **vyznačující se tím**, že vstup bloku (1) GNSS přijímače je propojen s výstupem přijímače (2) GNSS korekčních dat z augmentačních systémů a že zařízení dále obsahuje modul (8) integrity, na jehož jeden vstup je připojen výstup bloku (1) GNSS přijímače, na jehož druhý vstup je připojen výstup modulu (13) shody s mapou; že dále je modul (8) integrity obousměrně propojen s modulem (11) simulace a s modulem (9) fúze, kde na jeden vstup modulu (11) simulace je připojen výstup bloku (12) s daty o parametrech vozidla a připojených vozů a na jehož druhý vstup je připojen jeden výstup statické mapy (10), jejíž druhý výstup je propojen s jedním vstupem modulu (13) shody s mapou, na jehož druhý vstup je připojen výstup modulu (9) fúze, na jehož první vstup je připojen výstup bloku (1) GNSS přijímače, na jehož druhý vstup je připojen výstup modulu (4) vnitřní lokalizace, který má vstup propojen s výstupem senzoru (3) vnitřní lokalizace, na jehož třetí vstup je připojen výstup IMU jednotky (5), který je současně propojen se třetím vstupem modulu (11) simulace, na jehož čtvrtý vstup je připojen výstup senzoru (6) rychlosti, který je současně rovněž propojen s modulem (11) simulace, a na jehož pátý vstup je připojen výstup odometrického senzoru (7), propojeného také s modulem (11) simulace; a že dále je první výstup modulu (8) integrity propojen s radiofrekvenčním vysílačem (14) polohy a vektoru pohybu vozidla, kde radiofrekvenční vysílač (14) polohy a vektoru pohybu je opatřen anténou, a druhý výstup je propojen s aplikací (15) vyhodnocení údajů o poloze vozidla, přičemž modul (4) vnitřní lokalizace je vybaven software pro výpočet polohy přijímače vnitřní lokalizace na základě přijatých signálů od vysílačů vhodně umístěných ve vnitřních prostorech, modul (8) integrity je vybaven software pro výpočet a ověření integrity pozice, vzdálenosti a směru, modul (9) fúze je vybaven software pro výpočet nejpravděpodobnější polohy a okamžité rychlosti vozidla ze vstupních dat zatížených nepřesnostmi a šumem, modul (11) simulace je vybaven software pro fyzikální modelování pohybu železničního vozidla po fyzikálním modelu koleji načtených z mapy využívající poslední známou polohu a vstupní data ze senzorů rychlosti, zrychlení a odometrie, modul (13) shody s mapou je vybaven software pro výpočet topologické polohy na základě vstupní geografické polohy a aplikace (15) je vybavena software pro aplikačně-specifické zpracování dodané informace o aktuální poloze a vektoru pohybu vozidla.
2. Lokalizační zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že modul (9) fúze je realizovaný rozšířeným Kalmanovým filtrem.
3. Lokalizační zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že modul (9) fúze je realizovaný částicovým filtrem.

1 výkres

Seznam vztahových značek:

- 1 blok GNSS přijímače
- 1A GNSS přijímač s anténami
- 1B GNSS přijímač s anténami
- 2 přijímač GNSS korekčních dat z augmentačních systémů
- 3 senzor vnitřní lokalizace
- 4 modul vnitřní lokalizace
- 5 IMU jednotka
- 6 senzor rychlosti
- 7 odometrický senzor
- 8 modul integrity
- 9 modul fúze
- 10 statická mapa železnice a GNSS pokrytí
- 11 modul simulace
- 12 blok s daty o parametrech vozidla a připojených vozů
- 13 modul shody s mapou
- 14 radiofrekvenční vysílač polohy a vektoru pohybu vozidla
- 15 aplikace vyhodnocení údajů.



Obr. 1