

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Analýza využití navigačního systému Galileo v logistice na železnici
Michaela Roubínová

Bakalářská práce
2008

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky
Akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michaela ROUBÍNOVÁ**

Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**

Studijní obor: **Dopravní management, marketing a logistika**

Název tématu: **Analýza využití navigačního systému Galileo v logistice na železnici**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Úvod

1. Navigační systémy a jejich charakteristika
2. Vývoj navigačního systému Galileo
3. Uplatnění navigačního systému v dopravě
4. Možnosti využití navigačního systému Galileo v železniční dopravě

Závěr

Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **40 - 50 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:
dle pokynů vedoucího práce

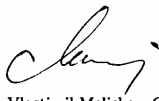
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Alexander Chlaň, Ph.D.**
Katedra dopravního managementu, marketingu
a logistiky

Datum zadání bakalářské práce: **30. listopadu 2007**

Termín odevzdání bakalářské práce: **27. května 2008**


prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.


prof. Ing. Vlastimil Melichar, CSc.
vedoucí katedry

dne *30.11.2007*

Souhrn

Bakalářská práce popisuje základní principy činností družicových navigačních systémů, seznámení s jejich službami a aplikacemi. Zejména pojednává o evropském navigačním systému Galileo. Jeho využití v zabezpečovacích a komunikačních systémech na železnici. Cílem této práce je snaha ke zkvalitnění řízení a zvýšení bezpečnosti v dopravě.

Klíčová slova

navigační systémy, GPS, Glonass, Galileo, interoperabilita, bezpečnost

Title

Analysis of Use of the Navigation System Galileo in Logistics of Rail Transport

Abstrakt

This bachelor work describes basic principles of activities of satellite navigation systems and introduction of their services and applications. However, it deals mainly with the European navigation system Galileo and its use in the security and communication systems in rail transport. The main goal of this work is to make an attempt to increase in quality of conduction and security in the transportation.

Keywords

navigation systems, GPS, Glonass, Galileo, interoperability, safety

Obsah

Úvod	7
1 Globální navigační satelitní systémy (GNSS) a jejich charakteristika.....	8
1.1 Americký družicový navigační systém NAVSTAR GPS.....	8
1.1.1 Historie	8
1.1.2 Fáze vzniku navigačního systému	9
1.1.3 Rozdělení systému.....	9
1.2 Glonass – (Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistra).....	12
1.2.1 Historie	12
1.2.2 Rozdělení systému.....	12
1.3 Porovnání navigačních systémů GPS a Glonass.....	13
1.3.1 Zlepšení GPS přesnosti.....	15
2 Vývoj navigačního systému Galileo	16
2.1 Historie a vývoj Galilea.....	16
2.2 Vesmírný segment.....	16
2.2.1 Popis družice	17
2.2.2 Komponenty družice.....	18
2.3 Experimentální družice.....	19
2.4 Poskytované služby.....	20
2.5 Signály navigačního systému Galileo.....	21
2.6 Fáze vývoje systému.....	22
2.7 Financování Galilea.....	23
2.8 Umístění sídla agentury GSA	24
3 Uplatnění navigačního systému v dopravě.....	25
3.1 Silniční doprava.....	25
3.1.1 Sledování a řízení dopravy	25
3.1.2 Řízení a sledování vozového parku.....	26
3.1.3 Inteligentní systém pro asistenci při řízení.....	26
3.1.4 Systémy výběru mýtného	28
3.2 Železniční doprava	32
3.3 Námořní a říční doprava	32
3.4 Letecká doprava	33
3.5 Oblast uplatnění nejen v dopravě.....	34
3.5.1 Zemědělství, vyměřování pozemků, geodezie a katastrální měření.....	34
3.5.2 Energetika, ropa, plyn.....	34
3.5.3 Pátrání a záchrana.....	34
3.5.4 Logistika, ochrana životní prostředí	35
3.5.5 Civilní obrana, organizování záchranných složek a humanitární pomoc.....	35
4 Možnosti využití navigačního systému Galileo v železniční dopravě	37

4.1	<i>Projekt APOLO</i>	42
4.2	<i>Určování polohy vlaku</i>	42
4.2.1	Problém určení polohy v členitém terénu.....	43
4.3	<i>Požadavky a certifikace evropského navigačního systému</i>	43
4.4	<i>Sledování vozidel a zásilek</i>	44
4.5	<i>Prvotní analýzy systému Galileo</i>	45
4.5.1	Dispečerské systémy	46
4.5.2	Osobní doprava.....	46
4.5.3	Nákladní doprava.....	47
4.5.4	Řízení provozu.....	47
4.5.5	Dopravní cesta	47
4.5.6	Obsah popisu	48
	Závěr	49
	Použitá literatura	50
	Seznam tabulek	52
	Seznam obrázků	53
	Seznam zkratk	54

Úvod

V prvopočátcích navigace se uplatňovala orientace na přírodní nebo astronomické cíle. Později začal člověk vytvářet sám umělé orientační body (majáky, kostely). Současně docházelo také ke zdokonalování poznatků v rámci astrometrie, které se poté uplatňovaly zejména v námořní navigaci. Ve dvacátém století došlo k velkému rozvoji elektroniky včetně radioelektroniky a zejména pak výpočetní techniky, který umožnil uvést v praxi řadu do té doby pouze teoretických poznatků a plánů do mnoha oblastí lidské činnosti. Za druhé světové války se tak již zcela běžnou stala navigace na cíl pomocí radiového vysílání. V závěru 20. století se objevily požadavky na vznik globálních družicových navigačních systémů a jejich úspěšné realizování.

Družicová navigace ovlivňuje vývoj technologií ve všech odvětvích vyspělých států. Ročně vzroste trh s těmito produkty a službami přibližně o 25 %. S družicovou navigací se stále častěji setkáváme v každodenním životě, nejen v automobilech a mobilních telefonech, ale i v energetice a bankovníctví. Její uplatnění je i v širší řadě odvětví, jimiž jsou například geodzie, zemědělství, vědecký výzkum, turistika a další. Systémy družicové navigace se zavádějí do všech druhů doprav. V silniční dopravě je kladen stále vyšší požadavek na vybavení vozidla navigačním systémem. Přírozenou volbou je družicová navigace pro navigaci na moři a vodních cestách. Totéž platí pro leteckou dopravu.

Družicové navigační systémy mají své místo i v železniční dopravě. Zatím sice nejsou plně využity jejich veškeré možnosti uplatnění, nicméně jsou ve stádiu výzkumné činnosti. Jedná se hlavně o oblast řízení železniční dopravy, která by měla učinit železniční dopravu srovnatelnou s ostatními druhy doprav.

Tato bakalářská práce má za cíl seznámit s principy činnosti družicových navigačních systémů, s možnostmi jejich využití v dopravě. Především uplatnění evropského navigačního systému Galileo v železniční dopravě. Také nastínění nových vyvíjejících se aplikací pro sledování zásilek v železniční dopravě.

1 Globální navigační satelitní systémy (GNSS) a jejich charakteristika

Radiové určování polohy a rádiová navigace využívající umělých družic Země patří k nejmladším odvětvím radiotechniky. Družicové navigační systémy jsou schopny pomocí několika málo družic určovat polohu kdekoliv na Zemi, a proto se řadí k tzv. globálním systémům. Výhodou těchto systémů je určování polohy v souřadném systému, který je společný pro celou zeměkouli a tím umožňuje koordinovat pohyb všech objektů vybavených tímto navigačním zařízením. Výsledkem navigačních systémů je nalezení hledaného místa, pomocí:

- lokalizace výchozí polohy
- lokalizace požadované cílové polohy
- výběru kritérií optimalizace
- zobrazení (v grafické podobě) nalezené trasy
- sledování realizace

Prvním navigačním systémem, který je využíván jak pro vojenské tak civilní potřeby je americký navigační systém GPS. Současně byl vyvíjen ruský systém Glonass, který z nedostatků financí nestihl termín provozuschopnosti. Nejaktuálnější je vývoj evropského systému Galileo. Plánované jsou čínský systém Beidou (Compass) a indický IRNSS (Indian Regional Navigational Satellite System). [1]

1.1 Americký družicový navigační systém NAVSTAR GPS

1.1.1 Historie

Tento systém byl vyvinut na základě požadavku vojenského námořnictva USA počátkem 70. let. Navigační systém byl stanoven tak, aby poskytoval uživateli, který je v klidu nebo v pohybu, vysoce přesné informace o jeho třírozměrné poloze, rychlosti a směru pohybu na jakémkoliv místě na Zemi. Vznik navigačních systémů začal umístováním družic projektu Transit na oběžnou dráhu. Sloužil pro určování polohy plavidel, využíval pět družic a byl schopen určit polohu jednou za hodinu. Postupným vývojem jsme dospěli až k nejpoužívanějšímu navigačnímu systému GPS.

1.1.2 Fáze vzniku navigačního systému

Začátkem první fáze vývoje roku 1973 bylo vypuštění 4 družic. Od roku 1977 do roku 1985 byly vypuštěny družice tzv. Bloku I, který čítal 11 družic. V tomto období se také začal budovat řídicí segment, jenž obsahoval řídicí stanici, pozemní anténu a monitorovací stanici. Družice vyráběla nejdříve společnost Rockwell International a v současnosti je vyrábí společnost Lockheed Martin.

V druhé fázi byla vynesena na oběžnou dráhu moderní družice Bloku II a celkový počet se zvýšil na 24 družic. Dne 8.12.1993 bylo poprvé dosaženo trojrozměrného zaměřování. Plnou funkčnost potvrdili 17. ledna 1994, kdy bylo poprvé na oběžné dráze 24 družic. Dne 2. května 2000 byla vypnuta „selektivní dostupnost“ což umožnilo občanům přijímat plnohodnotný signál. První družice provedení GPS IIR-14(M) byla uvedena do provozu v roce 2005. V lednu 2007 bylo funkčních 29 družic GPS.

Nejmodernější družicí vynesenu 15. března letošního roku raketou Delta II je IIR19(M). Je již šestou modernizovanou GPS družicí výrobní série Bloku IIR. Prošla různými zdokonaleními s cílem zvýšit přesnost poskytovaných služeb. Používá nové vojenské signály s vyšší přesností, vylepšeným zašifrováním, zvýšenou odolností proti elektronickému rušení a další nový signál pro civilní účely. Obsahují i doplňkové družice, které jsou připraveny udržet systém spolehlivý a dostupný. [1]

1.1.3 Rozdělení systému

Celý systém se skládá ze tří segmentů: kosmického, kontrolního a uživatelského.

Kosmický segment – je tvořen 24 družicemi, (30) z nichž je 21 aktivních a 3 jsou záložní, obíhající po 6 velmi přesných oběžných drahách (4 družice na každé dráze). Sklon jejich dráhy vzhledem k rovníku je 55° . Výška oběžné dráhy je přibližně 20 000 kilometrů. Každá družice přeletí nad stejným místem na Zemi jednou za den (oběžná doba země je 11 hodin 58 minut). Aby signál pokryl všechna místa na Zemi jsou oběžné dráhy navrženy tak, že alespoň šest družic je vždy viditelných z kteréhokoliv místa na Zemi. V České Republice je nejčastěji viditelných 7 – 8 družic. Navigační signály družice se vysílají na kmitočtech 1575,42 MHz a 1227,6 MHz. Každý satelit vysílá do přijímače následující informace:

- poloha satelitu
- čas vysílání
- signál pro určení vzdálenosti mezi satelitem a palubním přijímačem

Obr. 1 Družice navigačního systému GPS

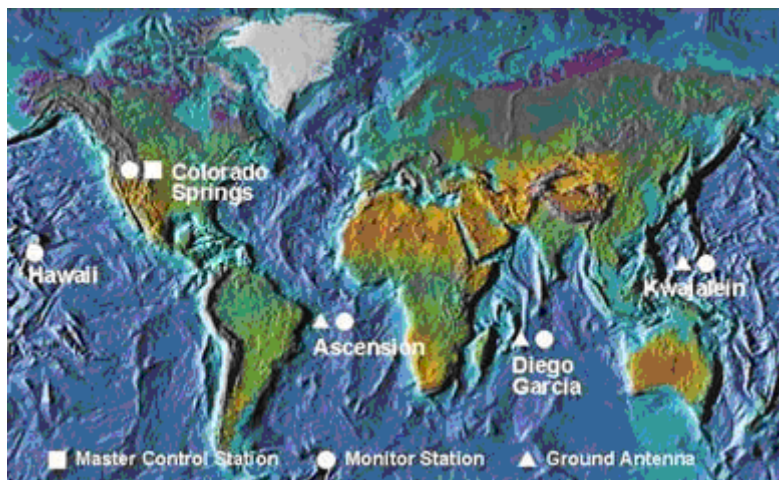


Zdroj: www.czechspace.cz/cs/ceska-kosmonautika

Řídící segment – zahrnuje pět pozemních stanic a tři antény v různých místech na zeměkouli. Pozemní stanice tvoří hlavní řídicí stanice - (Master Kontrol Station), monitorovací stanice a stanice pro komunikaci s družicemi. Navigační systém je řízen z ústředí Navstar Headquarters na letecké základně Los Angeles v Kalifornii v USA. Hlavní operační řídicí středisko se nachází na letecké základně Schriever v Coloradu, které provozuje letectvo Spojených států amerických. Po světě je umístěno dalších pět monitorovacích stanic (viz. Obr. 1).

Hlavním úkolem řídicího segmentu je sledování drah družic. Stará se o provádění korekcí v dráze letu i vysílání signálu družic a zajišťuje synchronizaci atomových hodin. Dále je kontrolní segment zodpovědný i za provozní opatření, z nichž nejdůležitější jsou správa a údržba stávajících družic a podílí se i na vypouštění nových družic.

Obr. 2 Rozmístění monitorovacích stanic



Zdroj: www.vsetin.zsrokytnice.cz/navigace/mapa.jpg

Uživatelský segment – je určen pro příjem a zpracování GPS signálů pomocí speciálních přijímačů. Přijímače jsou vybaveny daty o dráze a poloze všech družic. Z těchto dat je schopen přijímač GPS schopen spočítat a následně zobrazit na displeji hodnoty zeměpisné polohy, které může pak přenést na mapu. Zeměpisná šířka a délka se označuje jako 2D mód a když se přidá ještě potřebná výška, tak se jedná o 3D mód. Zjištěná poloha se u přijímačů GPS každou jednu až dvě sekundy aktualizuje. K určení polohy stačí signál tří satelitů, pro zjištění nadmořské výšky alespoň čtyři. Čím větší počet družic se současně zachytí, tím jsou přesnější souřadnice.

Uživatelé využívající GPS můžeme rozdělit do dvou skupin:

- **autorizovaní uživatelé** – vojenský sektor USA, mající k dispozici zabezpečenou síť na frekvencích L1 (1575,42 MHz) a L2 (1227,62 MHz). Tím mají zaručenou vyšší přesnost. Uplatnění je především v aplikacích: podpora velení a vojáků v poli, doprava, navádění zbraňových systémů, vojenská geodezie a mapování a přesný čas.
- **ostatní uživatelé** – pro civilní sektor, signál je k dispozici na frekvenci L1. Toto rozhraní zamezuje orientaci v prostoru a odhaluje start balistických raket, jaderných výbuchů a dalších vysokoenergetických zdrojů v infračerveném záření na frekvenci L3 (1381,05 MHz). Mezi odvětví civilních uživatelů patří: doprava (pozemní, letecká, námořní a kosmická), geologie a geofyzika, geodezie, archeologie, lesnictví a zemědělství, turistika a zábava a přesný čas.

Frekvence L4 (1841,40 MHz) se využívá se pro měření ionosférického zpoždění. Průchod signálu ionosférou způsobuje zpoždění, které se promítne do chyby polohy.

Frekvence L5 (1176,45 MHz) slouží pro civilní Safety of Live (SoL) signál. [1]

1.2 Glonass – (Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistra)

Provozován je ruskou vládou prostřednictvím Úřadu ruských vojenských vesmírných sil. Původně byl vyvinut pro vojenské účely, později byl též uvolněn pro civilní sektor.

1.2.1 Historie

V prosinci roku 1976 byl schválen plán vývoje navigačního systému Glonass. První provozní družice byla umístěna na oběžnou dráhu 12. října 1982. V roce 1991 bylo ve vesmíru dvanáct družic, což stačilo pro omezený provoz systému. Situace se změnila 20. srpna 2001, kdy byl schválen federální program, podle něj by měl být systém plně funkční do roku 2011 (podle nejnovější zprávy již v roce 2009). Od roku 1992 Rusko vypustilo 44 družic. V roce 2007 vypustilo šest družic a pro rok 2008 se plánuje s dalšími pěti.

Družice Uragan prošla vývojem a na základě nové technologie byla vyrobena družice Uragan-M a Uragan-K. Uragan-M má prodlouženou životnost na 7 let, je vybavena druhým civilním kódem a modernějšími systémy. Nový satelit Uragan-K bude vybaven třetí civilní frekvencí v L-pásmu, životnost se zvýšila na 10-12 let. Vylepšený raketový nosič Sojuz-2 ponese až devět satelitů, současné nosiče umožňovaly nést jen tři satelity.

Dostupnost navigačního systému Glonass byl v Rusku 33,3 % a ve světě 27,2 %.

1.2.2 Rozdělení systému

System, se skládá ze tří segmentů obdobně jako GPS:

- sledovací a řídicí segment
- kosmický segment
- uživatelský segment

Sledovací a řídicí segment se skládá z pozemního řídicí centra v Moskvě, sledovací stanice v Petrohradu, Jenisejku, Komsomolsku na Amuru, fázového řídicího systému navigačního signálu v Moskvě.

Kosmický segment, kompletní systém Glonass se skládá z 24 družic, stejně jako GPS, v každé rovině má být osm družic, identifikovatelné pomocí pozičního místa. Sklon oběžných drah k rovině rovníku je $64,8^\circ$. Družice obíhají Zemi ve výšce 19 100 km s oběžnou dobou 11 hodin 15 minut. Celkem jsou tři orbitální roviny s odklonem 120° . Viditelnost satelitů kdekoliv na Zemi poskytuje alespoň pět satelitů. Odlišným znakem od GPS je konstelace družic kolem Země. Po jednom hvězdném dni dochází v orbitální rovině k neidentickému opakování (to znamená, že jiná družice za osm dní zaujme stejné místo jako předchozí). Družice typu URAGAN jsou pojmenovány GLONASS – M a GLONASS – K.

Družice Uragan vysílají dva typy signálů:

- se standartní přesností (standard precision (SP) pro civilní uživatele L1)
- s vysokou přesností (high precision (HP) pro armádu L2)

Kódy se označují také jako C/A, je přístupný všem civilním uživatelům a P – kód jen pro vojenské účely.

Skládá se také z 24 družic, ale družice, vynášené na oběžnou dráhu raketami Proton, měly nepředpokládaně krátkou životnost tři roky místo cca 7 let. Systém proto pro nedostatečný počet družic na oběžné dráze ztratil do značné míry svoji funkčnost. Situace se změnila 20. srpna 2001, kdy byl schválen federální program, podle něj by měl být systém plně funkční do roku 2011 (podle nejnovější zprávy již v roce 2009). [1]

1.3 Porovnání navigačních systémů GPS a Glonass

Základní porovnání těchto dvou systémů představuje následující tabulka, která uvádí základní parametry obou navigačních systémů. Obdobně jako u systému GPS, i družice Glonass vysílají signály L1 a L2. Zásadní rozdíl je v tom, že systém Glonass používá pro každou družici jinou nosnou vlnu.

Tabulka 1 Porovnání parametrů systémů Glonass a GPS

Parametry	Glonass	GPS
Počet orbitálních rovin	3	6
Sklon drah	64,8°	55°
Výška drah	19,130 km	20,180 km
Doba oběhu	11 h 15 min	11 h 58min
Místo vypuštění	Kosmodrom Bajkonur	Cape Canaveral
Životnost	3 roky (Glonass M/K, 7/12 let)	7 let
Nosná raketa	Proton K/Dm-2	Delta II
První start	2/10/1982	22/2/1978
Počet satelitů na 1 start	3	1
Nosná frekvence	1602.0 – 1614.94 MHz L2	1575.42 MHz
L1 L2	7/9 L1	60/77 L1
Elipsoid	PZ – 90	WGS 84
Time reference	UTC (Russia) UTC (Russia) = UTC+3h	UTC Observatory

Zdroj: www.geodis.cz

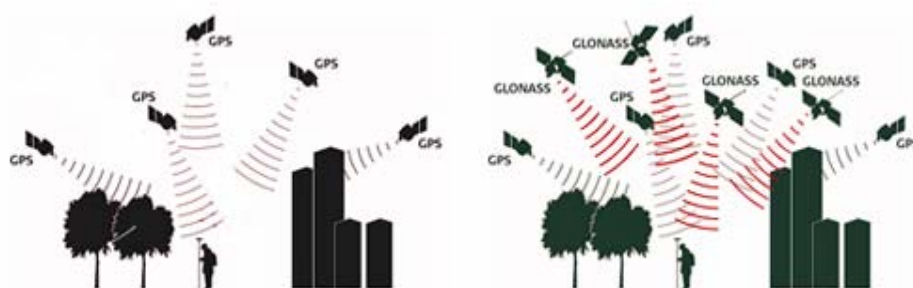
Přesnost navigačních systémů je ovlivněna mnoha faktory. Nejčastěji především následujícími vlivy:

- zpoždění signálu v ionosféře (10 metrů)
- zpoždění signálu vlivem počasí (1 metr)
- vychýlení družice z uvedené polohy (1 metr)
- příjem falešných odražených signálů (0,5 metru)
- vlastní šum přijímače (2 metry)
- šum na straně družice (1 metr)
- chyba způsobená lidským faktorem

Odchyłka v metrech představuje pouze orientační údaje, skutečná chyba závisí na uspořádání družic.

Přidané družice systému Glonass můžou umožnit měření v zakrytých oblastech, zlepšit přesnost měřené pozice a přesnost pozice stabilizovat. Je jasné, že využití Glonassu spolu s GPS zvyšuje produktivitu uživatele. Ale myslím, že tyto dva navigační systémy z politických důvodů nebudou spolu kompatibilní. [12]

Obr. 3 Doplnění signálu o navigační systém Glonass



Zdroj: www.czechspace.cz/cs/navigace/glonass

1.3.1 Zlepšení GPS přesnosti

Přesnost GPS může být zlepšena pomocí SBAS (Satellite – Based Augmentativ Systém). Jedná se o souhrnný název systému pro určení přesnější polohy. První systém byl uveden do provozu v roce 2000 v USA pod názvem WAAS. V Evropě je systém EGNOS, který doplňuje a vylepšuje vlastnosti GPS. Využití bude mít zejména v letecké dopravě, kde se uplatní oba jeho hlavní přínosy – přesnější určení polohy a včasné varování pro případ poruchy některé družice GPS. Vyšší přesnost mohou využít i běžní uživatelé. Stačí k tomu civilní přijímač označený „Whit WAAS“. [12]

Obr. 4 Oblasti SBAS



Zdroj: <http://www.gpsweb.cz/egnos.htm>

2 Vývoj navigačního systému Galileo

2.1 Historie a vývoj Galilea

Projekt byl pojmenován podle významného italského vědce Galilea Galileiho, který se mimo jiné zajímal i o problémy námořní navigace.

Cílem projektu Galileo je vytvoření evropského globálního družicového navigačního systému. Jedním z hlavních důvodů pro vznik systému Galileo je snaha o nezávislost na amerických a ruských systémech. Projekt Galileo, který byl oficiálně zahájen 19. 7. 1999 je založen na spolupráci Evropské komise (EC) a Evropské kosmické agentury (ESA). Evropská komise dohlíží na projekt a formuluje základní požadavky na systém, zatímco kosmická agentura řeší technické parametry a také vývoj, výrobu a ověření funkcí vesmírných i pozemních částí systému. Systém byl od začátku směřován jako systém pro civilní uživatele, na rozdíl od navigačních systémů GPS a GLONASS, které jsou vojenským majetkem. Předpokládá se, že největším uživatelem bude obor dopravy. Systém by měl nalézt využití z 80 % v dopravě a v aplikacích s ní souvisejících. Systém Galileo je založen na stejném principu jako GPS a Glonass.[1]

2.2 Vesmírný segment

Galileo po oficiálním spuštění bude obsahovat 30 družic obíhajících ve třech rovinách (tzv. Walkerova konstelace) se sklonem 56° (vzhledem k rovníku) ve výšce 23 222 km od Země. Vždy po deseti dnech se opakuje stejné rozmístění družic kolem země. Během těchto deseti dnů každá družice oběhne sedmnáctkrát Zemi. Spolehlivou funkci zajistí tři záložní družice, které nahradí nesprávně pracující družice. Zlepšení oproti stávajícím navigačním systémům je v určení polohy s přesností lepší jak jeden metr.

Obr. 5 Oběžné dráhy družic



Zdroj: www.czechspace.cz/cs/galielo/druzice

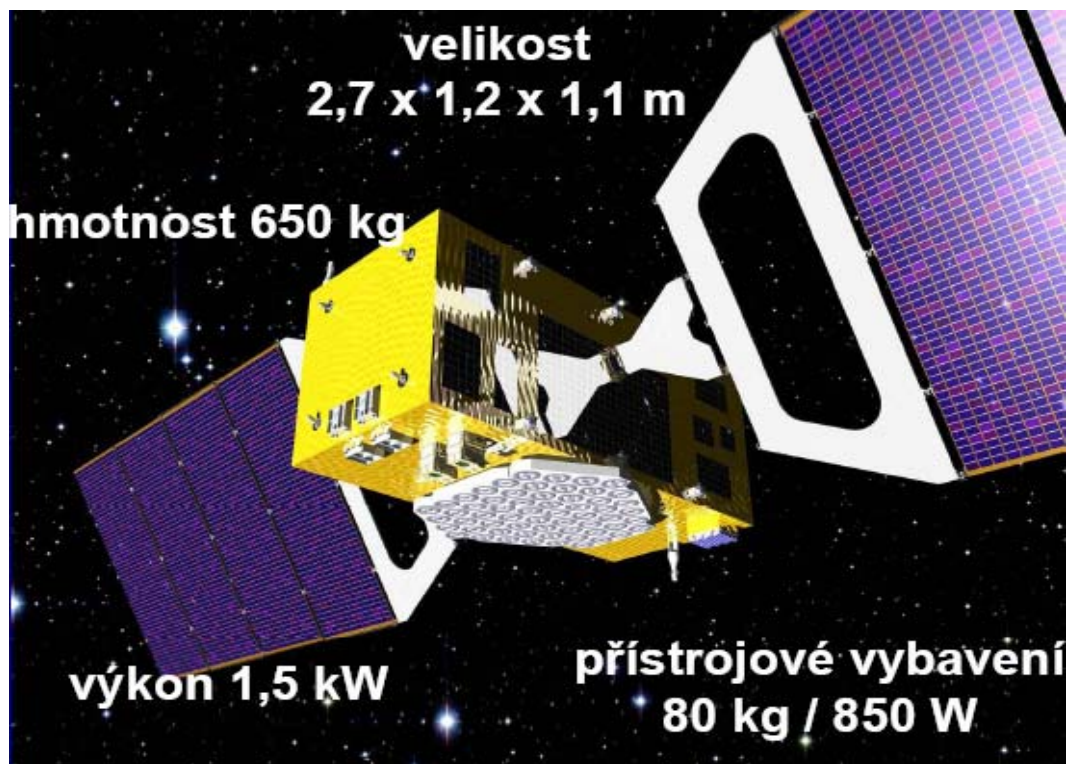
2.2.1 Popis družice

Družice rotují kolem své osy tak, aby solární panely byly vždy natočeny ke slunci a zachycovaly co nejvíce solární energie. Vysílací antény jsou vždy nasměrovány směrem k Zemi. Rozměry družice:

- 2,7 x 1,1 x 1,2m
- rozpětí solárních panelů 13m
- nejvyšší výkon 1600 W

Galileo Družice je družice třídy 700 Kg/1600 W. S životností 15 let.

Obr. 6 Družice systému Galileo



Zdroj: www.czechspace.cz/cs/galileo/technologie/druzice

2.2.2 Komponenty družice

- L-band anténa vysílá navigační signály ve frekvenčním pásmu 1200-1600 MHz.
- S&R (search and rescue) anténa bude zachycovat nouzové signály ze Země a předávat je pozemním stanicím.
- C-band anténa bude přijímat signály obsahující data k synchronizování palubních hodin s pozemními hodinami a data o integritě, které obsahují informace o tom, jak každý satelit funguje.
- S-band antény tyto antény slouží k vysílání dat o stavu družice a jejího příslušenství pozemnímu kontrolnímu systému a nazpět přijímají příkazy k ovládní družice.
- Vodíkové Maser hodiny (**Hydrogen passive maser clocks**) jsou hlavními hodinami na palubě družice. Jsou to atomové hodiny, které používají ultra stabilní frekvence (1,4 GHz) přechod atomu vodíku mezi energetickými stavy pro měření času (zpoždění/předcházení 0,45 ns během 12 hodin). Dalšími hodinami na palubě jsou Rubidiové hodiny (**Rubidium atomic clocks**) budou použity, pokud selžou vodíkové hodiny. Jejich odchylka je 1,8 ns během 12 hodin. Celkem zde budou umístěny čtyřvery

hodiny (dvoje od každého typu). Vodíkové hodiny jsou nejpřesnějšími hodinami používané ve vesmíru.

Zodpovědné za generování navigačních signálů jsou: generátor navigačních signálu, generátor frekvence a převáděcí jednotky. Navigační signály jsou poté převedeny do L – pásma, které jsou vysílány uživatelům. [1]

2.3 Experimentální družice

V rámci Vývojové a Ověřovací fáze byly vytvořeny experimentální družice GIOVE-A a GIOVE-B. Název Giove znamená v italštině jméno planety Jupiter jako vzpomínkou na Galileův objev čtyř satelitů (měsíců) této planety.

První navigační družice (GIOVE-A) byla vynesena na oběžnou dráhu 28. prosince 2005 raketou Sojuz z kosmodromu Bajkonur v Kazachstánu. 12. ledna 2006 začala vysílat signál na frekvencích přidělených od Mezinárodní Telekomunikační Unie. Prvním výsledkem vypuštění této družice bylo 2. března 2007 zveřejnění technické dokumentace, která výrobcům přijímačů umožní využívat skutečný signál pro jejich výzkumné aktivity. Jedná se o trojosou družici se dvěma křídly solárních panelů. Součástí je anténa vysílající v L-pásmu, dvě sady jednotek generující jednoduchý signál a dvoje záložní rubidiové hodiny. Její životnost se odhaduje na dva roky.

K očekávanému vypuštění druhé družice GIOVE-B došlo 27. dubna letošního roku. Je schopna unést větší zátěž, má navíc vodíkové hodiny s odchylkou jedné nanosekundy. Tyto experimentální družice slouží k odzkoušení hlavního družicového vybavení při provozu na oběžné dráze. Třetí pokusný satelit GIOVE-A2 se má objevit ve vesmíru také ještě letos. Její odhadovaná cena bude 25 až 30 miliónů euro. Jeho úkolem je také obsadit a nepustit přidělenou frekvenci. [3]

2.4 Poskytované služby

Tyto služby budou poskytovány celosvětově a nezávisle na ostatních systémech. Čtyři služby budou navigační, jedna na podporu vyhledávacích a záchranných operací. Odlišnost od ostatních systémů najdeme v záruce životněbezpečnostních a komerčních aplikací.

- **Základní služba** (Open Service, OS) otevřená a veřejně přístupná služba, nabízená bezplatně. Poskytuje informace o poloze a času. Očekává se, že aplikace využívající Základní službu bude také využívat GPS signály. To povede k zlepšení funkčnosti a přesnosti služby v problémových lokalitách, jako například ve městech. K zjištění polohy postačí jednofrekvenční přijímač. Hlavní využití se předpokládá v mobilních telefonech a v osobních počítačích.
- **Služba kritická z hlediska bezpečnosti** (Safety of Life service, SoL) zvýší bezpečnost právě tam, kde neexistují tradiční infrastrukturní pozemní služby. Jako například v leteckém a námořním odvětví. Pro její využívání bude za potřebí dvoufrekvenčních přijímačů. Poskytne včasné varování, pokud jsou překročeny určité limity přesnosti polohy (tzv. integrity)
- **Komerční služba** (Commercial Service, CS) umožňuje přístup k dalším dvěma signálům, které zvyšují přesnost určení polohy. Po zaplacení poplatku nabízí další přidané služby. Chráněny budou pomocí kódování, které bude ovládat poskytovatel služeb. Celosvětové pokrytí Galileo signály představuje velké pole možností. Bude využívána pro komerční a profesionální účely a na vývoj aplikací.
- **Veřejně regulovaná služba** (Public Regulated Service, PRS) je služba s vysokou úrovní ochrany, je zašifrovaná. Data o poloze a času poskytuje specifickým zákazníkům (např. armádě, policii nebo také pobřežní hlídce). PRS by měla být provozuschopná za jakékoliv situace, včetně během jakýchkoliv krizových období. Hlavní výhodou je signál, který je odolný proti rušení anebo falešným signálům.
- **Vyhledávací a záchranná služba** (Search And Rescue service, S&R) družice budou schopny přijímat nouzové signály z lodí, letadel nebo i od lidí a okamžitě je posílat do národních záchranných center. Záchranná centra tak zjistí přesnou polohu místa nehody. Díky Galileo účasti v COSPAS-SARSAT systému budou možná zlepšení. [2]

Tabulka 2 Přesnost služeb systému Galileo

	Základní služba	Komerční služba		Veřejně regulovaná		Služba kritická z hlediska bezpečnosti
		Globální	Lokální	Globální	Lokální	
Pokrytí	Globální	Globální	Lokální	Globální	Lokální	Globální
Přesnost horizontální (h) vertikální (v)	h = 4 m v = 8 m (dvoufrek. přijímače)	<1 m (dvoufrek. přijímače)	<10 cm lokálně zlepšené signály	h =6,5 m v = 12 m	1 m lokálně zlepšené signály	4 – 6 m (dvoufrek. přijímače)
Integrita	Ne	Ano (placená služba)		Ano		Ano

Zdroj: www.czechspace.cz/cs/galileo/technologie/sluzby

2.5 Signály navigačního systému Galileo

Každá Galileo družice bude vysílat deset navigačních signálů a jeden signál SaR. Signály budou vysílány na vyhrazených frekvencích a signál SaR bude vysílán na nouzové frekvenci (1 544 – 1 545 MHz). Čtyři signály budou vysílány v rozsahu 1 164 – 1 215 MHz (označované E5a a E5b). Další tři signály budou vysílány na frekvencích 1 260 – 1 300 MHz (ozn. E6) a zůstávající tři budou vysílány na frekvencích 1559 – 1591 MHz (ozn. L1). Signály v pásmech E5 a část pásma L1 budou přístupné pro všechny uživatele, zůstávající pásmo E6 bude kódované, přístup budou mít jen autorizovaní uživatelé ve státním zájmu.

Na těchto frekvencích budou přenášeny čtyři typy dat:

- Data OS - na frekvencích E5a, E5b a L1, pro všechny uživatele, obsahující převážně navigační údaje
- Data CS – přenášeny na frekvencích E5b, E6, L1, budou kódované a přístupné pomocí kontrolních center
- Data SoL. – přenášeny na frekvencích E5b L1, obsahují údaje o ztrátě integrity
- Data PRS – frekvence E6 a L1, pro autorizované uživatele

Rychlost přenosu je 50 – 1000 znaků za sekundu. Nejnižší rychlosti jsou výhodné kvůli odolnosti signálu proti rušení, vyšší umožňují vysílání doplňujících informací (např. meteorologické jevy, protipovodňové výstrahy, dopravní informace). [1]

2.6 Fáze vývoje systému

Budování systému bylo rozděleno do čtyř fází:

- **Definiční fáze** – návržení technických parametrů systému, určení nabízejících služeb
- **Fáze vývoje a hodnocení** – vývoj dvou experimentálních a čtyř operačních družic, vybudování základní pozemní části systému
- **Fáze rozmístění** – vypuštění všech zbylých družic (26) a dobudování veškeré pozemní infrastruktury
- **Provozní fáze** – správa systému, údržba a trvalé vylepšování

Za uskutečnění vývojové fáze je zodpovědná Evropská kosmická agentura. Průmyslovým partnerem pro tuto fázi je společnost European Satellite Navigation Industries. Realizace této fáze je nyní v ověřovacím kroku, který zahrnuje postavení a vypuštění dvou experimentálních družic Giove – A a Giove – B (nyní i třetí Giove – A2) a dále pak prvních čtyř operačních družic. Důležitým krokem bylo podepsání kontraktu v hodnotě 150 milionů euro v prosinci 2004. Šlo o první část prací, kterých je potřeba pro ověření činnosti družice. Tato fáze dostala oproti původnímu harmonogramu zpoždění. Tím se navýšila hodnota potřebných investic na 3,6 miliardy euro. Finální kontrakt na provedení kompletní vývoje fáze byl konsorciem European Satellite Navigation Industries podepsán 21. 12. 2005.

Zakládajícími členy fáze rozmístění byly Evropské společenství a Evropská kosmická agentura. Měli dosáhnout dvou základních úkolů: řídit a koordinovat nutnou výzkumnou a vývojovou činnost a provést výběr budoucího soukromého držitele koncese systému, který provede fázi rozmístění, bude provozovat systém, přinese nutný soukromý kapitál a zajistí obchodní úspěch provozu. Společný podnik Galileo vyhlásilo soutěž na tuto fázi 15. 10.2003. Vybraná dvě konsorcia EURELY a iNavSat vytvořili tzv. Sloučené konsorcium. Zúčastněné firmy byly na jednání 4. 7. 2005 upozorněny na tři požadavky, které musí splňovat:

- společný návrh bude mít vyšší úroveň než samostatné návrhy
- sjednocená konsorcia vytvoří jeden právní subjekt
- společný návrh nepovede k dalším průtahům

Bohužel se obě strany nedokázaly plně dohodnout a tato myšlenka zanikla. [1]

2.7 *Financování Galilea*

Podle předpokládaných návrhů by se systém měl dokončit nejdříve v roce 2013. Rada Evropské unie 6. - 8. června 2007 rozhodla o financování navigačního systému Galileo z veřejných zdrojů. Byly nalezeny finanční prostředky na jeho dokončení v rozpočtu EU. Celý program se odhaduje na cca 5,9 mld. euro. Na vybudování systému dosud bylo vynaloženo 2,5 miliardy euro. Na konci loňského roku se Evropská unie rozhodla uvolnit 3,4 mil euro. Jde tedy o vybudování a financování vývoje systému do plného počtu 30 družic výhradně veřejným sektorem.

Na projektu se měl podílet ze dvou třetin privátní sektor, byl by tak využit způsob investování, tzv. PPP – Public Private Partnership, který spočívá v partnerství mezi veřejným a soukromým sektorem. Složený z osmy evropských firem: European Aeronautic Defense & Space, francouzský Thalys a Alcatel – Lucent, italská Finmeccanica, Inmarsat z Velké Británie, španělský Hispasat a Aena a i Deutsche Telekom. Vyjednávání o podílu financování jednotlivých firem bylo dva roky na mrtvém bodě. 10 května 2007 vypršelo ultimátum, do kdy se měly firmy rozhodnout. Z důvodu obav firem o návratnost investic ze systému Galileo neuzavřeli dohodu o spolufinancování s Evropskou Unií. Díky tomu je nutná plná finanční podpora z veřejných financí.

Doplňkovým zdrojem financí se mohou stát některé třetí země, které mají zájem stát se partnery nebo i podílníky systému Galileo. Již v roce 2003 se zavázala do programu Čína, a to investicemi v hodnotě 200 milionů euro. Z toho 70 milionů euro případně na ověřovací fázi a zbytek na fázi rozmístění. V červnu 2004 byla podepsaná pětiletá dohoda o spolupráci na vývoji systému s Izraelem. Podepsání smlouvy s Ukrajinou přispěje k vývoji technologie, výrobě a rozvoji služeb a trhu a také k definici standardů a certifikaci. Po Ukrajině přistoupila Indie. Obdobně jako předchozí tři státy získá Indie přístup k technologiím Galilea a také místo při výstavbě systému. V listopadu 2005 se k systému také připojila Saudská Arábie, v lednu následujícího roku Jižní Korea a v prosinci Maroko.

Roční provozní náklady na Galileo spočítala Evropská Unie na 220 milionů eur. [3]

Tabulka 3 Financování systému Galilea

Veřejné financování 50% ESA - 50% EU	Hrazeno z veřejných zdrojů	
	2005 – 2008	2008 – 2012
Vývoj	Rozmístění	Plný operační potenciál
1,5 miliardy €	2,1 miliard €	220 mil. € ročně
2 testovací (Giove-A a B) a 4 operační satelity	26 satelitů	
Pozemní infrastruktura	Pozemní infrastruktura	Rutinní operace a Doplňování

Zdroj: www.czechspace.cz/galileo/aktuální-stav

2.8 Umístění sídla agentury GSA

Účast České republiky v projektu Galileo byla podepsána 23. 6: 2004 v Bruselu velvyslancem ČR. Podpisem vznikla dohoda o podpoře, rozmístování a používání družicových navigačních systémů.

Česká republika usiluje spolu s deseti dalšími členskými zeměmi EU (Německo, Slovinsko, ...) o umístění sídla agentury – řídicího střediska programu Galileo. Kandidatura ČR je v EU považována za jednu z nejslibnějších a nadále si udržuje svou vysokou aktuálnost. Dále k tomu přispívá vůle Evropské rady umisťovat sídla agentur do nových členských zemí. Rozhodnutí by mělo padnout do konce tohoto roku. [3]

3 Uplatnění navigačního systému v dopravě

Všechna odvětví vyspělých států světa jsou ovlivněna vývojem technologií družicové navigace. Jedním z největších uplatnění bude v silniční, železniční, námořní a letecké dopravě.

3.1 Silniční doprava

Sektor silniční dopravy je jedním z největších potenciálních trhů s Galileo aplikacemi. Navigace v automobilech využívající GNSS systémů je již součástí běžné výbavy nabízené výrobcí aut. GPS nenabízí dostatečné pokrytí v obydlených oblastech, takže se v městských zástavbách kombinuje s dalšími systémy. Galileo zvýší pokrytí i přesnost GNSS systémů. Díky lokalizaci tímto navigačním systémem může být nabídnuto mnoho přídatných služeb, jako např.: tísňová volání, asistence při odtahu vozidla spolu se sdělením o poloze auta, povaha selhání vozidla, anebo sledování vozidla po krádeži.

3.1.1 Sledování a řízení dopravy

Zjednoduší se, pokud bude většina aut vybavena přijímači satelitní navigace. Například sníží-li se výrazně průměrná rychlost aut, je to pro řídicí centrum znamení, že vzniká dopravní kongesce. Dispečink pak může navrhnout dalším blížícím se automobilům alternativní cestu.

Obr. 7 Přijímač navigačního signálu v automobilu



Zdroj: www.sonystore.cz/gerile.aspx?id_file=5209

3.1.2 Řízení a sledování vozového parku

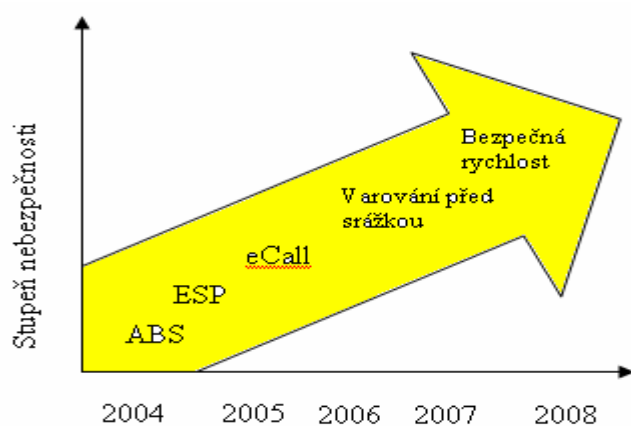
Řízení a sledování autobusů, taxi a autodopravců je stěžejní úkol pro operátory. Společnosti po celé Evropě již vybavily vozidla přístroji, které informují o jejich poloze řídicí centra. Systém Galileo bude ručit za její funkčnost bez přerušení 24 hodin denně. Operátoři budou moci informovat cestující o očekávaném času příjezdu dalšího autobusu, pokud díky GNSS budou znát jeho polohu.

3.1.3 Inteligentní systém pro asistenci při řízení

(Advanced Driving Assistance Systems, ADAS) umožní vozidlu pohyblivost a bezpečnost. Na základě toho systému vznikají nové technologie, které zajistí:

- dopravní a cestovní informace v reálném čase
- systémy na udržování vozidla v pruhu
- systém nouzového volání, umístěný uvnitř vozidla (eCall)
- systémy zmírňující důsledky srážek
- systémy detekující nepozornost řidiče
- program elektronické stability (EPS)
- systémy zlepšující vidění
- protikolizní systémy, atd.

Obr. 8 Kroky bezpečnosti (eSafety)



Bezpečnostní systémy uvedené v grafu

ABS (Anti-lock Brake Systém) – protiblokovací systém, je systémem aktivní bezpečnosti vozidla, který má zabránit zablokování kol při brzdění a tím ztráty adheze mezi kolem a vozovkou, čímž umožní zachování stability, ovladatelnosti a říditelnosti vozidla. Umožňuje zkrátit brzdnu dráhu na mokré vozovce.

ESP (Electronic Stability Program) – elektronický stabilizační program, pomáhá stabilizovat automobil pomocí přibrzdění některého z kol a omezení výkonu motoru například při rychlém průjezdu zatáčkou.

eCall – je projekt Evropské komise zamýšlený k tomu, aby přinesl rychlou pomoc řidičům motorových vozidel spojený se srážkou kdekoli v Evropské Unii. Tato služba funguje pomocí palubní jednotky zabudované ve vozidle, která je spojena s tísňovou linkou pomocí čísla 112. Ještě před zahájením hovoru mezi řidičem a operátorem dojde k vysílání dat. Operátor tak dostane přesné informace i v případě, kdy řidič není schopen komunikovat. Samozřejmostí je zaměření přesné polohy vozidla.

Varování před srážkou – dnes vyvíjené varovné systémy mohou zahrnovat čidla pro udržení bezpečné vzdálenosti, pro zjišťování špatně viditelných míst a vychylování se z jízdních pruhů, pomoc jízďě přes křižovatky, upozorňování na chodce, varování před nárazem ze zadu. Jestliže řidič na tato varování nereaguje, přichází ke slovu systém umožňující vyhnout se srážce. Umožní kontrolu plynu, brzd a konečně i řízení tak, aby se vozidlo dostalo zpátky do stabilního stavu.

Bezpečná rychlost – nejčastějším systémem kontrolující rychlost je inteligentní přizpůsobování rychlosti (ISA). Systém zjišťuje povolené rychlosti v dané oblasti a informuje řidiče. V tomto okamžiku může dojít k různým typům zásahu, jestliže vozidlo překročí povolenou rychlost. Základní systém jenom informuje řidiče vizuálně nebo zvukově, ale ponechá kontrolu rychlosti na řidiči. Některé systémy už využívají aktivní akcelerátory působící tak, že když se řidič snaží jet rychleji než je povolená rychlost, pocítí odpor plynového pedálu.[4]

3.1.4 Systémy výběru mýtného

V posledních letech došli k prudkému rozvoji elektronického mýta. Některé země již zavedli výběr pomocí GNSS na bázi ujetých kilometrů, konkrétně pro těžká nákladní vozidla na dálnicích. Pomocí tohoto systému se doporučuje použití v EU díky tomu, že jsou nezávislé na infrastruktuře a služby na nich jsou snadno rozšiřitelné. Nevyžadují nákladné investice do zařízení podél zpoplatněných cest. Odpadají také dopravní zácpy v blízkosti výběrčích míst s obsluhou. Systém neklade téměř žádné nároky na obsluhu, údržbu a na energii.

Druhy výběru mýtného:

- mikrovltný systém
- elektronický systém výběru mýta pomocí GNSS
- hybridní systém (kombinace mikrovltného systému a pomocí GNSS)

Výběr mýtného v České republice

V České republice nyní rozlišujeme dva druhy výběru mýtného. Prvním je časové mýtné pro motorová vozidla s nejvyšší povolenou hmotností do 12 tun, kde se mýtné vybírá v závislosti na časovém zpoplatnění pomocí dálničních známek. Druhým způsobem je mýtné, jehož výše závisí na jízdním výkonu motorového vozidla s nejvyšší povolenou celkovou hmotností 12 tun a výše a uskutečňuje se prostřednictvím elektronického mýtného. Systém elektronického mýtného pracuje na bázi moderní mikrovltné technologie. Mýtné je vybráno při průjezdu vozidla mýtnou snímací stanicí, a to ve výši, který odpovídá délce použitého mýtného úseku. Od 1.1.2007 se elektronické mýtné za všechna vozidla s největší povolenou celkovou hmotností 12 tun a výše vybírá na vybraných komunikacích ČR. Mýtné se zatím bude platit asi na 970 kilometrech českých dálnic a rychlostních silnic. Průměrná sazba je 4,05 Kč/Km.

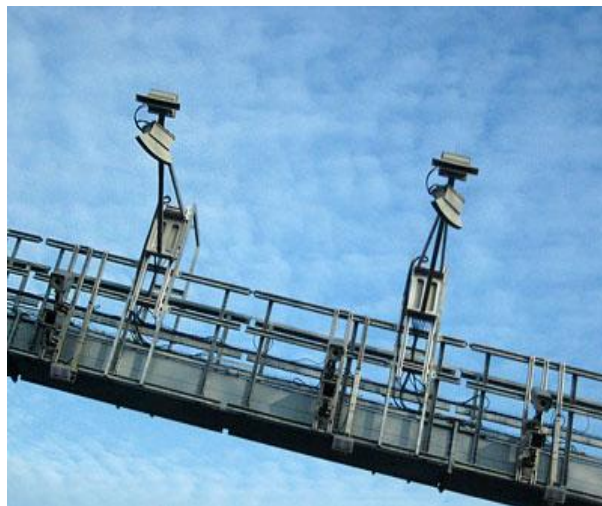
Výhody mikrovltného systému lze shrnout:

- vysoká spolehlivost, bezpečnost i dostupnost
- velká přenosová rychlost i kapacita
- systém se dá rozšiřovat

Mezi nevýhody patří:

- vyšší cena koncových zařízení
- nutnost přímé viditelnosti zařízení
- složitější instalace

Obr. 9 Ukázka elektronického mýtného



Zdroj: www.kapsch.cz

Na Slovensku se právě koná výběr dodavatele elektronického mýtného systému. Zakázka ve výši 20 miliard Sk se rozhoduje mezi čtyřmi konsorcii – Slovakpass, ToSy, San Toll a Kapsch. Jedná se zpoplatnění až 2 400 km dálnic a silnic nižších tříd pomocí čistě satelitní technologie, jediný Kapsch přišel s kombinujícím řešením satelitu s mikrovlnnou technikou.

Systém elektronického mýtného v Německu

Jednou z prvních zemí, která vybírá mýtné pomocí satelitního systému je Německo. Elektronický systém pro výběr mýta (EFC- Electronic Fee Collection) byl uveden do provozu v roce 2003 společností Toll Collect. Vztahuje se pouze na nákladní vozidla o hmotnosti nad 12 tun.

Zavedením mýta pro těžká nákladní vozidla sleduje Německo čtyři cíle:

- Spolková vláda rozhodla, že těžká nákladní vozidla se budou podílet ve zvýšené míře na financování infrastruktury, a to pomocí spravedlivého rozložení nákladů na výstavbu a údržbu. Zatížení silnic vozidlem o hmotnosti 40 tun je asi 60 000 násobně vyšší než osobním vozidlem.
- Zavedením mýta pro těžká nákladní vozidla dojde k rovnoprávnému postavení silniční, železniční a vodní dopravy v konkurenčním prostředí.
- Mýto přinese dodatečné příjmy, které využijí na výstavbu nových cest
- Německo zavedením mýtného pomocí satelitního systému získá nova pracovní místa a obchodní příležitosti

Výše mýtného je stanovena dle nezávislého posudku na 0,15 EUR/Km. Placení mýta může být realizováno třemi základními způsoby automaticky, pomocí internetu a konečně pomocí terminálu. Automatické řešení předpokládá, že si uživatel do svého nákladního vozu nechá nainstalovat palubní jednotku On-Board Unit (OBU), kterou vyrábí společnosti Grundig, Siemens.

- **Jednotka OBU se skládá ze dvou komponentů**

První z nich získává informace o okamžité poloze vozu pomocí satelitního navigačního systému GPS. Ta je pak prostřednictvím zprávy SMS poslána do výpočetního centra společnosti Toll Collect, která na jejím základě vyhodnotí, zda uživatel využívá dálnici, či nikoliv. Celá dálniční síť 12 tisíc kilometrů je rozdělena do 5 200 úseků, které jsou zpoplatňovány na základě došlé SMS. Ta je díky tomu, že jsou veškeré informace o dálniční síti (mapy zpoplatněných dálnic) umístěny přímo v OBU, odeslána až poté, co vůz placený úsek opustí.

Obr. 10 Jednotka OBU umístěná ve vozidle



Zdroj: www.itnews.sk/images/2005/revue0305obu_b.jpg

Druhým způsobem, jak použít německé dálnice nákladním vozidlem, je internet. Na webových stránkách společnosti Toll Collect je možné se zaregistrovat, zadat údaje o vozidle, dobu výjezdu a trasu. Platbu lze provést i předem a v případě nesnáží jí stornovat. Podobně lze pro registraci využít i terminály, které mají být umístěny na všech hraničních přechodech a tako na vybraných tankovacích stanicích či odpočívadlech, kde platba může proběhnout i přímo přes platební karty.

- **Kontrola výběru mýtného**

Aby bylo možné kontrolovat neplatiče nebo chybně platící vozidla, zajistit doplatek mýtného a úhradu případné pokuty, je silniční provoz kontrolován. Pro tento účel slouží 300 mýtných bran umístěných na německých dálnicích. Tyto brány jsou vybaveny laserovými senzory, které při průjezdu snímají rozměry každého vozidla ve všech třech osách a na základě toho rozeznají kolik má náprav, poznávací značku a je-li odvedené mýtné.[5]

- **Budoucí vývoj**

Vývoj satelitních jednotek (OBU) se stále posouvá k dokonalejším a dostupnějším systémům. Například vývoj hybridní satelitní jednotky, která je schopna komunikovat s mýtnými bránami – vhodné pro integraci do stávajících mikrovlnných systémů. Společnost Kapsch Area přišla s hybridním systémem vybírání mýtného.

Hybridní systém umožňuje zpoplatnit pomocí DRSC (Dedicated Short Range Communication) na dálnicích, rychlostních komunikacích a tranzitních úsecích. A právě na cestách nižších tříd chtějí využít zpoplatnění s pomocí GPS/GPRS.

3.2 Železniční doprava

Železniční sektor upadá, a aby se odvrátil tento trend, musí zvýšit svoji konkurenceschopnost. Využití GNSS v železniční dopravě představuje nový směr, který sleduje tyto cíle: nahradit nákladnou infrastrukturu podél tratí palubními systémy, vytvořit předpoklady pro interoperabilitu, poskytnout účinné nástroje na řízení provozu a zvýšit bezpečnost provozu.

Od systému Galileo se očekává, že se stane řídicí funkcí železniční dopravy spojený s bezpečností. V Evropě jsou ty funkce známi jako ERTMS (Evropský systém řízení železniční dopravy). Galileo může celosvětově zvýšit bezpečnost železničních tratí, obzvláště tam kde neexistují žádné řídicí systémy. A tím snížit náklady na budování návěštění.

Pro všechny dopravní odvětví je fleet management (řízení a sledování vozového parku) důležitým nástrojem pro zlepšování logistiky a celkové výkonnosti jak osobní, tak i nákladní dopravy. Znalost polohy zboží při přepravě je důležitou informací pro zákazníky. Pomocí Galilea se pomůže organizovat řídit vozový park, zlepšit jeho údržbu a pomůže s efektivním využíváním jednotlivých tratí.

Informace o času příjezdů a odjezdů vlaků, obzvláště pokud se vyskytují zpoždění, je nezbytné pro zajišťování služeb. Nezbytné jsou také informace pro cestující v dopravním prostředku.

Optimalizace spotřeby energie není zatím nijak hlídána. Strojvedoucí řídí železniční soupravu podle rychlostní tabulky, která definuje doporučenou rychlost. Aby se ušetřila energie, hlavní informací je poloha soupravy vzhledem k jejímu okolí.

Vyhodnocení stavu tratě neboli její volnosti, je důležitým aspektem zajištění bezpečného průjezdu vlakové soupravy. Aby tato služba spolehlivě fungovala, je nutné, aby poloha soupravy byla určena s vysokou přesností.

Této problematice se budu nadále věnovat podrobněji v kapitole 4. [6]

3.3 Námořní a říční doprava

Systém Galileo bude hlavním nástrojem při zavádění inovací do navigačních a mnoha dalších námořních aktivit jako např. rybolov, oceánografie anebo při těžbě ropy a plynu.

Neprospěšná všem plavidlům od soukromých jachet po obchodní a vojenské lodě. Systém Galileo nabízí: zvýšenou přesnost a integritu, certifikované služby vysokou dostupnost signálu. Mezinárodní námořní organizace klade požadavky na zařízení pro určování polohy jakožto součásti celosvětového systému rádiové navigace. Nákladní vnitrozemská vodní doprava představuje pouze 6 % z celkové nákladní dopravy.

GNSS jsou využity pro všechny druhy námořní navigace za jakéhokoli počasí: na širém moři, při pobřeží, pro přibližování k přístavu a samotným manévřům v nich. K přesnější navigaci se bude po zprovoznění využívat systém Galileo. V současné době se v GNSS používá pouze GPS.

Systém Galileo značnou měrou zlepšit mnoho aktivit z oblasti vodního stavitelství kam patří: hloubení a údržba přístavů a vodních cest, mapování podvodních překážek, pokládání podmořských kabelů a potrubí nebo těžba materiálů a surovin ze dna.

GNSS bude představovat důležitý nástroj pro vědecké studie, příkladem je například pozorování přílivu a odlivu anebo mořských proudů. Rozmístování pohyblivých bójí, které hlásí své polohy, pomáhá vědcům při sledování oceánů a moří. [6]

3.4 Letecká doprava

Mají-li klasické systémy (VOR, DME) zajistit navigaci nad rozsáhlým územím, je potřeba velký počet majáků a tak rostou provozní náklady. Některé oblasti nejsou do dnes pokryty signálem (Jižní Amerika) a tím není zajištěna bezpečnost letového provozu. Proto bylo nutno vytvořit globální systém.

V letectví je navigace založena na GPS. Polohová přesnost a integrita nabízená systémem Galileo umožní větší využití stávajících letišť, která se nyní nevyužívají při nepříznivém počasí a špatné viditelnosti. Galileo spolu se systémem EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) bude pilotům výrazně pomáhat za všech povětrnostních podmínek ve všech fázích letu – od pohybu po letištní ploše, startování, fázi letu až po přistávání. Galileo zvýší celkovou bezpečnost letecké dopravy a napomůže lepšímu plánování letů a hledání leteckých koridorů. Letecká doprava se celosvětově v posledních letech ročně zvyšuje o 4 %. Tento trend povede k přetížení uzlů v rámci letecké dopravní sítě. Z toho vyplývá, že bude nutné zvýšit kapacitu dopravní sítě, k čemuž bude zapotřebí přesnějších a spolehlivějších polohových systémů. Tím by se mohl stát navigační systém Galileo. [7]

3.5 Oblast uplatnění nejen v dopravě

Využití navigačních systémů, je potřeba i v dalších činnostech mimo dopravu. Jedno z možných uplatnění je v modernizaci zemědělství

3.5.1 Zemědělství, vyměřování pozemků, geodezie a katastrální měření

Umístění a velikost pozemků jsou klíčové informace požívané při výměně obchodních informací a při podávání žádostí státním orgánům o dotace. Pro ověření nároků na dotace se každoročně provádí měření pozemků prostřednictvím Globálního navigačního satelitního systému (GNSS). Informace o 50 milionech zemědělských pozemků jsou od roku 2005 uloženy v digitálním geografickém informačním systému integrovaného správního a kontrolního systému EU.

Zemědělci navíc využívají geografické informační systémy a GNSS pro optimalizaci pěstovaných plodin, snižování objemu hnojiv a pesticidů a pro zajištění optimálního využití půdy a vody.

Využití GNSS může značně zjednodušit a zlepšit měření geodetických a katastrálních údajů a pomoci vybudovat mapové databáze.

3.5.2 Energetika, ropa, plyn

Ropný a plynárenský průmysl široce využívá globální navigační satelitní systémy pro provozy na pevnině i na moři při průzkumu a těžbě, kde jsou přesnost a jistota pro určování polohy nejdůležitější. Také při bezpečnosti a přepravě ropy a plynu se využívá funkcí určování polohy navigačními systémy.

V energetickém sektoru se rozvodné sítě synchronizují pomocí přesné a exaktní časoměrné funkce systému GNSS.

3.5.3 Pátrání a záchrana

Je to jedna ze služeb systému Galilea, která je evropským příspěvkem k mezinárodní spolupráci při pátrání po osobách a jejich záchraně, zejména v oblasti námořní a letecké dopravy. Tím, že je umožněno přijímat tísňové zprávy téměř v reálném čase z jakýchkoliv míst na zemi spolu s přesnými informacemi o poloze a že je umožněno kontaktovat osoby

v tísni záchrannými středisky, usnadní záchranné operace a omezí četnost falešných poplachů, čímž umožní záchranu více lidských životů. To také souvisí s nelegálními emigranty přemísťující se po moři.

Čas mezi nahlášením mimořádné události a samotným příjezdem záchranných vozidel je různý. V současné době lze nahlásit mimořádnou událost pouze pomocí mobilního telefonu nebo z telefonní stanice. Ve 40 procentech případů nahlášených mobilním telefonem je těžké přesně určit místo nehody. Evropská komise dala podnět k zlepšení služby poskytované tísňovou linkou 112. Pomocí systému Galileo zjistíme přesně, kde se nehoda stala, počet zúčastněných osob i jejich pohyb.

3.5.4 Logistika, ochrana životní prostředí

Globální navigační systémy také poskytují nástroje pro zdokonalování logistických procesů. Přesnějším a průběžným sledováním a dohledáváním balíků, kontejnerů nebo palet umožní ty to systémy ve spojení s dalšími technologiemi. Jako jsou například řízení dodavatelských řetězců a správu vozidlového parku u všech druhů doprav, a to jak v městských oblastech, tak u dálkových jízd. Navíc je možné v kontextu multimodálních aplikací zvýšit bezpečnost logistických procesů použitím elektronických ochranných plomba a dalších zařízení na zjišťování polohy.

Technologie družicové navigace poskytuje užitečné služby v široké řadě odvětví. Jsou to např. systémy veřejné dopravy osob, veřejné práce a pozemní stavitelství, imigrační a pohraniční kontrola, policie, monitorování vězňů, výroba biomasy a správa hospodářských zvířat, péče o životní prostředí, lékařské aplikace a lidé se sníženou schopností pohybu nebo orientace, vědecký výzkum, myslivost, sport, turistika, likvidace odpadů a mnoho dalších činností.

3.5.5 Civilní obrana, organizování záchranných složek a humanitární pomoc

Pomoc lidem po zemětřeseních, povodních, vlnách tsunami nebo jiných přírodních či lidmi způsobených katastrofách byla dlouho předmětem zájmu orgánů veřejné správy. Lokalizace majetku, osob a vyhrazení zdrojů má pro záchranné operace prvořadý význam.

Na evropské úrovni byla zřízena monitorovací a informační střediska a krizová platforma jako nástroje pro zdokonalení spolupráce Společenství v případě přírodních

katastrof, tísňových situací způsobených znečištěním moří, chemickými haváriemi a včasné reakce na politické krize.[6]

4 Možnosti využití navigačního systému Galileo v železniční dopravě

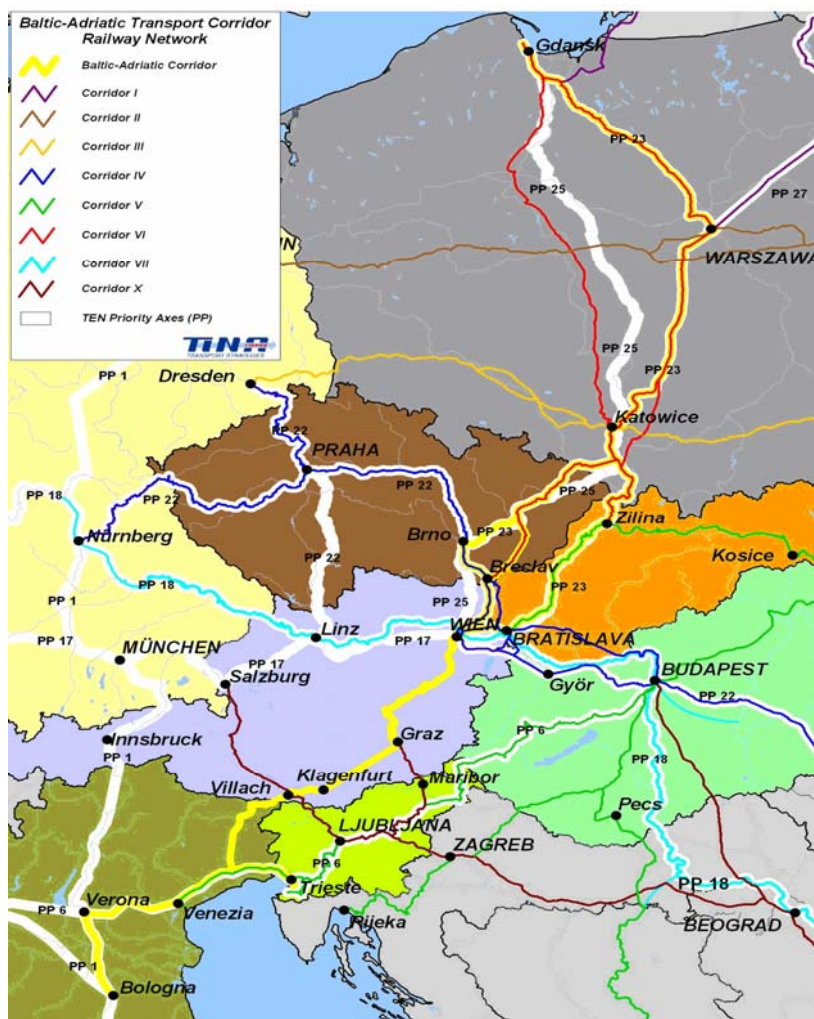
Evropská komise (EC), Evropská kosmická agentura (ESA) a Mezinárodní železniční unie (UIC) mají zájem využít navigační družicové systémy pro aplikace v bezpečnosti, a to všeobecně v pozemní dopravě včetně dopravy železniční. Na Českých drahách se problematikou družicové navigace pro lokalizaci vlaků zabývá od roku 1995.

Tyto systémy se zdokonalují a vyvíjejí, a tím snižují podíl na vzniku poruch a nehod způsobených omylem obsluhy. Mezi zabezpečovací systémy patří i evropský ERTMS (European Railway Traffic Management System), který je představitelem budoucí zabezpečovací techniky. Zajišťuje interoperabilitu v oblasti řízení, sdělování a zabezpečování a skládá se z těchto částí:

Interoperabilita – provozní a technická propojenost evropského železničního systému je jeho schopnost umožnit bezpečný a nepřerušovaný pohyb drážního vozidla na drahách evropského železničního systému

Interoperabilita sestává z řady technických a zákonných zásahů, kterými ES hodlá sladit různé národní železniční systémy dohromady a vytvořit železniční síť, která je otevřená a integrovaná na evropské úrovni.[8]

Obr.11 Interoperabilita v Evropě



Zdroj: www.zelpage.cz/?oddil=4®ion=40&cat=11.

Zabezpečovací a řídicí systémy představují jeden z nejsložitějších systémů. Historicky vznikaly odlišně v každém státě. Systémy sice vyhovují národním podmínkám, ale jsou hlavní překážkou interoperability a současně díky odlišným použitým technickým řešením jsou odlišné požadavky na kolejová vozidla.

Technické specifikace pro interoperabilitu subsystému řízení a zabezpečení předpokládají především zavedením **Evropského systému řízení železniční dopravy – ERTMS**. Implementace ERTMS bude mít zejména následující přínosy pro železnici:

- zlepšení řízení provozu na železnici
- zvýšení její propustnosti
- zkrácení jízdních dob mezinárodních nákladních i osobních vlaků
- zvýšení spolehlivosti a bezpečnosti železniční dopravy

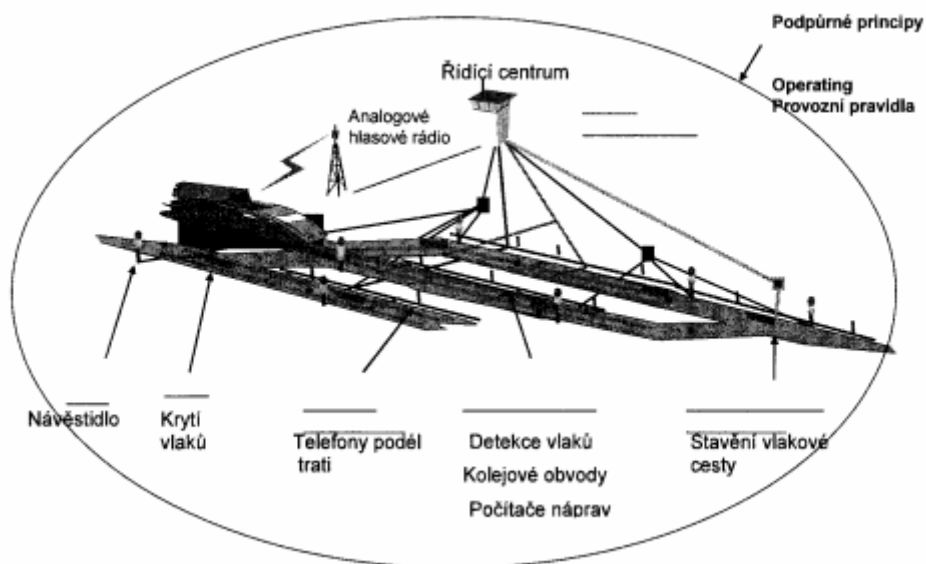
- zvýšení efektivity využití hnacích vozidel
- zlepšení služeb zákazníkům
- stabilizaci ceny za přepravu

Evropský systém řízení železniční dopravy (ERTMS) se skládá:

- **Komunikační systém GSM-R** (Global System for Mobile- Railway) – komunikační systém pro hlasové i datové služby. Je součástí ERTMS, zajišťuje komunikaci jednotlivých subsystémů. Komerční sítě jsou bohužel pro železniční provoz obtížně využitelné z důvodu:
 - železniční tratě musí mít 100% pokrytí signálem, aby byla zajištěna spolehlivost přenosu
 - nouzová volání musí být řešena prioritně, v současné době nerealizovatelné v komerční síti
 - síť musí umožňovat budoucí přenos rozkazů systému ETCS
 - hovor musí být snadno spojitelný – výpravčí musí být schopen zavolat strojvedoucímu na základě čísla vlaku
 - mobilní stanice musí být snadno ovladatelná, umožňovat hovory dle celoevropských standardů
- **Evropský vlakový zabezpečovací systém ETCS** (European Train Kontrol System) – systém řízení a kontroly vedení vlaku, je postaven jako plně elektronické zařízení se širokými možnostmi spolupráce s navazujícími zařízeními. ETCS systém umožňuje předávání informací o poloze vozidla a současně je možné jejich prostřednictvím předávat rozkazy na hnací vozidlo. Průběžná výměna informací mezi palubní a infrastrukturní částí zabezpečovacího zařízení může probíhat pomocí GSM-R. [8]

Na následujících obrázcích vidíme rozdíl mezi běžně fungujícím zabezpečovacím zařízením a budoucím systémem ETCS.

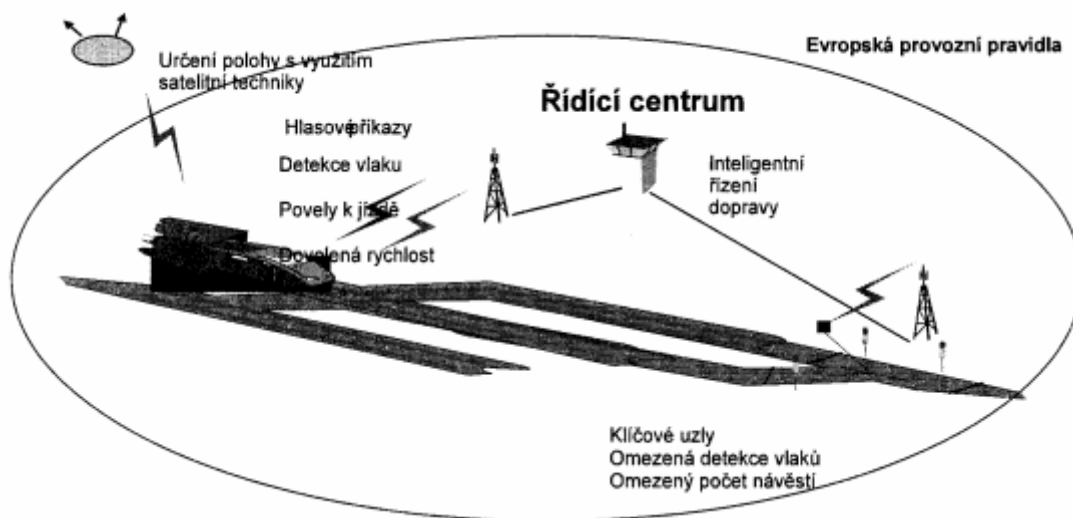
Obr. 11 Stávající zabezpečovací zařízení



Zdroj: Interoperabilita [8]

Jak je patrné tak (Obr.) představuje výraznou změnu technických zařízení a v důsledku toho zlevnění celého subsystému. Systém zajišťuje vlastní provoz a bezpečnost železniční dopravy může pomoci při optimalizaci jízdy vlaku a zvýšení propustnosti – kapacity tratě, může být propojen s telematickými subsystémy.

Obr. 12 Budoucí systém řízení a zabezpečení - ETCS



Zdroj: Interoperabilita [8]

- **ETML** (European Traffic Management Layer) – úroveň manažerského řízení dopravy. V principu není zabezpečovacím zařízením. Jde o úroveň manažerského řízení, ve které se vyměňují informace o pohybu vlaků a jejich charakteristika za účelem optimalizace jejich jízdy.

Pro vývoj aplikací, které bude systém Galileo v železniční dopravě využívat, je třeba definovat několik atributů:

- pohotovost
- bezporuchovost
- udržitelnost
- bezpečnost určení polohy
- integritu bezpečnosti systému

Pohotovost – procento času, během kterého jsou služby navigačního systému poskytované s požadovanou přesností, integritou a kontinuitou. Systém může mít vysokou pohotovost, ale současně i velmi malou kontinuitu z důvodu četných, velmi krátkých přerušení.

Jedním z hlavních požadavků na navigační systémy je přesnost určení polohy.

Integrita – schopnost systému poskytovat včasná varování uživateli ve stanoveném čase, když systém nepracuje správně.

Kontinuita – (nepřetržitost) vyjadřuje schopnost systému poskytovat požadovanou funkci nebo službu po stanovenou dobu bez přerušení. Kontinuita se vyjadřuje rizikem kontinuity, což je maximální přijatelná pravděpodobnost neplánovaného přerušení pro uvažovaný čas. [9]

Železniční aplikace navigačního systému lze rozdělit do těchto skupin:

- zabezpečovací technika
- optimalizace jízdy vlaků
- informace pro cestující
- zvýšení bezpečnosti pracovníků v kolejišti
- stavba a údržba trati
- dálková diagnostika kolejových vozidel

- optimalizace odběru energie
- sledování a zabezpečení vagónů a monitorování stavu zásilek [9]

4.1 Projekt APOLO

První zkoušky v oblasti sledování vlaku byly zahájeny v roce 1996, kdy byla na základě navigačního systému GPS určena poloha drezíny s přesností přibližně 1 metr. Další práce byly zaměřeny na lokalizaci vlaku na principu GPS. Tyto experimenty se uskutečnily v rámci projektu Evropské komise s názvem APOLO (Advanced Position Locator) v letech 1999 až 2001. Výsledkem práce byl vlakový lokátor, který byl nainstalován na dvou lokomotivách Českých drah a úspěšně vyzkoušen na tratích v okolí Pardubic a Hradce Králové.

Na jaře roku 2001 byly na traťovém úseku Potštejn – Litice nad Orlicí uskutečněny testy lokátoru APOLO. Jednokolejná trať s mnoha oblouky prochází zalesněným úsekem, hlubokými výkopy a tunelem. Zkouška ukázala po ujetí 3 km, že chyba určení polohy lokomotivy dosáhla téměř 80 m. Tato chyba je nepřijatelná pro využití vlakového polohového lokátoru v železniční zabezpečovací technice. [10]

Obr. Anténa zkušebního zařízení na lokomotivě



Zdroj: www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document

4.2 Určování polohy vlaku

Pro přesné určení polohy je nutné přijímat signál z dostatečného počtu družic (min ze 4 družic) s požadovanou přesností tak, aby byly splněny podmínky pro přesnost, integritu,

kontinuitu a pohotovost. Během jízdy vlak ze satelitů přijímá a zpracovává informace o poloze, rychlosti a času, které předává prostřednictvím komunikačního modulu do centra dispečerovi. V dispečerském centru se tyto informace zpracují a zobrazí se na displeji, kde je vidět poloha vozidla na trati.

4.2.1 Problém určení polohy v členitém terénu

Běžným jevem na trati je, že i přes dostatek viditelných satelitů nemusí přijímač GNSS určit polohu vlaku bezpečně. Nejčastěji při jízdě vlaku krajinou, kde jsou hluboká údolí, četnost podjezdů a tunelů. Situace se podstatně zlepší po té, co bude uveden do provozu evropský satelitní navigační systém Galileo a přidá na střední orbity dalších 30 navigačních satelitů. Bude tak pokryto navigačním signálem většina traťových úseků, kde s současné době jsou s pokrytím signálem problémy. Tam, kde i přesto bude pokrytí nedostatečné, bude možné použít pozemní vysílače navigačního signálu.

V poslední době se na trhu objevily nové technologie čipů GPS s názvem SiRF. Mají za úkol zlepšit přesnost polohy i v místech ve stínu. Tyto čipy se vyznačují vysokou citlivostí příjmu GPS signálu, novými algoritmy pro zpracování signálu, vysokou rychlostí určení polohy, větší přesností určení polohy, nízkou spotřebou elektrické energie a nízkou cenou. GPS SiRF přijímače mohou najít uplatnění např. pro snadnou lokalizaci závad na vedlejších tratích, v městské zástavbě a pro celou řadu dalších aplikací.

Určením polohy s vysokou přesností, bezpečností a spolehlivostí pro aplikace v zabezpečovací technice se na ČD zabývá výzkumný projekt Grantové agentury ČR s názvem **Lokální prvky GNSS pro železniční zabezpečovací techniku** (2006–2008). Úkoly spojené se specifikací požadavků železnice na Galileo SIS pro bezpečnostní aplikace jsou řešeny v rámci výzkumného projektu MD ČR s názvem **Certifikace satelitního navigačního signálu Galileo pro železniční telematické aplikace** (2007–2010). [11]

4.3 Požadavky a certifikace evropského navigačního systému

Zástupci evropských železnic a železničního průmyslu v minulých letech specifikovali základní požadavky na vlakový polohový lokátor založený na Globálním navigačním satelitním systému (GNSS) v rámci mezinárodních skupin expertů (GNSS Rail Advisory Forum v Bruselu v a UIC GALILEO Applications for Rail v Paříži v). Aby však bylo možné

využívat GNSS a zejména pak evropský navigační systém GALILEO v železničních telematických systémech včetně bezpečnostních aplikací, je nutné rovněž velmi jasně specifikovat, jaká měřítko kvality z hlediska železnice by měl systém GALILEO dosáhnout a garantovat. Teprve pomocí těchto měřítek bude možné provést řádnou analýzu spolehlivosti a bezpečnosti podle příslušných standardů. V současné době se řeší:

- jaké ukazatele kvality GNSS je třeba certifikovat
- jakým způsobem certifikovat
- určit železniční požadavky na signál lokálních prvků GNSS
- vypracování postupů možné certifikace a návrh standardů pro použití GNSS v železničních telematických aplikacích ve smyslu evropských norem

Současným problémem je, že odvození měřítek kvality satelitního signálu Globálních navigačních systémů (GPS/GNSS/GALILEO) což je přesnost, integrita, kontinuita, pohotovost, vychází zejména z letecké filozofie bezpečnosti pro jednotlivé fáze letu. Avšak tato avionická měřítko kvality SIS nekorespondují se železničními měřítky. [12]

4.4 Sledování vozidel a zásilek

Ke sledování polohy zásilky je možné využít dvě užitečné aplikace – **Centrální vozový informační systém (CEVIS)** a **Centrální nákladní pokladna (CNP)**. Hlavním úkolem aplikace CEVIS je evidence a sledování pohybu železničních nákladních vozů, zatímco CNP sleduje zásilky. Obě aplikace jsou poskytovány nákladní železniční dopravou ČD Cargo, a.s. Jsou schopny poskytovat externím uživatelům celou řadu informací. Přístup a uživatelské právo do systému může získat externí uživatel, jako např. přepravce, speditér, vlastník vozu apod. Informace lze získávat prostřednictvím www rozhraní nebo e-mailem. Přes www se pracuje pomocí dotazů, které mají různé parametry, jimiž lze zjistit, kde se zásilka právě nachází. Získávání informací přes e-mail a FTP probíhá prostřednictvím automatizovaných výstupů, například 1x denně.

Novinkou na trhu je systém POVOZ určený pro sledování vozidel a zásilek v dopravní síti představila na červnovém veletrhu Czech Raildays – Dny kolejové dopravy společnost ČD–Telematika. Systém je určen především pro dopravce, spediční firmy a výrobní podniky s velkým objemem dopravy.

V případě železniční dopravy systém dokáže sledovat hnací vozidlo, nákladní vůz či přímo zásilku. V kombinované dopravě umožňuje sledování kontejnerů, případně jiných intermodálních jednotek, v silniční dopravě sleduje pohyb kamionů. Sledování různých typů objektů přitom lze vzájemně kombinovat.

Dopravcům systém poskytuje informace o aktuálním pohybu vozidel a životním cyklu zásilky včetně interpretace pohybu objektů na mapovém podkladu. Díky tomu mají přehled o aktuálním stavu vozů ve své správě, o doběhu vozů či o možnostech jejich využití (podle stavu ložení a provozního stavu). Kromě toho si mohou zjistit historii pohybu vozů po síti včetně jejich využití, historii využití vlaků a pohybu zboží v režii dopravce a plánovat a optimalizovat vytížení vozidel do budoucna.

Vstupní informace lze do systému vkládat prostřednictvím zeměpisných souřadnic z modulů GPS/GSM vysílaných z vozidla nebo z objektu, kterému je toto zařízení přiřazeno. Mohou to být i technická stacionární zařízení, jako jsou zabezpečovací zařízení či různé druhy snímačů, informace technologického charakteru pořízené z mobilního terminálu umístěného na pracovišti strojvedoucího, řidiče nebo obslužného personálu pohybujícího se s objektem či manuálně pořízené informace v aplikacích, umístěných na stacionárních pracovištích podporujících technologické procesy v dopravě.

Systém POVOZ dopravcům nabízí ucelený informační servis, který splňuje podmínky interoperability, které jsou v současné době na nákladní železniční dopravu kladeny.

Společnost ČD-Telematika poskytuje telekomunikační služby, služby z oblasti informatiky a telekomunikační infrastruktury. Mezi její zákazníky patří zejména České dráhy, alternativní operátoři (GTS Novera, Tiscali či Contactel), poskytovatelé připojení k internetu či instituce státní správy a samosprávy. [13], [14]

4.5 Prvotní analýzy systému Galileo

V současné době je v celé Evropě řešena celá řada projektů zaměřené na využití systému Galileo v sektoru dopravy.

4.5.1 Dispečerské systémy

- Osobní dopravce (vlaky, vozy, soupravy)
- Integrované dopravní systémy - informace pro dispečerská pracoviště integrovaného dopravního systému (pro jednotlivé zúčastněné železniční, silniční, letecké a další dopravce)
- Nákladní dopravce
- Řízení provozu
 - o aplikace STOP (priorita přenosu informace)
- Integrovaný záchranný systém
- Diagnostika (vozidel a staveb tj. kolejnice, svršek – např. senzory na mostních konstrukcích)

4.5.2 Osobní doprava

Využití Galilea v osobní dopravě bude převážně informovat cestující. Zavedením **Centrálního informačního zařízení (CIZ)** se zlepší tato služba. Poskytuje aktuální dopravní informace a informace cestujícím. Zaslání aktuálních dopravních informací zákazníkům může být:

- na jejich vlastní komunikační prostředky – mobilní telefon, iPAQ, laptop apod. (není nutno mít ihned všechny informace a také jejich kontinuita nemusí být trvalá)
- informační zařízení v železničních stanicích a ve vlacích – je nutno zajistit, aby informace k dané dopravní jednotce byly přiřazeny vždy příslušnému dopravnímu uzlu podle časové posloupnosti a příslušné dopravní jednotce

Dalšími systémy pro usnadnění cestování jsou:

- Odbavovací systémy ve vlaku (terminál ve vlaku)
 - stacionární – prodejní automat nebo znehodnocovací zařízení
 - Tarifní odbavení (jednotné přepravní odbavení)
 - Validace jízdenky (čip, papír)
 - mobilní - POP
 - Tarifní odbavení (jednotné přepravní odbavení)
 - Validace jízdenky (čip, papír)

- Rezervační systémy – objednávka a prodej podle aktuální předpokládané časové polohy (místo prodeje podle pravidelného odjezdu) ve vlaku)

4.5.3 Nákladní doprava

- Dispečink nákladního dopravce
- Sledování vozů a zásilek – možnost sledování polohy zásilky zákazníkem (CPN)
- Informace zákazníkům – o poloze vozidla a zásilky
- Kontrola neporušenosti zásilky
- Zajištění plynulejšího přechodu zátěže v případě nepravidelností
- Optimalizace přechodu zátěže mezi vlaky a mezi železniční a silniční dopravou
- Sledování neprodyšnosti a nepropustnosti uzávěr vozu pomocí čidel (navíc při napojení na integrovaný záchranný systém IZS) v případě havárie přepravovaného zboží systém umožní rychlou lokalizaci místa havárie
- Sledování nebezpečného zboží a objektů kombinované dopravy pro odpovídající prevenci a pohotovost u složek IZS

4.5.4 Řízení provozu

- Řízení dopravy – (dispečink, ZZ, „aplikace STOP“)
- Mýto (výpočet poplatku za použití železniční dopravní cesty na základě ujeté vzdálenosti, po sjednané dopravní trase)
- Energetika (optimalizace spotřeby trakční energie a paliva při řízení provozu dispečerem, online elektrodispečer, offline elektrodispečer)
- Optimální využití hnacích vozidel
- Řízení dopravy pomocí polohy vlaku na tratích, kde není zabezpečovací zařízení

4.5.5 Dopravní cesta

Kartografie/geodézie – přesné zaměření objektů a prvků do katastrálních listů a mapových podkladů (tyto informace lze dále využít pro evidenci na železniční infrastruktuře).

4.5.6 Obsah popisu

- Jak často / frekvence informace
- V jaké kvalitě
 - On-line/off-line
 - Požadavek integrity (varování)
 - Dostupnost (Kontinuita) – Pravděpodobnost selhání/poruchy
 - Přesnost polohy
- Nejbližší přijímací objekt (Komunikační brána, odbavovací automat ...)
- Konečný přijímací objekt/systém (např. server) [15]

Závěr

Ke splnění všech základních parametrů v oblasti navigačních systémů, kterými jsou GPS, Glonass a současně vyvíjený evropský navigační systém Galileo, je nutné dodržovat bezpečnost, spolehlivost a dostupnost, které jsou kladené na moderní dopravní systémy po celém světě.

Dané téma bakalářské práce, které předkládám, je z pohledu dnešní složité situace v dopravě jedním z možných řešení k optimálnímu řízení jednotlivých doprav. Mezi které patří doprava silniční, železniční, letecká a námořní.

Dynamický rozvoj silniční dopravy a její hustota klade vysoké nároky na vznik nových aplikací uplatněné pro navádění vozidel a asistenci při řízení. Nástup navigačních systémů v železniční dopravě není tak razantní, z důvodu převažujícího dispečerského řízení. Nejdéle používaný navigační systém je v letecké dopravě, kde získal dominantní uplatnění při řízení letového provozu. Přínosem do námořní dopravy bude sledování polohy především soukromých plavidel. Pro snadnější orientaci a záchrannou službu.

V posledních několika letech se v Evropě uskutečnila řada projektů zaměřených na využití GNSS (Galileo) v železničních bezpečnostních aplikacích. Od roku 2005 významně přispívá v rámci UIC skupina expertů s názvem Galileo Applications for Rail.

Od systému Galileo se očekává, že bude součástí drážní dopravy na evropských koridorových tratích. Předpokládá se využití jak v osobní tak v nákladní dopravě. V osobní dopravě usnadní Galileo komunikaci mezi personálem a cestujícími, kterým poskytne aktuální dopravní informace. V nákladní dopravě bude hlavním kritériem sledování polohy vozidla a současně udávání informací o pohybu zásilky.

Součástí každé dopravy je napojení na integrovaný záchranný systém, který je bezprostředně informován o krizových situacích, které vzniknou při dopravních nehodách nebo mimořádných situacích.

Stále ještě není vyřešeno mnoho technických problémů, které by zajistily bezproblémový chod systému v extrémních situacích. S postupným vývojem materiálů a technologií budeme schopni vytvářet stále lepší podmínky pro uplatnění navigačního systému Galileo.

Použitá literatura

- [1] KOLÁŘ, Jan, ŠUNKEVIČ, Martin. Globální družicový navigační systém Galileo. In *ITT Praha Akademie kosmických technologií oblast Galileo, GMES*. Česká kosmická kancelář, 2008. s. 5-99.
- [2] ŠUNKEVIČ, Martin. *Česká kosmická kancelář* [online]. 2006 [cit. 2008-04-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.czechspace.cz/cs/galileo/technologie/sluzby>>.
- [3] ZÁRUBA, Igor. Navigace podle Galilea Galilei. *Ekonom* [online]. 2008 [cit. 2008-04-03]. Dostupný z WWW: <http://ekonom.ihned.cz/109-23757180-on-navigace+podle+galilea-400000_d-1c>.
- [4] TVRZSKÝ, Tomáš. Trendy ve využití navigačních technologií. In *NavAge 2006*. Konference, Praha s. 1-26.
- [5] PŘIBYL, Pavel, SVÍTEK, Miroslav. *Inteligentní Dopravní Systémy*. Praha: BEN - technická literatura, 2001. 550 s. ISBN 80-7300-029-6.
- [6] PÍCHL, Martin. Nové technologie v dopravě. *Doprava*. 2007, č. 1, s. 11-15.
- [7] JALOVECKÝ, Martin, ABRAHAM, Jan. *Navigace: Učební text pro teoretickou přípravu dopravních pilotů ATPL (A)*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2002. 190 s. ISBN 80-7204-246-7.
- [8] BŘEZINA, Edvard, ČECH, Radek. *Interoperabilita*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2007. 44 s. ISBN 978-80-7194-984-8.
- [9] *Moderní technologie a diagnostika v železniční telekomunikační a zabezpečovací technice*. Konference, 22. – 24. listopadu 2005. České Budějovice.
- [10] FILIP, Aleš. a kol. Využití satelitního navigačního systému Galileo na železnici. *Automa* [online]. 2002 [cit. 2008-05-17]. Dostupný z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28576>.
- [11] FILIP, Aleš, SUCHÁNEK, Jiří. Certifikace satelitního signálu Galileo pro železniční aplikace. In *Vědeckočeský sborník ČD*. 2006. s. 1-13.
- [12] KUČERA, Jiří. *Využití družicových navigačních systémů pro aplikace v železniční dopravě*. Pardubice, 2007. 58 s. Bakalářská práce (Bc.). Univerzita Pardubice. Fakulta dopravní Univerzity Pardubice.
- [13] *ČD Cargo* [online]. c2007 [cit. 2008-05-20]. Dostupný z WWW: <http://www.cdcargo.cz/wps/wcm/connect/cdcargo/cdCargo/Online/sledovani_polohy_zasilky>.

[14] KOPECKÝ, Martin. Sledování pohybu vozů a zásilek po dopravní síti. In *NavAge 2006*. 1. ročník mezinárodní konference o navigaci lokalizaci pohybu vozidel, osob a zboží v zemích Evropského společenství. Praha s. 1-5.

[15] SLADKÝ, Tomáš. Účast CD - Telematika a.s. v projektu GALILEO. *Telematika*. 2008, č. 1, s. 9-11.

Seznam tabulek

Tabulka 1 Porovnání parametrů systémů Glonass a GPS.....	14
Tabulka 2 Přesnost služeb systému Galileo.....	21
Tabulka 3 Financování systému Galileo.....	24

Seznam obrázků

Obr. 1 Družice navigačního systému GPS.....	10
Obr. 2 Rozmístění monitorovacích stanic.....	11
Obr. 3 Doplnění signálu o navigační systém Glonass.....	15
Obr. 4 Oblasti SBAS.....	15
Obr. 5 Oběžné dráhy družic.....	17
Obr. 6 Družice systému Galileo.....	18
Obr. 7 Přijímač navigačního signálu v automobilu.....	25
Obr. 8 Kroky bezpečnosti (eSafety).....	26
Obr. 9 Ukázka elektronického mýtného.....	29
Obr. 10 Jednotka OBU umístěná ve vozidle.....	31
Obr. 11 Interoperabilita v Evropě.....	38
Obr. 12 Stávající zabezpečovací zařízení.....	40
Obr. 13 Budoucí systém řízení a zabezpečení – ETCS.....	40
Obr. 14 Anténa zkušebního zařízení na lokomotivě.....	43

Seznam zkratek

ADAS	(Advanced Driving Assistance Systems)
APOLO	Projekt Evropské komise (Advanced Position Locator)
C/A-kód	Standardní kód signálu GPS přístupný všem uživatelům
CEVIS	Centrální vozový informační systém
CNP	Centrální nákladní pokladna
ČD	České dráhy, a.s.
EC	Evropská komise
EGNOS	Systém vylepšující vlastnosti GPS v Evropě (European Geostacionary Navigation Overlay Service)
ERTMS	Evropský zabezpečovací systém (European Railway Tradic management Systém)
ESA	Evropská kosmická agentura (European Space Agency)
ETSC	Evropský vlakový zabezpečovací systém
GLONASS	Ruský navigační systém
GNSS	Globální navigační satelitní systém (Global Navigation Satelite Systém)
GPS	Americký navigační systém
GSM-R	Komunikační systém pro hlasové i datové služby
P-kód	Chráněný kód (Protected-kód)
PPP	Partnerství mezi veřejným a soukromým sektorem (Public Priváte Partnership)
SBAS	Obecný název systému pro určení přesnější polohy
UIC	Mezinárodní železniční unie
WAAS	Název systému pro určení přesnější polohy v USA