

Hynek Mocek, Aleš Filip¹

Satelitní systém Galileo pro bezpečnostní aplikace na železnici

Klíčová slova: *GPS, GNSS, Galileo, Safety of Life, RAMS, zabezpečovací technika*

1. Úvod

Služba kritická z hlediska bezpečnosti (SoL - Safety of Life service) Globálního navigačního satelitního systému (GNSS) Galileo byla navržena zvláště podle leteckých bezpečnostních norem. Předpokládá se, že úroveň A služby SoL bude využita i pro bezpečnostní aplikace na železnici [1], [3]. Základní myšlenka tohoto využití spočívá v nahrazení zařízení umístěného podél tratí (kolejové obvody, počítače náprav, balízy, atd.), které zajišťuje funkci bezpečného určení polohy vlaku, palubními systémy na principu GNSS. Požadavky služby SoL jsou však stanoveny z potřeb civilního letectví [9] a nezahrnují filozofii železniční bezpečnosti. Také měřítko kvality popisující službu Galileo SoL jsou odlišné od železničních RAMS [10]. A velmi odlišné je také prostředí z hlediska příjmu satelitního signálu (stínící objekty podél trati, profil terénu, atd.). Tento článek se bude dále zabývat problematikou popsanou v tomto odstavci.

2. Služba kritická z hlediska bezpečnosti

Požadavky bezpečnosti na satelitní signál SIS (Signal-In-Space) služby Galileo SoL vycházejí zejména z letecké filozofie bezpečnosti [9]. V tabulce 1 jsou uvedena měřítko kvality (přesnost, integrita, kontinuita, pohotovost) jednotlivých úrovní služby SoL. Integrita se obvykle vyjadřuje pomocí rizika integrity IR (Integrity Risk) a kontinuita se popisuje pomocí pojmu rizika kontinuity CR (Continuity Risk).

Úroveň A bude pokrývat nejnáročnější letecké operace požadující navádění během krátkého časového intervalu a s velmi přísnými dynamickými podmínkami. Úroveň B bude pokrývat letecké operace v rozsahu operací daná letová hladina (en-route) až nepřesné přiblížení NPA (Non Precision Approach). Úroveň C bude pokrývat námořní operace v rozsahu od námořní navigace do přiblížení do přístavu a navigace na vnitrozemských vodních cestách. Železniční požadavky na signál SIS nebyly dosud specifikovány, proto se předpokládá, že nejpřísnější úroveň A služby Galileo SoL bude použita i pro bezpečnostní aplikace na železnici [3]. Koncept bezpečnosti GNSS nezahrnuje filozofii železniční

¹ **Ing. Hynek Mocek**, 1972, ČVUT FEL Praha, obor radiotechnika.

SŽDC s.o., TÚDC Laboratoř inteligentních systémů - využití satelitní navigační techniky pro železniční bezpečnostní aplikace.

² **Doc. Ing. Aleš Filip, CSc.**, Univerzita Pardubice, DFJP, 2004 - habilitován docentem. Vedl výzkum v oblasti stanovení spolehlivosti systému Galileo v INRETS (Villeneuve d'Ascq, Francie) v období XI./2007-IV./2008. Je vedoucím střediska SŽDC, s.o. - TÚDC Laboratoře inteligentních systémů. Zabývá se využitím satelitní navigace pro bezpečnostní aplikace na železnici.

bezpečnosti, proto klíčem k železničním bezpečnostním aplikacím s využitím GNSS je správná interpretace měřítek kvality GNSS pomocí železniční terminologie RAMS [4].

Tabulka 1: Kategorie úrovně služby Galileo Safety-of-Life [3]

	Požadavky úrovně A (kritická) Letectví - APV II	Požadavky úrovně B (nekritická) Letectví - do NPA	Požadavky úrovně C Námořní
Riziko integrity (IR)	$2 \cdot 10^{-7}$ v každém intervalu 150 s	$1 \cdot 10^{-7} / 1 \text{ h}$	$1 \cdot 10^{-5} / 3 \text{ h}$
Riziko kontinuity (CR)	$8 \cdot 10^{-6}$ v každém intervalu 15 s	$1 \cdot 10^{-4}$ až $1 \cdot 10^{-8} / 1 \text{ h}$	$3 \cdot 10^{-4} / 3 \text{ h}$
Dostupnost služby	99,50 %	99,50 %	99,50 %
TTA	6 s	10 s	10 s
Přesnost (95%) H / V	4 m / 8 m	H: 220 m	H: 10 m
HAL / VAL	40 m / 20 m	HAL = 556 m	25 m / NA
Dvě frekvence E5+L1 nebo E5b+L1	ANO	ANO	ANO
Jedna frekvence L1 nebo E5b	NE	ANO	ANO
Pokrytí	Globální	Globální	Globální

3. Bezporuchovost a bezpečnost určení polohy na základě GNSS

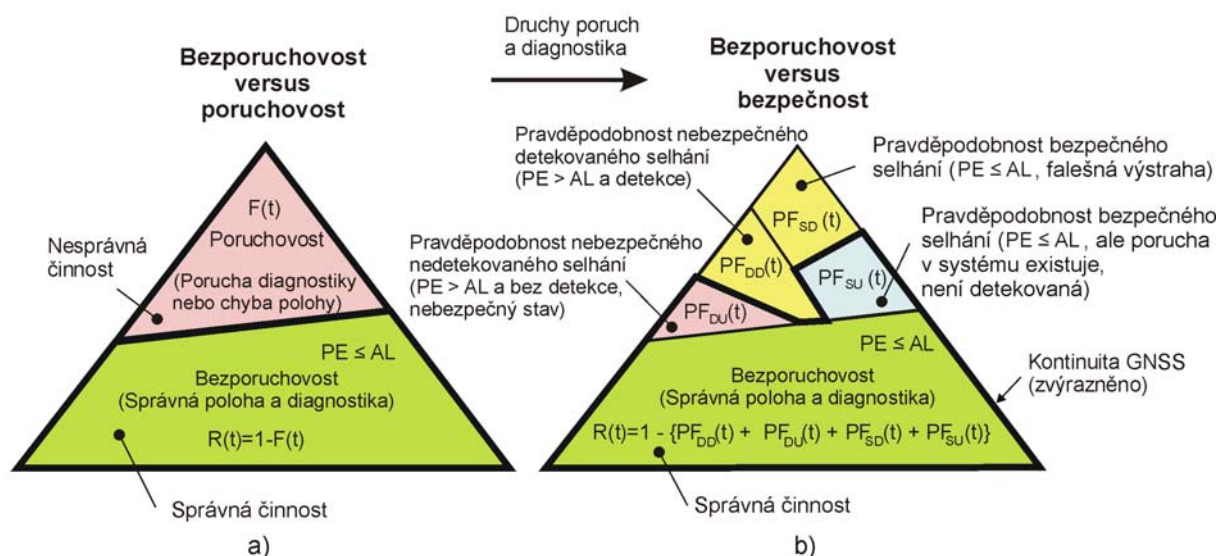
Bezporuchovost $R(t)$ správného určení polohy včetně správné funkce diagnostiky GNSS je znázorněna na obr. 1 ve spodní části Vennova diagramu. Poloha je správná, když chyba polohy PE je udržována v rámci meze výstrahy AL (Alert Limit) definované uživatelem, t.j. $PE \leq AL$. Bezporuchovost je měřítkem úspěchu a je to funkce časového intervalu $(0, t)$. Poruchovost funkce určení polohy $F(t)$ je měřítko poruchy v časovém intervalu $(0, t)$. Představuje buď případ, kdy chyba polohy PE překročí mez výstrahy AL , anebo se jedná o poruchu diagnostiky GNSS.

3.1 Klasifikace poruch GNSS

Poruchovost $F(t)$ může být vyjádřena jako $F(t) = \{PF_D(t) + PF_S(t)\}$ a bezporuchovost jako $R(t) = 1 - \{PF_D(t) + PF_S(t)\}$. Pravděpodobnost nebezpečného selhání $PF_D(t)$ představuje pravděpodobnost v časovém intervalu $(0, t)$, že chyba polohy PE překročí mez výstrahy AL , tj. $PE > AL$. Pravděpodobnost bezpečného selhání $PF_S(t)$ představuje pravděpodobnost, že $PE \leq AL$. V tomto případě výstup z GNSS přijímače neovlivní bezpečnost celého systému. Nicméně existuje porucha diagnostiky systému GNSS anebo

chyba v určení polohy, jejichž pravděpodobnosti by měly být uvažovány v analýze spolehlivosti.

Implementace mechanismů detekce poruchy může zlepšit jak bezpečnost, tak i bezporuchovost. Následné upřesnění druhů poruch pomůže objasnit skutečný význam rizika integrity a rizika kontinuity GNSS a pomůže najít způsob, jak je popsat pomocí termínů RAMS dle EN 50126 [4]. Pravděpodobnosti druhů poruch jsou zobrazeny v horní části Vennova diagramu na obr. 1b).



Obr. 1 Vztah mezi bezporuchovostí a bezpečností určení polohy pomocí GNSS:
 a) bezporuchovost a poruchovost
 b) bezporuchovost a bezpečnost při uvažování diagnostiky

3.2 Riziko integrity a riziko kontinuity GNSS jako druhy poruchy

Pravděpodobnost bezpečného selhání nedetekovaného $PF_{SU}(t)$ představuje pravděpodobnost existence nekritické poruchy ($PE \leq AL$), ale žádná porucha není oznámena vestavěnou diagnostikou. V tomto případě bezpečná porucha v systému existuje, ale uživatel o ní neví. Ta však může být odhalena nezávislou diagnostikou s použitím senzorů založených na fyzikálně odlišných principech.

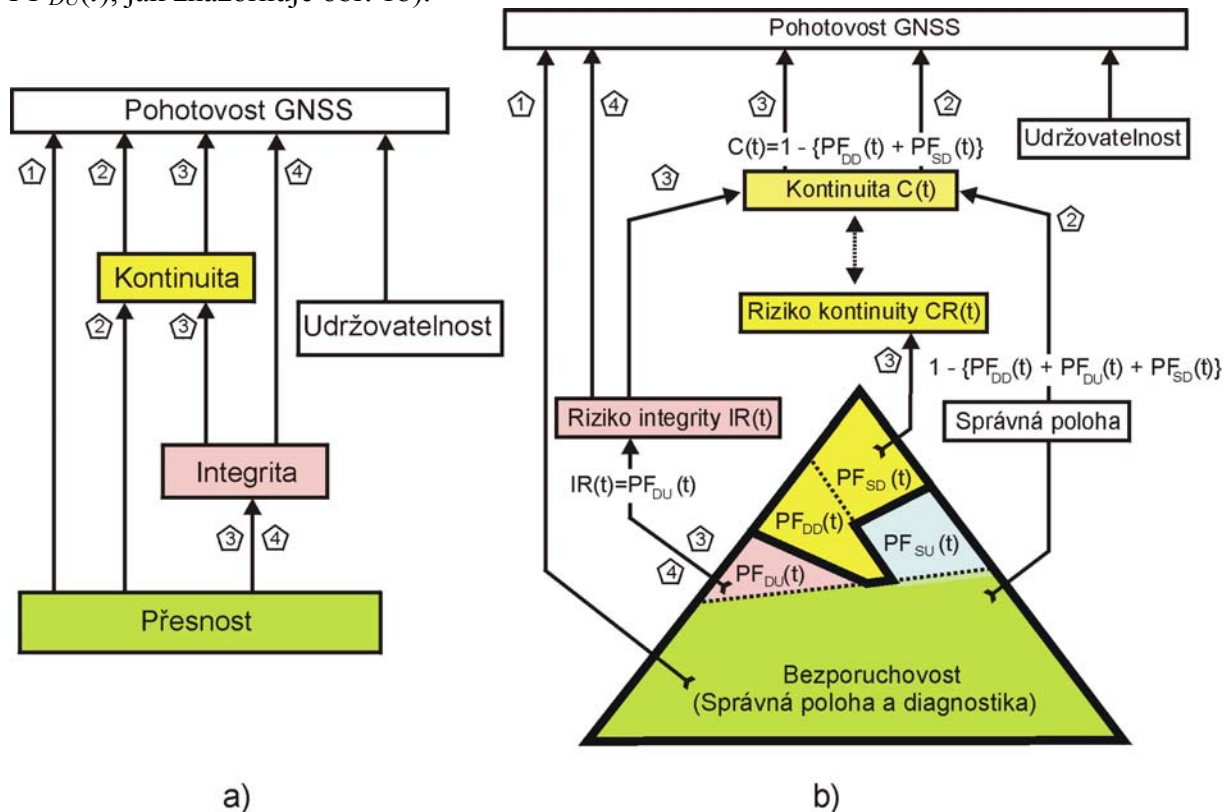
Pravděpodobnost bezpečného selhání s detekcí $PF_{SD}(t)$ představuje pravděpodobnost, že $PE \leq AL$ a že je vyvolaná falešná výstraha v důsledku poruchy diagnostiky. Diagnostika chybně signalizuje, že $PE > AL$.

Jestliže PE přesáhne AL a tento nebezpečný stav je detekovaný, potom se jedná o nebezpečnou detekovanou poruchu (pravdivá výstraha) a ta je představována pravděpodobností nebezpečného selhání detekovaného $PF_{DD}(t)$. Nebezpečnou detekovanou poruchu lze převést do bezpečného stavu (fail-safe). Riziko kontinuity nastává v obou případech vyvoláním výstrahy, tj. $CR(t) = PF_{SD}(t) + PF_{DD}(t)$.

Pravděpodobnost nebezpečného nedetekovaného selhání $PF_{DU}(t)$ označuje nebezpečný stav (PE přesáhne AL) bez detekce. Jedná se o riziko integrity $IR(t) = PF_{DU}(t)$, což je nejobávanější druh poruchy systému.

3.3 Vztah mezi ukazateli kvality GNSS

Vzájemný vztah mezi měřítky kvality GNSS je ukázán na obr. 2a). Protože integrita a kontinuita GNSS nejsou samostatná měřítka kvality, ale závisí na přesnosti [10], je pohotovost garantovaná v případě, kdy je služba systému v požadovaných mezích, tzn. v daném čase poskytuje požadovanou přesnost, integritu a kontinuitu. Pohotovost GNSS lze popsat pomocí druhů poruch - viz obr. 2b). Potom se integrita a kontinuita vyjadřují pomocí rizika integrity $IR(t)$ a rizika kontinuity $CR(t)$. Kontinuita zahrnuje bezporuchovost $R(t)$, diagnostikou nedetekované bezpečné poruchy $PF_{SU}(t)$ a akceptovatelné riziko integrity $PF_{DU}(t)$, jak znázorňuje obr. 1b).



Obr. 2 Vztah mezi ukazateli kvality systému GNSS:
 a) přesnost, integrita, kontinuita a pohotovost GNSS
 b) s uvažováním druhů poruch

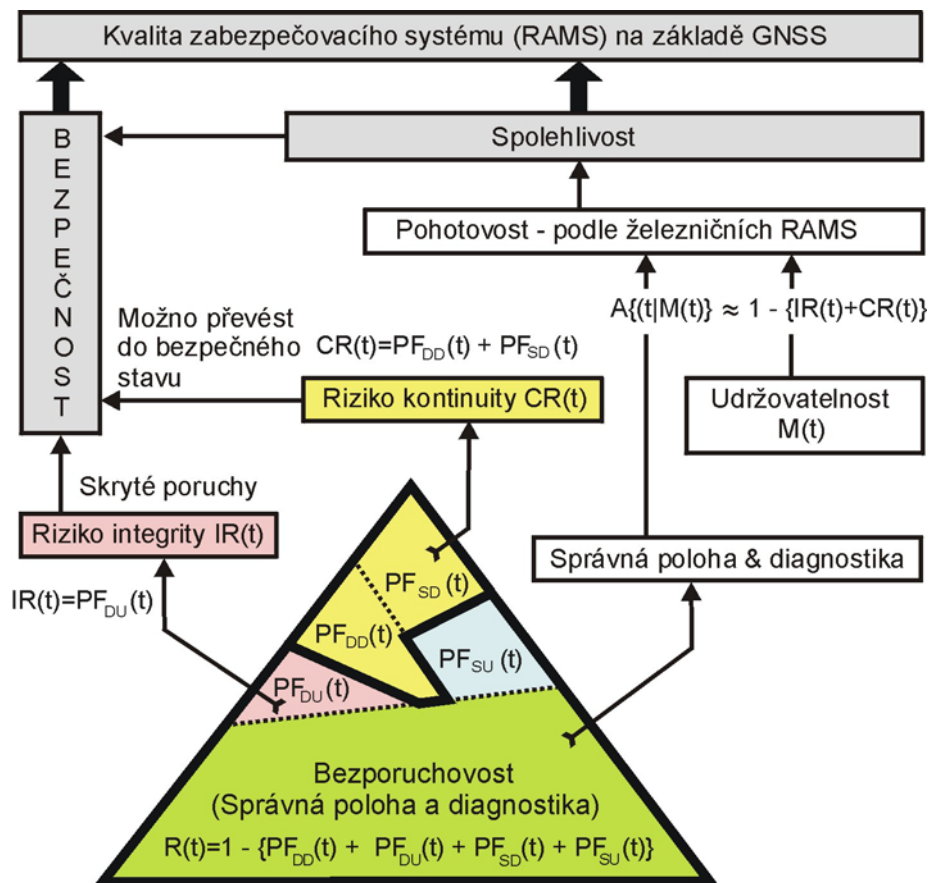
3.4 Začlenění měřítek kvality GNSS do RAMS

Jak bylo ukázáno v předchozí kapitole, požadavky na systém GNSS (tj. přesnost, integrita a kontinuita) jsou přímo zahrnuty v pohotovosti GNSS. Systém GNSS je dostupný, jestliže je (mimo jiné) zajištěn požadavek na integritu bezpečnosti. Ale ve vztahu k železničním bezpečnostně relevantním systémům obvykle hovoříme o pohotovosti (spolehlivosti) a bezpečnosti. Kvalitu železničních systémů charakterizují atributy RAMS [4]. Pohotovost představuje kombinaci bezporuchovosti a udržitelnosti. Důvěra v poskytovanou přesnost je stanovena odděleně od pohotovosti pomocí požadavku integrity.

Použití měřítek kvality GNSS v rámci RAMS [4] je navrženo na obr. 3. To vyplývá z analýzy integrity a kontinuity vypracované v [10]. Riziko kontinuity $CR(t)$ zahrnuje oba detekované druhy poruchy $PF_{DD}(t)$ a $PF_{SD}(t)$. Riziko kontinuity má vliv na bezpečnost systému, ale může být převedeno do bezpečného stavu. Pohotovost $A(t|M(t))$ [4] závisí na

správném určení polohy, správné funkci diagnostiky a udržitelnosti systému GNSS. $A(t|M(t))$ může být stanovena pomocí pravděpodobnosti nesprávných operací $U(t|M(t))$ za podmínky, že je zajištěna udržitelnost.

Protože $U(t|M(t)) = PF_{DU}(t) + PF_{DD}(t) + PF_{SD}(t)$, potom pravděpodobnost nesprávné funkce systému GNSS může být určena z daného rizika integrity $IR(t)$ a rizika kontinuity $CR(t)$. Zbývající pravděpodobnost módu bezpečně nedetekované poruchy $PF_{SU}(t)$ je z důvodu zjednodušení přidána k segmentu $R(t)$. Toto zjednodušení může být provedeno, protože v tomto módu je poskytována správná poloha.



Obr. 3 Atributy RAMS na základě GNSS

Potom pohotovost $A(t|M(t))$ může být vyjádřena jako

$$\begin{aligned}
 A(t|M(t)) &= 1 - \{PF_D(t) + PF_S(t)\} = 1 - \{PF_{DU}(t) + PF_{DD}(t) + PF_{SD}(t) + PF_{SU}(t)\} \\
 &= 1 - \{IR(t) + CR(t) + PF_{SU}(t)\} \approx 1 - \{IR(t) + CR(t)\} \quad (1)
 \end{aligned}$$

Ačkoliv je výkonnost služby GNSS definována pomocí pojmů pocházejících ze sektoru letectví, železnice mohou tyto termíny použít s ohledem na jejich specifický význam podle železničních standardů.

4. Význam ukazatelů kvality GNSS pro zabezpečovací techniku

4.1 Interpretace rizika integrity jako četnost nebezpečné poruchy

Hodnota rizika integrity $IR(t)$ pro satelitní signál SIS systému Galileo službu SoL – úroveň A je definovaná jako pravděpodobnost nebezpečné nedetekované poruchy $P_f = 2 \times 10^{-7}$ v kterémkoli časovém intervalu $\Delta t = 150$ s. Pravděpodobnost nebezpečné poruchy během určitého časového intervalu Δt může být vyjádřena jako hustota pravděpodobnosti nebezpečné poruchy $f(t)$, tj. $f(t) = IR = 2 \times 10^{-7} / 150$ s. Kumulativní pravděpodobnost nebezpečné poruchy se určí integrací hustoty pravděpodobnosti přes daný časový interval.

Potom pravděpodobnost (průměrná) nebezpečné poruchy za hodinu PFH je

$$PFH = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{P_f}{\Delta t} dt = 24 \times 2 \times 10^{-7} / 1 \text{ hod} = 4,8 \times 10^{-6} / 1 \text{ hod} \quad (2)$$

a

$$PFH \approx HR(T = 1 \text{ hod}) = \lambda_{DU}^{SIS}(T = 1 \text{ hod}) = 4,8 \times 10^{-6} / 1 \text{ hod} \quad , \quad (3)$$

kde $HR(t)$ a $\lambda_{DU}^{SIS}(t)$ označují četnost nebezpečné nedetekované poruchy signálu SIS systému Galileo.

Je známé, že riziko integrity signálu SIS systému Galileo je určeno počtem nezávislých nebezpečných událostí, které se mohou objevit během kritické operace, např. během intervalu 150 s. Doba korelace (tj. časový interval mezi nezávislými nebezpečnými událostmi) je větší než 150 s pro většinu obávaných událostí porušení integrity definovaných v systému Galileo. To je zejména v důsledku HW poruch satelitů, chyb v algoritmech pozemního segmentu a zpoždění signálu troposférou. Obávaná událost je taková událost, která vede k degradaci přesnosti polohy počítané v přijímači uživatele.

Proto je jen jedna nezávislá kontrola uvažována pro interval 150 s pro Galileo, službu SoL a úroveň A. To je dostatečné pro konečné přiblížení letadla s dobou trvání 150 s, protože v tomto případě není problém jen s jednou nezávislou kontrolou integrity. Co se děje za časovým intervalem 150 s není podstatné pro tento druh aplikace. Pozemní monitorovací stanice GSS (Galileo Sensor Stations) provádějí měření pseudovzdáleností satelitů každou 1 sekundu nebo 0,5 sekundy a systém Galileo může poskytovat informaci o integritě každou sekundu. Ale nemůžeme říct, že se provede kompletní kontrola integrity každou jednu sekundu. Z těchto důvodů byl použit princip kumulativní pravděpodobnosti poruchy (časová závislost) ve výrazu (2). Mělo by však být poznamenáno, že odvozená četnost nebezpečí $4,8 \times 10^{-6} / 1$ hod pomocí kumulativního principu pravděpodobnosti je považována spíše za konzervativní odhad. Nicméně bude nutné experimentálně ověřit, s jakou korelační dobou bude nutné u reálného systému GNSS počítat.

4.2 Interpretace rizika kontinuity

Riziko kontinuity $CR(t)$ je pravděpodobnost, že systém bude neúmyslně přerušován a nebude provádět funkci určení polohy během zamýšleného časového intervalu. Ztráta kontinuity $CR(t)$ se týká neplánovaného přerušení služby GNSS. Za předpokladu, že kontinuita $C(t)$ přibližně odpovídá bezporuchovosti [10], je riziko kontinuity $CR \approx T / MTBF$. $MTBF$ je střední doba mezi poruchami a T je časový interval pro uvažování

kontinuity. Potom lze pro riziko kontinuity $CR(t)$ signálu SIS služby Galileo SoL - úroveň A s požadovanou hodnotou 8×10^{-6} pro kterýkoliv interval 15 s stanovit $MTBF = 520,8$ hod. Riziko kontinuity satelitního signálu CR_{SIS} může být konzervativně uvažováno jako nebezpečná detekovaná porucha (pravdivé varování). Na základě tohoto předpokladu lze riziko kontinuity pro satelitní signál SIS systému Galileo vyjádřit následovně

$$CR_{SIS} = \lambda_{DD}^{SIS}(CR) + \lambda_{SD}^{SIS}(CR) \cong \lambda_{DD}^{SIS}(CR) = 1/MTBF = 1,92 \times 10^{-3} / \text{hod.} \quad (4)$$

Ztráta kontinuity SIS nastává, když systém již zahájil bezpečnostní funkci (tj. byl dostupný), ale bezpečnostní funkce musela být přerušena na základě systémem poskytnuté výstrahy. Je zřejmé, že ze železničních standardů [4] a [5] nevyplývá žádný požadavek na kontinuitu železničního bezpečnostního systému, protože pro železniční operaci nemůže být specifikována nejkritičtější fáze a doba trvání, jako je tomu v letectví. Nicméně není z důvodu nepředpokládaných výpadků žádoucí ztratit funkci GNSS (určení polohy vlaku), kdy mohou být poloha a rychlost nadále spojitě poskytovány komplementárními senzory určení polohy. V tomto případě systém pracuje v degradovaném módu, který je schopen zajistit bezpečný stav, jestliže jsou požadované bezpečnostní funkce prováděny s požadovanou úrovní integrity po požadovaný časový interval.

Kontinuita určuje cenu navigačního systému. Je zřejmé, že železniční zabezpečovací systémy mohou profitovat z vysoké kontinuity systému Galileo zvýšením pohotovosti. Kontinuita jako měřítko kvality systému GNSS by měla být uvažována při návrhu železničního zabezpečovacího systému.

4.3 Význam pohotovosti systému Galileo

Pohotovost GNSS označuje schopnost celého systému (satelitů, pozemní infrastruktury a přijímače) poskytovat službu (určení polohy) v určené oblasti pokrytí. Oblast pokrytí je funkcí konfigurace mezi satelity a uživatelem, úrovně síly signálu, atmosférických vlivů, citlivosti přijímače a všech ostatních faktorů, které ovlivňují dostupnost signálu SIS. Pohotovost GNSS zahrnuje pohotovost služby (tj. kvalitu vysílaného signálu SIS v termínech přesnost, integrita, kontinuita), dostupnost signálu SIS v tzv. oblasti služby (Service Volume) a pohotovost přijímače. Oblast služby je oblast, ve které je od systému GNSS požadováno splňovat požadavky na přesnost, integritu, kontinuitu a pohotovost [7].

Podle specifikace služby Galileo SoL, úroveň A [3] bude satelitní signál SIS dostupný v 99,5 % času. To znamená, že SIS pro SoL, úroveň A nemusí být dostupný 43,8 hod za rok. Poznamenejme, že možné přerušení signálu SIS kvůli stínícím objektům podél tratí a profilu terénu není v této specifikaci pohotovosti zahrnuto. Potom mohou být podmínky pro využití služby Galileo kvůli stínění signálu SIS v některých oblastech pokrytí mnohem horší.

5. Vlakový polohový lokátor založený na systému Galileo

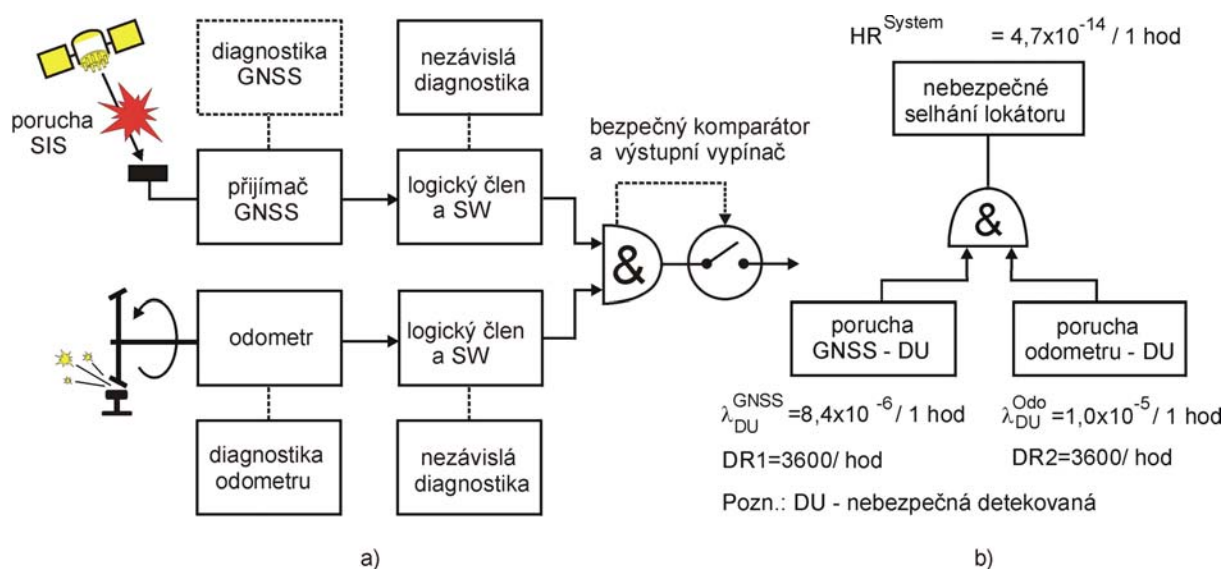
Integrace přijímače GNSS spolu s dalšími senzory podle principů funkční a technické bezpečnosti [5] umožňuje zlepšit jak integritu bezpečnosti vlakového polohového lokátoru (VPL), tak i pohotovost určení polohy. Příklad VPL na principu GNSS a odometrického subsystému je znázorněn na obr. 4a). Strom poruch pro tento případ znázorňuje obr. 4b).

Předpokládáme, že existuje nezávislá diagnostika a absence společných poruch. Potom celkové riziko integrity $3,5 \times 10^{-7} / 150$ s GNSS (tj. signálu GNSS a přijímače GNSS) lze

podle (2) vyjádřit jako četnost nebezpečné nedetekované poruchy $\lambda_{DU}^{GNSS} = 3,5 \times 10^{-7} \times 24 / \text{hod} = 8,4 \times 10^{-6} / \text{hod}$. Dále předpokládejme, že četnost poruchy odometru je $\lambda_{DU}^{Odo} = 1,0 \times 10^{-5} / \text{hod}$ a četnost detekce poruchy přijímače GNSS a odometru jsou $DR^{GNSS} = DR^{Odo} = 3600 / \text{hod}$. Potom je podle [5] výsledná četnost nebezpečné poruchy systému

$$HR^{System} \approx \frac{\lambda_{DU}^{GNSS}}{DR^{GNSS}} \times \frac{\lambda_{DU}^{Odo}}{DR^{Odo}} \times (DR^{GNSS} + DR^{Odo}) \quad (5)$$

odhadnuta jako $HR^{System} = 4,7 \times 10^{-14} / \text{hod}$. Toto je však velmi zjednodušený příklad VPL. Skutečný VPL použitelný pro železniční zabezpečovací systémy bude složitější. Stanovení bezpečnosti a spolehlivosti bude rovněž mnohem komplikovanější. Hlavním problémem bude zvýšit pohotovost systému Galileo z 99,5 % na požadovaných 10^{-7} [6].



Obr. 4 a) Vlakový polohový lokátor 1oo2D (přijímač GNSS a odometr),
b) strom poruch

6. Závěr

Znalost souvislostí mezi měřítky kvality GNSS a atributy RAMS je důležitá pro návrh a verifikaci železničních bezpečnostně relevantních systémů. Aby bylo možné provést vyhodnocení RAMS pomocí analýzy spolehlivosti, musí být vyšetřeny všechny známé druhy poruch systému Galileo a musí být rovněž uvažována existující měřítko kvality satelitního navigačního signálu, které mají původ v letectví. V tomto článku jsme ukázali, jakým způsobem lze použít měřítko kvality GNSS podle železničních RAMS. Navzdory odlišným definicím a pojmům lze mezi nimi najít vzájemný vztah.

Práce týmu TÚDC - LIS budou v následujícím období zaměřeny na vypracování metodiky pro experimentální stanovení ukazatelů spolehlivosti GNSS pro účely použití v bezpečnostně-relevantních systémech na železnici. Pozornost bude rovněž věnována experimentálnímu určení a popisu jevů vlastních GNSS, které by mohly mít vliv na bezpečnost dopravy.

Poděkování

Výsledky publikované v tomto článku byly dosaženy za finanční podpory Grantové agentury ČR v rámci projektu č. 102/06/0052 s názvem „Lokální prvky GNSS pro železniční zabezpečovací techniku“ a podpory MD ČR v rámci projektu č. CG743-037-520 s názvem „Certifikace satelitního navigačního systému GALILEO pro železniční telematické aplikace“.

Literatura:

- [1] Manual for Validation of GNSS in Civil Aviation, EC DG Tren, Sept. 2000.
- [2] Galileo Mission, High Level Definition, EC DG-TREN, Doc. No. I07/00050/2001, 2001.
- [3] Galileo Integrity Concept, ESA document ESA-DEUI-NG-TN/01331, 2005.
- [4] ČSN EN 50126, “The Specification and Demonstration of Dependability – Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS), 2002.
- [5] ČSN EN 50129, “Railway applications: Safety related electronic systems for signalling”, 2003.
- [6] ERTMS/ETCS RAMS Requirements, Chapter 2 - RAM. Version 6, 30/9/1998.
- [7] RTCA. Minimum Aviation System Performance Standards for the Local Area Augmentation System (LAAS), RTCA DO-245 A, 2004.
- [8] Zahradník, J., Rástočný, K., Linhart, M.: Bezpečnost železničných zabezpečovacích systémov. EDIS, Žilina, 2004.
- [9] Filip, A., Suchánek, J.: Certifikace satelitního signálu Galileo pro železniční aplikace. Vědeckotechnický sborník ČD, 2006, str. 1-13
- [10] Filip, A., Beugin, J., Marais, J. and Mocek, H.: A relation among GNSS quality measures and railway RAMS attributes. CERGAL ‘2008, Braunschweig, Germany, April 2-3, 2008.
- [11] Filip, A., Mocek, H. and Suchanek, J.: Significance of the Galileo Signal-in-Space Integrity and Continuity for Railway Signalling and Train Control, WCRR 2008, Seoul, Korea, May 18-22, 2008.
- [12] Filip, A., Beugin, J., Marais, J. and Mocek, H.: Safety concept of railway signalling based on Galileo Safety-of-Life Service, COMPRAIL 2008, Toledo, Spain, Sept. 15-17, 2008.