

Využití systému GALILEO při pátrání po odcizených vozidlech

Use of the system GALILEO while searching for stolen vehicles

Václav Mahdal

Bakalářská práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav MAHDAL**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Využití systému GALILEO při pátrání po odcizených vozidlech**

Zásady pro vypracování:

Vytvořte informační manuál o možnostech vyhledávání a střežení vozidel pomocí systému Galileo.

1. Současný stav na trhu, systém GPS jeho výhody a nevýhody.
2. Popis systému Galileo a současný stav výstavby v Evropě.
3. Srovnání systémů GPS, Galileo a Glonass a předpokládaná vzájemná komunikace a využití v praxi.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. REISCHL, G. Sběratelé elektronických dat. 1. vyd. Praha: Knižní klub, 2001. 254 s. ISBN 80-242-0514-9.
2. Security magazín: Časopis pro vaši bezpečnost. 2005-2009. Praha: FAMILY media, s.r.o. ISSN 1210-8723.
3. LAUCKÝ, Vladimír. Technologie komerční bezpečnosti I. 3. vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, 2010. 81 s. ISBN 978-80-7318-889-4 (brož.)
4. LAUCKÝ, Vladimír. Technologie komerční bezpečnosti II. 2. vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, 2007. 103 s. ISBN 978-80-7318-631-9 (brož.)
5. LAUCKÝ, Vladimír. Řízení technologických procesů v průmyslu komerční bezpečnosti. 2. vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, 2006. 101 s. ISBN 80-7318-432-X (brož.)
6. LAUCKÝ, Vladimír. Speciální bezpečnostní technologie. 1. vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, 2009. 223 s. ISBN 978-80-7318-762-0 (brož.)
7. ŠUNKEVIČ, M., Systém Galileo, Česká kosmická kancelář, přístup z internetu: <http://www.czechspace.cz/cs/galileo>.
8. Globální družicový polohový systém, Wikipedie, internetová encyklopedie, přístup z internetu: <http://cs.wikipedia.org/wiki/GNSS>

Vedoucí bakalářské práce:

JUDr. Vladimír Laucký

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

19. února 2010

Termín odevzdání bakalářské práce:

19. května 2010

Ve Zlíně dne 19. února 2010

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na evropský navigační systém GALILEO. V úvodu se zabývám problematikou globálních družicových navigačních systémů, GNSS. Dále se zaměřuji na americký systém GPS, jeho současný stav na trhu, výhody a nevýhody, následně na samotný systém GALILEO vznikající v současné době v Evropě.

Stěžejní částí bakalářské práce je celkový popis systému GALILEO, historie vývoje systému, jeho současný stav výstavby v Evropě, technické aspekty týkající se kosmického i pozemního segmentu a služby, které bude nabízet uživatelům. Nastíněný je i vztah celého projektu k České republice a v neposlední řadě také aplikace GNSS systémů, kde se zaměřuji zejména na využití při pátrání po odcizených vozidlech.

Klíčová slova: GALILEO, GPS, GLONASS, GNSS

ABSTRACT

This bachelor thesis is focused on GALILEO European navigation system. I deal with questions of Global Navigation Satellite Systems (GNSS) in the first part of thesis. Next I focus on American GPS system, its present market status, advantages and disadvantages, and then on a GALILEO system which is evolved in Europe currently.

The main part of thesis is GALILEO system overall description, history of its development, its present status of building-up in Europe, cosmic and terrestrial segment technical aspects and also services, which will be offered to users. There is also outlined a relation of the whole project to the Czech Republic and last but not least GNSS systems application, where I particularly focus on its usage in searching for stolen vehicles.

Keywords: GALILEO, GPS, GLONASS, GNSS

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce JUDr. Vladimíru Lauckému za odbornou pomoc, vedení a poskytnutí potřebných informací při tvorbě bakalářské práce.

Dále pak panu Ing. Martinu Šunkevičovi a panu Ing. Karlu Dobešovi za poskytnuté informace týkající se projektu Galileo.

V neposlední řadě bych chtěl ještě poděkovat rodičům za morální a finanční podporu při studiu a své přítelkyni za pomoc a pochopení během celého tříletého studia na vysoké škole.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 GNSS SYSTÉMY	11
1.1 GPS.....	12
1.1.1 Historie.....	13
1.1.2 Popis systému.....	14
Kosmický segment.....	14
Řídící segment	15
Uživatelský segment	22
1.2 GLONASS.....	23
1.2.1 Historie.....	23
Sovětský svaz - SSSR	23
Rusko	24
1.2.2 Popis systému.....	25
Kosmický segment.....	25
Řídící a kontrolní segment.....	27
Uživatelský segment	28
2 GLOBÁLNÍ DRUŽICOVÝ NAVIGAČNÍ SYSTÉM GALILEO	30
2.1 KOMPONENTY SYSTÉMU.....	34
2.1.1 Globální složka.....	34
2.2 SLUŽBY POSKYTOVANÉ SYSTÉMEM GALILEO	39
2.2.1 Základní služba (Open Service, OS).....	39
2.2.2 Služba „kritická“ z hlediska bezpečnosti (Safety of Life service, SoL).....	40
2.2.3 Komerční služba (Commercial Service, CS)	40
2.2.4 Veřejně regulovaná služba (Public Regulated Service, PRS).....	41
2.2.5 Vyhledávací a záchranná služba (Search And Rescue service, SAR).....	41
3 GALILEO VS. ČESKÁ REPUBLIKA.....	43
3.1 SÍDLO GSA	44
3.1.1 Fotografie budovy – venkovní pohled.....	45
3.1.2 Fotografie budovy – interiér.....	46
3.1.3 Deset důvodů pro umístění GSA v Praze.....	47
II PRAKTICKÁ ČÁST	48
4 TECHNICKÝ POPIS SYSTÉMU GALILEO.....	49
4.1 EXPERIMENTÁLNÍ DRUŽICE GALILEO.....	49
4.1.1 Systém GIOVE.....	50
4.1.2 GIOVE-A	52
4.1.3 GIOVE-B.....	54
4.1.4 Družice GALILEO	57
4.1.5 Atomové hodiny družic Galileo	62

5	PRINCIP URČOVÁNÍ POLOHY GNSS.....	65
5.1	DRUŽICOVÝ SIGNÁL SYSTÉMU GPS	65
5.2	VÝPOČET POLOHY PŘIJÍMAČE POMOCÍ KÓDOVÉHO PŘÍSTUPU	66
5.2.1	Princip výpočtu	66
5.2.2	Další systematické chyby ovlivňující měření GPS.....	69
5.3	MULTILATERACE.....	70
5.3.1	Princip fungování	70
5.3.2	Určení polohy přijímače pomocí vysílacích stanic (opačný případ)	72
5.3.3	Přesnost multilaterace	72
5.4	TRILATERACE.....	72
5.4.1	Chybový model	73
5.4.2	Postup výpočtu pozice pomocí trilaterace.....	74
6	GNSS APLIKACE.....	75
6.1	APLIKACE V SILNIČNÍ DOPRAVĚ.....	77
6.1.1	Navigace.....	77
6.1.2	Sřežení a vyhledávání odcizených vozidel.....	78
6.1.3	Sledování dopravy.....	83
6.1.4	Správa vozového parku (Fleet management)	83
6.1.5	Pohotovostní a záchranné služby	84
6.1.6	Inteligentní systémy pro asistenci při řízení	84
6.1.7	Systém výběru mýtného	84
6.2	APLIKACE V BEZPEČNOSTNÍM PRŮMYSLU.....	86
6.2.1	Přeprava peněz a cenností	86
6.2.2	Řízení záchranných prací při mimořádných událostech.....	88
6.2.3	Bezpečnost na železnici	90
6.2.4	Bezpečnost v letecké dopravě	90
6.2.5	Bezpečnost v námořní a říční dopravě	90
6.3	OSTATNÍ APLIKACE.....	92
6.3.1	Městská hromadná doprava.....	92
6.3.2	Energetický průmysl.....	92
6.3.3	Zemědělství	93
6.3.4	Civilní ochrana	94
6.3.5	Životní prostředí.....	94
6.3.6	Stavebnictví.....	95
	ZÁVĚR	97
	CONCLUSION	98
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	99
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	103
	SEZNAM OBRÁZKŮ	106
	SEZNAM TABULEK.....	108

ÚVOD

Potřeba chránit svůj majetek je jednou z priorit každého člověka. Zvětšující se objem a cena tohoto majetku s sebou nese vyšší míru zodpovědnosti vyplývající z nároků na jeho ochranu. Zabezpečení vozidla tak není jen možností, o kterou by se měl jeho majitel zajímat, ale nedílnou součástí ochrany majetku. Mnoho okolních vlivů může v majiteli vzbudit nedůvěru a vytvořit tak v jeho mysli budoucí pocit hrozby. Nástrojem pro minimalizaci takových pocitů v automobilovém průmyslu je satelitní zabezpečení vozidel, které se v současné době stále více používá, jelikož vyhledávání vozidel pomocí GNSS systémů zůstává neúčinnější a nejspolehlivější metodou.

V Evropské unii je každý rok odcizeno přes 500 000 vozidel, přičemž Česká republika se na tomto počtu podílí 13 954 vozy. V sektoru vyhledávání a střežení vozidel působí na území ČR pouze systém GPS. Tento stav by se měl změnit po zavedení systému Galileo, který se tímto sektorem zabývá.

Jelikož americká armáda může systém GPS kdykoliv odstavit a používat jen pro své vlastní účely, rozhodla se Evropská unie roku 1999 pro vytvoření vlastního globálního družicového navigačního systému s názvem Galileo. Ten má být jedinečný ve dvou ohledech, a to z hlediska velikosti a technické vybavenosti.

V teoretické části bakalářské práce se zabývám popisem světových navigačních systémů GPS a GLONASS. Dále se zaměřuji na podrobný popis samotného systému Galileo – komponenty systému, služby poskytované systémem Galileo a jeho vztahem k České republice. V praktické části je detailně rozebráno technické řešení celého systému včetně jeho experimentálních družic a princip určování polohy GNSS.

Cílem bakalářské práce je seznámit čtenáře s jednotlivými aplikacemi GNSS systémů a to především v oblasti střežení a vyhledávání odcizených vozidel.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 GNSS SYSTÉMY

GNSS (Global Navigation Satellite System) v překladu znamená globální družicový polohový systém a je to služba umožňující pomocí družic prostorové určování polohy s celosvětovým pokrytím. Uživatelé je služba využívána pro přesné určení polohy, která je určena na základě odeslaných signálů z družic, a to s přesností na desítky až jednotky metrů. Signál uživatelé přijímají pomocí malých radiových přijímačů. Ve speciálních vědeckých aplikacích nebo ve vojenském sektoru může být poloha určena s přesností několika centimetrů či milimetrů. [11]

GNSS systémy jsou v dnešní době využívány ve všech směrech a napomáhají několika desítkám miliónů uživatelů. Ať už se jedná o pomoc na cestách či využití ve stavebnictví.

GNSS systémy jsou a budou součástí našeho života, ať už je využíváme aktivně a cíleně nebo pasivně a nevědomky. Lidé mnohdy znají svůj cíl, ale nevědí, kudy za ním jít. Existuje mnoho cest, které se od sebe odlišují délkou, bezpečností, časem, který musíme vynaložit pro to, abychom se dostali k cíli. Ale kterou cestou se vydat? Za účelem zodpovězení této otázky GNSS vznikly.

Jelikož nejsou GNSS systémy žádnou novinkou uvedme si zástupce využívající tuto službu. Přehled je znázorněn v následující tabulce:

Tabulka 1 Přehled GNSS¹

název	výchozí princip měření	stát	vypouštění družic	počet družic polární dráha + záloha (geostacionární)		inklinace	počet orbit. drah	výška orbitu [km]	doba oběhu [hh:mm]
				plánovaný	ve službě				
Transit	doppler.	USA	1959-1988	3+3	0	67°	3	1100 LEO	01:46
Praus	doppler.	SSSR	1967	6	6	83°	6	730-960 LEO	01:45
Cikada	doppler.	SSSR	1974-1995	4	0	83°	4	965 LEO	01:45
Navstar GPS	kódové	USA	1978	24+3	31	55°	6	20200 MEO	11:58
Glonass	kódové	Rusko	1982	24	20	65°	3	19100 MEO	11:15
Doris	doppler.	Francie	1990	-	6	35-66-99°	-	560-825-1340 LEO	01:41
Galileo	kódové	EU	2006	27+3	2	56°	3	23200 MEO	14:05
Compass	kódové	Čína	2007	24(3)	1(4)	55°	3	21500 MEO	12:50

¹ Zdroj: http://cs.wikipedia.org/wiki/Globální_družicový_polohový_systém

1.1 GPS

Globální polohový systém (Global Positioning System, GPS) je v současnosti jediný družicový systém, který je plně funkční. Na střední oběžné dráze (Medium Earth Orbit, MEO) obíhá více než 24 družic GPS. Družice vysílají signály umožňující GPS přijímačům určit jejich polohu, rychlost a směr pohybu.

V roce 1978 byla vypuštěna první experimentální družice a ihned po té se stal GPS nepostradatelnou součástí pro navigaci na celém světě. Své uplatnění našel hlavně v oblasti zemědělství a stal se důležitým prvkem pro tvorbu map. Díky přesným atomovým hodinám je GPS využíváno ve vědeckém sektoru při měření zemětřesení či synchronizaci telekomunikačních sítí. Počáteční operační dostupnost byla vyhlášena 8. prosince 1993 a jako plně funkční se systém představil po celém světě dne 17. ledna 1994. Téměř po šesti letech byla sestava 24³ družic kompletní.

U zrodu systému stálo Ministerstvo obrany Spojených Států Amerických (United States Department of Defense) a dostal oficiální název NAVSTAR GPS (NAVigation Signal Timing And Ranging Global Positioning System). Celý družicový systém je udržován a řízen padesátým „vesmírným“ oddílem vzdušných sil Spojených Států Amerických (50th Space Wing of the United States Air Force). Údržba systému (včetně nákladů na výměnu starých družic či vyslání nových družic na střední oběžnou dráhu) stojí USA ročně přes miliardu² dolarů i přes civilní používání, které je zcela zdarma.

² 15. března 2010 byl přesný počet funkčních družic 30 a to zejména díky jejich delší životnosti než bylo původně plánováno. V prosinci 2009 byl počet funkčních družic 32 a po odstranění dvou družic ve dnech 18. a 24. února 2010 z důvodu výpadku se jejich počet ustálil na zmiňovaném počtu 30-ti družic. Zdroj: <http://www.navcen.uscg.gov/navinfo/Gps/ActiveNanu.aspx>

³ Návrh rozpočtu systému GPS na rok 2010 činí 927,8 milionů dolarů. V této částce jsou zahrnuty náklady na vývoj třetí generace družic a nového řídicího pozemního segmentu. Zdroj: <http://www.insidegnss.com/node/1512>.

1.1.1 Historie

GPS je částečně odvozena od několika pozemních radiových navigačních systémů. Příkladem takového systému je LORAN, který vznikl ve čtyřicátých letech 20. století a byl plně využíván během druhé světové války.

V roce 1957 vypustil tehdejší Sovětský svaz SPUTNIK, což se stalo další inspirací pro vývoj systému GPS. Několik amerických vědců, vedených Dr. Richardem B. Kershnerem, monitorovalo radiové vysílání Sputniku. Zjistili, že díky Dopplerově efektu při přibližování Sputniku byla frekvence vysílaného signálu vyšší, a naopak při jeho oddalování byla frekvence nižší. To je přivedlo k myšlence, že při znalosti přesné polohy na Zemi mohli určit přesnou polohu Sputniku na jeho oběžné dráze za pomoci frekvenční změny.

Prvním úspěšně otestovaným družicovým systémem se stal v roce 1960 systém *Transit*, který využívalo zejména námořnictvo Spojených Států. Systém se skládal z pěti družic a polohu byl schopen určit jednou za hodinu. Systém GPS je založen na přesném určování času. Proto v roce 1967 vyvinulo Námořnictvo Spojených Států družici *Timation*, která jako první svého druhu nesla do vesmíru přesné hodiny. Další systém, který byl vyvinut v sedmdesátých letech 20. století byl pozemní navigační systém *Omega*, založený na porovnávání fází signálu. Systém *Omega* byl prvním celosvětovým radiovým navigačním systémem.



Obrázek 1 Oficiální logo systému
NAVSTAR GPS⁴

⁴ Zdroj: http://www.spaceandtech.com/spacedata/constellations/navstar-gps_cons

V únoru roku 1978 byla vypuštěna první družice GPS. Jednalo se o experimentální družici Bloku I (Block-I GPS), kterou vyrobil americký výrobní konglomerát společnost Rockwell International. V současné době vyrábí družice GPS společnost Lockheed Martin (Maryland, USA)⁵.

1.1.2 Popis systému

System GPS můžeme v současné době rozdělit na tři hlavní části, kterými jsou: kosmický segment (Space Segment, SS), řídicí segment (Control Segment, CS) a uživatelský segment (User Segment, US).

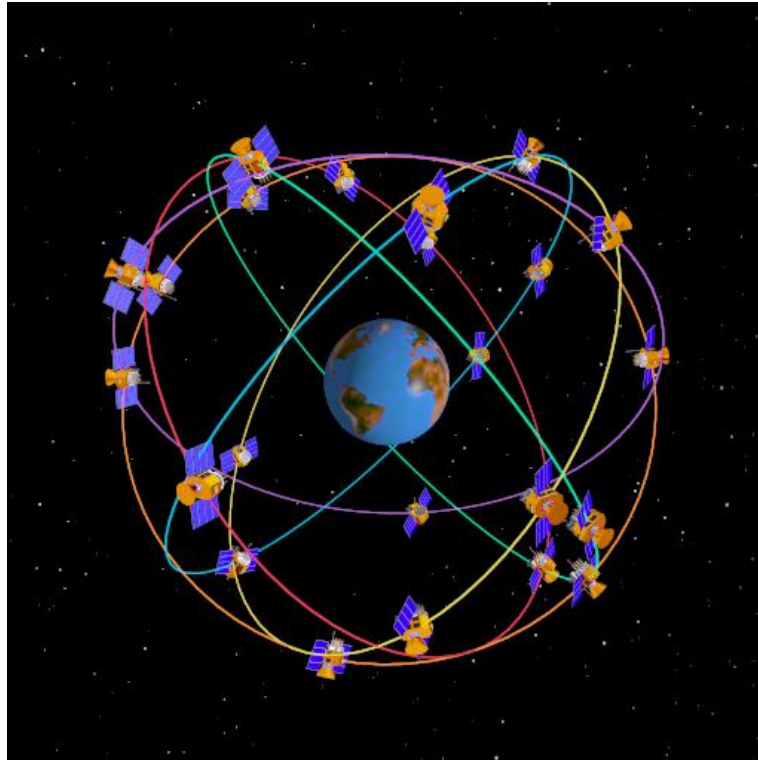
Kosmický segment

Kosmický segment tvoří družice GPS. Kolem Země je rozloženo šest oběžných rovin, které jsou k sobě posunuty o 60° a na kterých je rovnoměrně rozloženo 24 družic. Roviny mají přibližný sklon k rovníku 55° .

Výška oběžné roviny vzhledem k Zemi je přibližně 11 000 námořních mil (20 000 kilometrů). Každá z družic oběhne Zemi dvakrát za hvězdný den. Nad stejným místem tedy přeletí jednou za den (oběžná doba družice je rovna 11 hodinám a 58 minutám, to znamená, že z jednoho místa na Zemi pozorovatel uvidí družici vycházet vždy o 4 minuty dříve). Trajektorie družic je navržena tak, aby z kteréhokoliv místa na Zemi bylo vidět vždy alespoň šest družic.

V březnu 2010 bylo v systému GPS 28 aktivně vysílajících GPS družic. Pro stálý a plynulý chod je zapotřebí 24 družic. Doplnkové družice zvyšují přesnost výpočtů díky poskytnutí nadbytečných měření. Konstelace rozestavení se změnila na nesouměrné, ale při výpadku nebo selhání některé z družic je družice nahrazena doplnkovou „extra“ družicí a systém je stále plně funkční. Tím je dosaženo vysoké spolehlivosti a dostupnosti systému. [26]

⁵ Zdroj: http://en.wikipedia.org/wiki/Lockheed_martin



Obrázek 2 Rozmístění orbitálních drah systému GPS⁶

Řídící segment

Řídící segment se skládá z několika pozemních monitorovacích stanic, které sledují dráhu letu GPS družic.

Nachází se v lokalitách:

1. Havajské ostrovy (Tichý oceán)
2. Kwajalein (Tichý oceán, Marshallovy ostrovy)
3. Ascension (Atlantský oceán)
4. Diego Garcia (Indický oceán)
5. Colorado Springs (Colorado, USA)

⁶Zdroj: <http://www.kosmo.cz/modules.php?op=modload&name=kosmo&file=article&sid=1025>

Ad 1. Havajské ostrovy

Obrázek 3 Keana point – satelitní stanice GPS na ostrově Oahu (Hawai)⁷

Keana point je vzdálená sledovací stanice letectva USA, která je zodpovědná za sledování družic na oběžné dráze. Příjem, zpracování dat a ovládání satelitů je prováděno zasláním příkazů. Stanice byla otevřena v roce 1959.

Přesná poloha: 21° 33' 36.99" N 158° 14' 14.85" W



Obrázek 4 Letecký pohled na monitorovací stanici⁸

^{7,8} Zdroj: Google Earth

Ad 2. Kwajalein Atoll

Obrázek 5 Pohled na ostrov Kwajalein Atoll⁹

Atol leží v řetězci Ralik, 2100 námořních mil (3900 km) jihozápadně od Honolulu (Havaj).

Přesná poloha: 8 ° 43'N 167 ° 44'E / 8.717 ° s. š. 167,733 ° E / 8.717, 167,733.



Obrázek 6 Umístění monitorovací stanice GPS – Kwajalein Atoll¹⁰

^{9,10} Zdroj: Google Earth

Ad 3. Ascension

Obrázek 7 Umístění monitorovací stanice GPS – Ascension¹¹

Ostrov Ascension je izolovaný ostrov sopečného původu v rovníkových vodách jižního Atlantiku, asi 1600 km (994 mil) od pobřeží Afriky a 2250 km (1398 mil) od pobřeží Jižní Ameriky. Je politicky organizován a řízen jako součást britského zámořského území Svata Helena. Ostrov je pojmenovaný po dni jeho zaznamenaného objevu, Nanebevstoupení Páně a jeho přesná poloha je: $7^{\circ} 56'S$ $14^{\circ} 22'W$ / $7,933^{\circ} S$ $14,367^{\circ} W$ / $-7,933;-14.367$



Obrázek 8 Pohled na ostrov Ascension¹²

^{11,12} Zdroj: Google Earth

Ad 4. Diego García

Obrázek 9 Umístění monitorovací stanice GPS – Diego García¹³

Diego García je korálový atol a největší ostrov z hlediska rozlohy ze souostroví Chagos. Je součástí britského indického oceánského území. Ostrov leží v Indickém oceánu, asi 1600 km (1000 mil) na jih od jižního pobřeží Indie. Nejbližší další země od Diego García je Srí Lanka a Maledivy.



Obrázek 10 Letecký pohled na ostrov Diego García¹⁴

^{13,14} Zdroj: Google Earth

Ad 5. Colorado springs

Obrázek 11 Hlavní řídicí středisko systému GPS – Colorado springs (Schriever Air Force Base (Schriever AFB))¹⁵

Schriever Air Force Base (AFB Schriever) je základna Spojených států amerických - leteckých sil a nachází se asi 10 mil (16 kilometrů) východně od Peterson AFB nedaleko Colorado Springs. Základna byla pojmenována na počest generála Bernarda Adolpha Schriever, který byl průkopníkem vývoje balistických raketových programů. Na základně je také umístěna protiraketová obrana. Schriever AFB je hlavní kontrolní bod pro systém GPS.



Obrázek 12 Umístění monitorovací stanice GPS – Colorado springs, Colorado¹⁶

^{15,16} Zdroj: Google Earth

Hlavní řídicí stanice, která se nachází na letecké základně Schriever (Schriever Air Force Base) v Colorado Springs (Colorado) zpracovává veškerá sledovací data (tracking information). Celá základna je řízena leteckými silami Spojených států a to konkrétně druhou „vesmírnou řídicí“ skupinou (2nd space Operations Squadron, 2nd SOPS). 2nd SOPS pravidelně aktualizuje navigační data každé družice pomocí pozemních antén, které se nacházejí na každé pozemní monitorovací stanici mimo Havajských ostrovů. Pomocí antén dochází k synchronizaci atomových hodin s přesností nepřesahující jednu mikrosekundu. Upravují družicové efemeridy (předpovězené polohy družic na oběžných drahách), které jsou následně vysílány jednotlivými družicemi.



Obrázek 13 Družice GPS¹⁷

¹⁷ Zdroj: <http://www.extr navigace.cz/jak-funguje-gps?page0%2C0>

Uživatelský segment

Uživatelský segment celého systému GPS tvoří GPS přijímače jednotlivých uživatelů. Obecně se přijímač GPS skládá z:

- antény („naleděna“ na frekvence vysílané družicemi),
- procesoru přijímače,
- vysoce stabilních hodin (ve většině případů je součástí hodin pasivní elektronická součástka zvaná krystal),
- displeje (nemusejí být vždy součástí přijímače), který zobrazuje jednotlivé údaje získané z družice (čas, poloha, rychlost, ...).

GPS přijímače se od sebe liší počtem kanálů, které jsou schopny najednou přijímat od družice. Dříve se využívaly přijímače s kapacitou 4 až 5 kanálů. V současné době se počet kanálů zvýšil na standardních 12 až 20 kanálů.

Dalšími součástmi GPS přijímačů mohou být doplňková zařízení například pro přenos dat do PC, pro spojení s mobilním telefonem (Bluetooth) nebo pro příjem diferenciálních korekcí.



Obrázek 14 Uživatelské přijímače GPS¹⁸

¹⁸ Zdroj: <http://www.navigacegps.cz/>

1.2 GLONASS

GLONASS (rusky: ГЛОНАСС - ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система, přepis do latinky: Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema, česky: GLOBální NAVigační Satelitní Systém) je dalším z radiových družicových navigačních systémů provozovaný dříve Sovětským svazem, nyní Ruskem, a to konkrétně ruskou vládou skrze Úřad ruských vojenských vesmírných sil. GLONASS je obdobným systémem, jako je americký systém GPS.



Obrázek 15 Oficiální logo systému GLONASS¹⁹

1.2.1 Historie

Sovětský svaz - SSSR

První plány pro vývoj systému GLONASS byly schváleny v prosinci 1976 rozhodnutím ústředního výboru komunistické strany Sovětského svazu a radou ministrů SSSR. Družice byly pojmenovány jednotně názvem Uragan. Následovalo číslo nebo zkratka GVM (rusky: габаритно-весовой макет, Gabaritno-Vesovoj Maket), pokud se jednalo o testovací družice. Všechny družice systému GLONASS byly vypuštěny z kosmodromu Bajkonur. První provozní družice se společně s dvěma testovacími družicemi dostaly na oběžnou dráhu 12. října 1982. Do roku 1991 bylo Sovětským svazem vypuštěno celkem 44 provozních a 8 testovacích družic systému GLONASS. V roce 1991 bylo ve dvou rovinách na oběžné dráze dvanáct družic, což bylo dostačující pro částečně omezený provoz celého systému.

¹⁹ Zdroj: <http://www.how-gps-works.com/glossary/glonass.shtml>

Rusko

Po rozpadu Sovětského svazu byl vývoj systému GLONASS převzat nástupnickým Ruskem. Plná provozuschopnost systému byla plánována na rok 1991. Dne 24. září 1993 bylo oznámeno, že je systém kompletní. To se ovšem lišilo od pravdy. Kompletní konstelace systému byla dokončena až koncem roku 1995. V roce 2002 Rusko procházelo ekonomickou krizí a pro provoz systému nebyly příhodné podmínky. Proto bylo v dubnu 2002 v provozu pouze 8 družic, což je pro globální navigační systém zcela nedostačující. 20. srpna 2001 se celá situace změnila díky programu „Globální navigační systém“, který byl schválen ruskou vládou. Podle programu by měl být systém (tzn. 24 družic) plně funkční do roku 2011, ovšem díky velkému úsilí a tlaku ze strany prezidenta bude možná kompletní už v letošním roce. Situace se vyvíjela pro systém dobře. 31. prosince 2006 obíhalo na oběžné dráze 16 družic, z toho 6 bylo dočasně vypnutých. Další tři družice byly vyneseny už o šest dní dříve, a to 25. prosince 2006 (nezahrnutý v celkovém počtu). V současné době už by měly být plně aktivní.

Dne 16. března 2010 bylo na oběžné dráze 23²⁰ družic z toho tři ve stavu uvedení do provozu a jedna ve stavu údržby. V současné době se připravuje další již třetí generace družic se sníženou provozní hmotností a delší životností (10 – 12 let) s označením Uragan-K. Hmotnost byla oproti předešlému modelu Uragan-M (životnost 7 let) snížena téměř o polovinu, což má za následek snížení provozních nákladů, protože pro její dopravu na oběžnou dráhu bude zapotřebí menší množství paliva (menší nosné rakety). Podle ředitele Ruské kosmické agentury Anatolije Nikolajeviče Perminova by měl být počet družic v roce 2011 zvýšen na třicet.

Dostupnost systému GLONASS v Rusku byla 33,3% a ve světě 27,2%. To znamená, že alespoň 4 družice jsou viditelné 27,2% části dne kdekoli na Zemi. Vzhledem k tomu, že provozuschopných družic je pouze 10 z 24, není tato hodnota špatná.

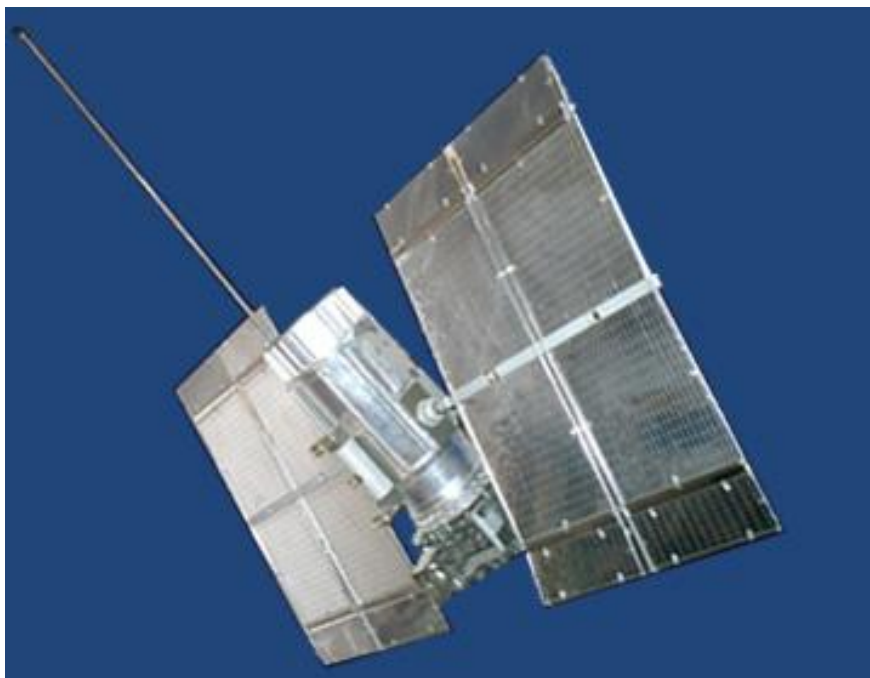
²⁰ Informace z webových stránek Ruské kosmické agentury: <http://www.glonass-ianc.rsa.ru>.

1.2.2 Popis systému

Charakteristickým znakem systému GLONASS, díky kterému se liší od amerického systému GPS, je rozmístění družic. GLONASS využívá tzv. neidentické²¹ opakování oproti GPS, kde dochází k identickému²² opakování. [26]

Kosmický segment

Kosmický segment systému GLONASS je projektován na 24 družic obíhajících ve výšce přibližně 19 100 km (GPS družice ve výšce cca 20 000) nad povrchem Země. Systém se skládá z 3 kruhových drah se sklonem 65°.



Obrázek 16 Družice systému GLONASS-M²³

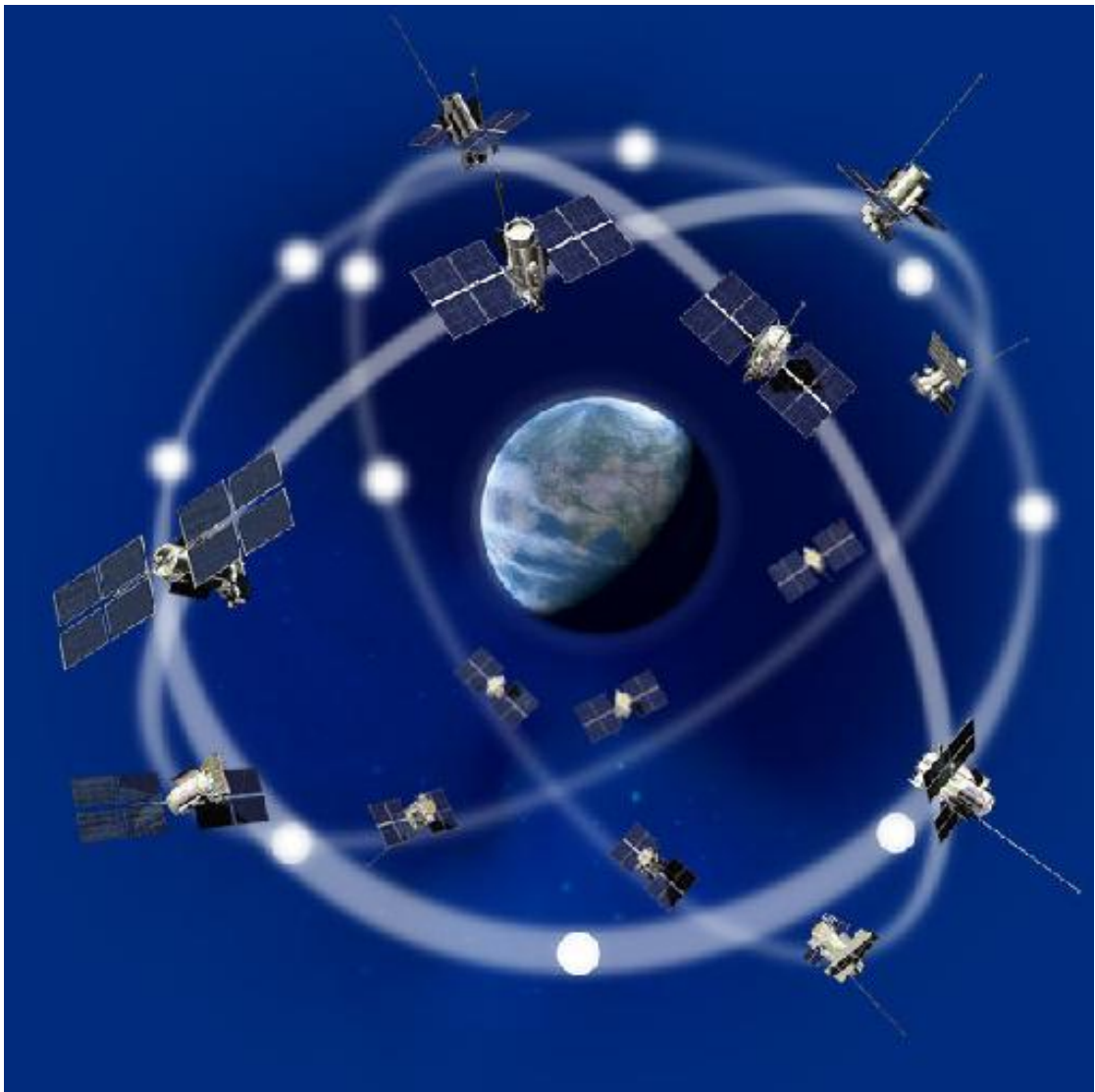
²¹ Neidentické opakování (non-identical repeat) – po každé „orbitální“ rovině obíhá 8 družic, kde po jednom hvězdném dni zaujme družice stejné místo jako družice předchozí.

²² Identické opakování (identical repeat) – jednotlivé družice oběhnou během hvězdného dne celou „orbitální“ rovinu a zaujmou opět své předchozí místo.

²³ Zdroj: <http://www.pryroda.gov.ua/en/index.php?newsid=5001433>

Dráhy jsou oproti sobě posunuty o 120° (GPS – 6 drah, 60°) a na každé dráze je 8 symetrických pozic pro jednotlivé družice, které jsou vzájemně posunuty o 45° . Jednotlivé dráhy jsou číslovány [10]:

- Dráha 1: družice 1-8
- Dráha 2: družice 9-16
- Dráha 3: družice 17-24



Obrázek 17 Rozmístění orbitálních drah systému GLONASS²⁴

²⁴ Zdroj: <http://popnano.ru/images/news/glonass.jpg>

Družice Uragan vysílají dva druhy signálů:

- Standardní přesnost (standard precision, SP),
- Vysoká přesnost (high precision, HP).

Signál se standardní přesností (SP) pracuje na frekvenci L1, která využívá schéma FDMA²⁵ (Frequency Division Multiple Access scheme). To znamená, že každá družice má svoji nosnou vysílací frekvenci. [26]

Řídící a kontrolní segment

Řídící segment systému GLONASS se skládá ze čtyř částí:

- **řídící středisko** (SCC, System Control Center) Krasnoznamjorsk (SCC, MS),
- **3 rozšířené stanice** (SLR, Satellite Laser Ranging; ULS, Uplink Station; CC, Control Center) Schelkovo (MS, TT&C, ULS, CC, SLR), Jenisejsk (MS, TT&C, ULS), Komsomolsk na Amuru (MS, TT&C, ULS, CC, SLR),
- **5 povelových stanic** (TT&C; Telemetry, Tracking and Command/Communication; telemetrie, sledování a povely) Petrohrad, Ussuriysk a výše uvedené Schelkovo, Jenisejsk, Komsomolsk na Amuru,
- **10 monitorovacích stanic** (MS, Monitor Station) Murmansk, Vorkuta, Jakutsk, Ulan-Ude, Nurek (Tádžikistán), Zelenchuk a výše uvedené Krasnoznamjorsk, Schelkovo, Jenisejsk, Komsomolsk na Amuru.

Celý kosmický segment je monitorován řídicím a kontrolním segmentem. Tento segment také provádí manévry s družicemi, zasílá povely družicím a udržuje přesnost atomových hodin. Každé monitorování jednotlivé družice má výstup ve formě navigační zprávy, jejíž platnost se počítá řádově na několik hodin.

²⁵ FDMA – je přidělená frekvence rozdělena do pásem a každé z nich je přiřazeno určité stanici (družici). Potom tedy platí, že $L1=1602 \text{ MHz} + 0,5625n \text{ MHz}$, kde n je číslo frekvenčního kanálu družice ($n=0,1,2\dots$).
Zdroj: <http://www.czechspace.cz/cs/galileo/aktuality-GPS-Glonass/GLONASS>

Součástí výstupní monitorovací zprávy je:

- rychlost, zrychlení a pozice družice (souřadnice ECEF),
- korekce atomových hodin,
- přibližná pozice ostatních družic, jejich používané frekvence a „zdravotní stav“.

Téměř celý pozemní segment systému GLONASS se nachází na území Ruské federace. Z toho vyplývá, že monitorování vesmírného segmentu může být prováděno pouze v určitém časovém úseku (omezení). Komunikace mezi uživateli probíhá prostřednictvím zpráv NAGU (Notice Advisory to GLONASS Users). Zde jsou zveřejňovány plánované odstávky družic, jejich uvedení do provozu, stažení z provozu atd.

Uživatelský segment

Každý uživatel systému GLONASS přijímá signál z jednotlivých družic pomocí pasivního (komunikace mezi uživatelem a družicí probíhá pouze ve směru od družice) přijímače. Funkce je obdobná jako u systému GPS. Na základě přijatých dat a parametrů, které jsou předem definované, přístroj vypočítá nadmořskou výšku, polohu antény a zobrazí přesné datum a čas.



Obrázek 18 Vojenský ruční kombinovaný přijímač GLONASS/GPS využívající metod kódového měření²⁶

²⁶ Zdroj: <http://www.iphones.ru/tag/gps>

V Evropě se bouří především uživatelé z řad geodetů a vědeckých pracovníků, protože využití systému pro civilní použití není rozšířené a nemohou tento systém využívat naplno. Využití systému GLONASS můžeme rozdělit do dvou uživatelských skupin:

- autorizovaní uživatelé (jedná se především o vojenský sektor a vládní instituce využívající službu High Positioning, HP. Tato služba zajišťuje vysokou přesnost systému),
- ostatní uživatelé (jedná se především o civilní sektor využívající Standard Positioning, SP).

Bezplatné používání systému GLONASS v civilním (nevojenském) použití bylo oficiálně schváleno až 18. května 2007 bývalým prezidentem Ruské federace Vladimírem Putinem.

[10]



Obrázek 19 Vojenské využití systému GLONASS²⁷

²⁷ Systém GLONASS je využíván zejména ve vojensktví. Pro navigaci bojových letounů a ostatní vojenské techniky. Na obrázku je vidět funkční panel sovětského (ruského) bitevního vrtulníku Kamov Ka-50. Zdroj: obrázku: http://www.digitalcombatsimulator.com/index.php?end_pos=950

2 Globální družicový navigační systém GALILEO

Systém GALILEO je globální družicový navigační systém, který bude plně vyvinut a provozován evropskými organizacemi a jeho uvedení do provozu je plánováno na rok 2014. Bude pracovat na stejném principu jako americký systém GPS a ruský GLONASS. Tyto systémy by se měly navzájem doplňovat a spolupracovat. Oba současně fungující systémy jsou vytvořeny pro vojenské účely a ani jedna země negarantuje, že v případě potřeby signály ze svých družic pro uživatelský segment nevypne. Pokud by navigační systémy byly využívány v dopravních službách, mělo by vypnutí signálu družic nebezpečný dopad pro jejich uživatele. [39]

Galileo má poskytovat velmi přesné, garantované globální poziční služby pod civilní kontrolou. Zároveň bude poskytovat autonomní navigační a lokalizační služby. Plně zavedený systém Galileo bude složen z 30 družic a s nimi související pozemní infrastruktury. [7]

Systém Galileo je prvním společným projektem Evropské unie, kterou reprezentuje Evropská komise (European Commission, EC²⁸) a Evropskou kosmickou agenturou (European Space Agency, ESA²⁹). Evropský program byl oficiálně zahájen 19. 7. 1999. Dalšími angažovanými v projektu jsou Evropský úřad pro dohled nad GNSS (GNSS Supervisory Authority, GSA³⁰) a „Společný podnik Galileo“ (Galileo Joint Undertaking, GJU³¹). [26]

²⁸ EC - European Commission - Directorate-General Energy and Transport (Evropská Komise - Generální ředitelství pro dopravu a energetiku) – podporuje projekt z hlediska právního, institucionálního, certifikačního a standardizačního. Nese plnou politickou odpovědnost za projekt a jejím úkolem je stanovení klíčových požadavků na systém.

²⁹ European Space Agency (Evropská kosmická agentura) – je zodpovědná za přesnou definici technických parametrů systému, jeho vývoj, výrobu, testování funkce pozemní i vesmírné části systému a technologie potřebné pro přijímače celého systému.

³⁰ GNSS Supervisory Authority (Evropský úřad pro dohled nad GNSS) – zajišťuje správu veřejného zájmu ve vztahu k evropským družicovým navigačním programům EGNOS (podporuje a vylepšuje americký systém GPS v Evropě) a Galileu. Je také regulačním orgánem pro zaváděcí a provozní fáze programu Galileo.

³¹ Podnik byl vytvořen za účelem dokončení hlavní vývojové fáze programu, která trvala v letech 2002-2006. K 31. 12. 2006 byla činnost tohoto podniku ukončena.



Obrázek 20 Logo navigačního systému Galileo³²

19. července 1999³³ schválila rada Evropské unie vybudování systému Galileo a zanedlouho poté byly zveřejněny čtyři fáze budování systému. Počet, náplň ani názvy jednotlivých fází se nezměnily od prvopočátku let až do současnosti:

1) *definiční fáze* (definitiv phase)

- návrh technických parametrů a definice nabízených služeb

2) *fáze vývoje a hodnocení* (development and in-orbit validation phase, IOV)

- vývoj 2 experimentálních a 4 operačních družic, vybudování základní části pozemního segmentu.

3) *fáze rozmístění* (deployment phase, FOC – Full Operational Capability)

- výstavba a vypuštění zbylých 26 družic na oběžnou dráhu, dokončení budování pozemní infrastruktury

4) *provozní fáze* (commercial phase)

- správa systému Galileo, jeho údržba a modernizace

³² Zdroj: <http://www.insidegnss.com/node/811>

³³ Zdroj: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:1999:221:0001:0003:EN:PDF>

System Galileo bude tvořen třemi segmenty (totožné jako u amerického systému GPS a ruského systému GLONASS):

- vesmírný segment (družice Galileo, viz kapitola 2.1.1),
- pozemní segment (tři řídicí centra, globální síť vysílajících a přijímajících stanic, viz kapitola 2.1.1),
- uživatelský segment (přijímače uživatelů).

Kompletní systém Galileo bude složen z 30 družic, které budou obíhat ve třech rovinách ve výšce cca 23 200 km. Jednotlivé roviny budou svírat úhel 56° s rovinou rovníku. To systému umožní pokrýt signálem místa ležící až na 75° zeměpisné šířky. Díky velkému počtu družic, z nichž tři budou záložní, bude systém plnit spolehlivě svou funkci i v případě výpadku některé z družic. Systém Galileo bude uživatelům poskytovat určení aktuální polohy s přesností lepší než jeden metr. Tento spolehlivý a velice přesný systém by mohl být v budoucnu aplikován v oblasti řízení vlaků, přesného navádění automobilů nebo navedení letadla na přistávací dráhu.

Evropský družicový navigační systém Galileo bude poskytovat 5 základních druhů služeb (více viz kapitoly 2.2.1 – 2.2.5):

- základní služba (Open Service, OS),
- služba „kritická“ z hlediska bezpečnosti (Safety of Life service, SoL),
- komerční služba (Commercial Service, CS),
- veřejně regulovaná služba (Public Regulated Service, PRS),
- vyhledávací a záchranná služba (Search And Rescue service, SAR).

Základní služby budou bez omezení přístupné všem uživatelům. Komerční služby slouží pouze pro uživatele, kteří zaplatí za danou konkrétní službu a ostatní služby jsou určeny pro sektor autorizovaných uživatelů (např. ozbrojené a policejní složky).

Systém Galileo by měl být téměř z 80 % využíván především v oblasti dopravy a v aplikacích, které jsou vázány na informaci o přesné zeměpisné poloze. Díky využití dat o poloze vozidel k on-line informacím o dopravní situaci na cestách nebo přímo pro řízení silničního provozu. Díky systému tak bude možno předcházet kritickým dopravním situacím. V sektoru silniční a železniční dopravy bude mít systém uplatnění hlavně

z hlediska monitorování nákladních automobilů, kontejnerů, železničních vozů. Bude možnost lépe mapovat krádeže a podvody.

Galileo ovšem nemusí být využíván pouze v oblasti dopravy. Zbývajících 20 % bude využíváno převážně k přesnému měření času, lokalizaci nehod, inteligentní zemědělství, ochraně osob proti hrozcím kriminálním činům, aj. Dále pak bude využíván k přesnému určení překážky na dně moře či řeky, ke sledování skládek s nebezpečnými odpady. Uplatnění najde také v oblasti hrozeb pro lidstvo, kde bude možnost sledovat pohyb mraků exhalací a oblaků radioaktivních látek, dále pak ke sledování a evidování svozu komunálního odpadu, k přesnému určení a opakovanému vyhledání lokality s výskytem vzácných a chráněných rostlin nebo ke sledování pohybu zvířat.

Jak celosvětově, tak hlavně v Evropě poskytne Galileo nepřehledné množství sociálního i ekonomického využití. Poslední analýzy ukazují, že bude dosaženo koeficientu ekonomické návratnosti 4,6 a to pouze při započítání přínosů ze sektoru letecké a námořní dopravy. Další, nezanedbatelnou část budou tvořit přínosy ze silniční dopravy, kde bude využití systému Galileo zastoupeno v nemalé míře. Dále ve zlepšené osobní bezpečnosti, řízení záchranných akcí a výběru poplatků např. mýtného u osobních a nákladních automobilů. Systém Galileo poskytne 140 000 nových pracovních míst.

Celkové náklady na vývoj operačního systému se odhadují na 3,2 miliardy euro. Provozní náklady budou přibližně 220 miliónů euro ročně včetně údržby, oprav a modernizace systému. Do roku 2020 by měly celkové ekonomické přínosy dosáhnout částky 62 miliard Euro a sociální přínosy dalších 12 miliard euro. O účast v programu Galileo jeví zájem stále více zemí, což má za následek posílení kapacity světového trhu v oblasti družicových navigačních služeb. Podle odhadů je počet budoucích užívajících příjemců stanoven na 3 miliardy kusů do roku 2020 a s tím spojený roční obrat 275 miliard euro.

2.1 Komponenty systému

V kapitole 2 je systém Galileo rozdělen do tří segmentů. Pokud ale systém rozčleníme ještě podrobněji, objeví se nám další dělení na složky a to:

- globální,
- regionální,
- lokální.

2.1.1 Globální složka

Globální složka tvoří jádro celého systému a je tvořena vesmírným a pozemním segmentem. To znamená družicemi systému Galileo, kontrolními centry a globální sítí vysílajících a přijímajících stanic. Každý ze satelitů bude vysílat navigační data spolu s navigačními časovými signály, které budou obsahovat korekce hodin a efemerid³⁴, nezbytně nutné pro navigaci, signály o integritě, které zajišťují globální „službu“, díky níž jsou vylepšeny vlastnosti celého systému.

Vesmírný segment

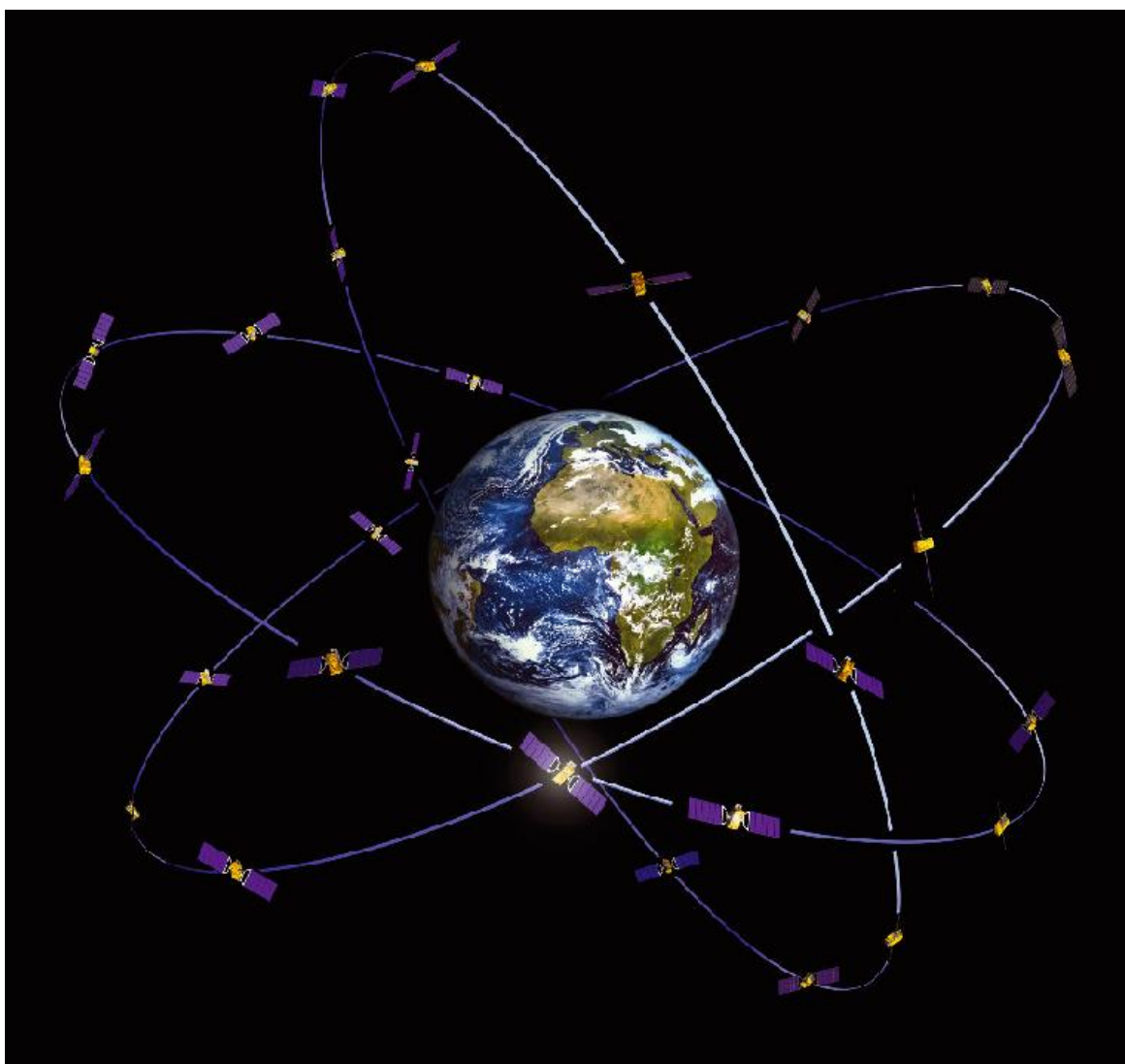
Vesmírný segment systému Galileo bude tvořen třiceti družicemi uspořádanými ve Walkerově konstelaci ve třech oběžných drahách se sklonem 56° k rovině rovníku. Na každé z rovin se bude nacházet devět aktivních družic, které budou rovnoměrně rozmístěny po 40° , a jedna neaktivní (záložní) družice, která nahradí kteroukoli aktivní družici v případě jejího výpadku nebo selhání. Družice budou obíhat ve výšce 23 200 km a vždy po deseti dnech dojde ke stejnému rozmístění družic kolem Země. Během těchto deseti dnů každá z družic oběhne Zemi celkem sedmáctkrát.

Aby se co nejvíce eliminovaly vlivy poruchového gravitačního pole, byla výška oběžné dráhy družic stanovena na uvedených 23 200 km. Díky této výšce získávají družice velkou viditelnost a po počáteční optimalizaci nebude zapotřebí po celou dobu životnosti žádných usměrňovacích manévrů.

³⁴ Efemeridy jsou předpokládáné polohy družic na oběžných drahách. Protože se pohybují po téměř kruhových, mírně elipsovitých drahách velkou rychlostí a ve velké vzdálenosti od Země, jsou jejich dráhy stabilní a dobře matematicky popsatelné. Přesto se vlivem kolísání tíhových sil Země, Slunce a Měsíce a sluneční jaderné aktivity jejich dráha mírně mění. Předpoklad vývoje trajektorie je popsán v navigační zprávě konkrétního systému.

Oběžná dráha družice musí splňovat předepsané odchylky. Povolená tolerance družice je vzhledem ke vzdálenosti sousední družice $\pm 2^\circ$ stejně jako od roviny dráhy, kde je odchylka stejná $\pm 2^\circ$.

Při poruše jedné z družic je problém vyřešen tak, že náhradní „čekající“ družice je přemístěna na místo poškozené družice. To může být uskutečněno během několika dní a je to časově výhodnější, než vypuštění nové družice, což trvá v řádech několika měsíců. Všechny družice jsou kompatibilní s většinou kosmických dopravních systémů, aby se daly vypouštět po dvou a více kusech.



Obrázek 21 Rozmístění orbitálních drah systému Galile³⁵

³⁵ Zdroj: http://www.bnsc.gov.uk/assets/channels/discovering_space/2-Galileo-MEO.jpg

Pozemní segment

Celý pozemní segment bude tvořen dvěma řídicími centry. Každé z řídicích center bude podporováno specializovaným pozemním kontrolním systémem (Ground Control Segment, GSC). GSC bude mít na starost řídicí funkce, kontrolní funkce a „letové“ funkce podporované speciálním pozemním „letovým“ segmentem (Ground Mission Segment, GMS). GSC se bude zabývat také údržbou polohy jednotlivých družic, naproti tomu GMS bude kontrolovat navigační funkce celého navigačního systému Galileo. GSC bude využívat globální síť pěti TT&C stanic ke komunikaci s každou družicí. Podle jednotlivých schémat budou kontakty pravidelné, plánované, nahodilé a součástí budou také dlouhotrvající testy.



Obrázek 22 Vysílací anténa³⁶

³⁶ Ilustrační foto vysílací antény. Nejedná se o anténu systému Galileo. Zdroj: <http://deepspace.jpl.nasa.gov/dsn/antennas/70m.html>

TT&C (Tracking, Telemetry and Command – sledování, telemetrie a příkazy) stanice budou vybaveny velkou třináctimetrovou anténou vysílající ve frekvenčním pásmu 2 GHz (pásmo určené pro vesmírné operace). Během normální funkčnosti bude využívána pouze modulace Spread-spectrum (podobná použité pro TDRSS a ARTEMIS), která zajistí robustní funkčnost bez interference³⁷.

GMS (Ground Mission Segment) bude využívat globální síť třiceti snímacích stanic Galileo (Galileo Sensor Stations, GSS) pro nepřetržité monitorování navigačních signálů všech satelitů systému. Díky komunikačním sítím používajícím komerční družice se zdvojeným kabelovým vedením bude možno monitorování provádět také. Hlavní prvek GSS bude referenční přijímač.

GMS bude komunikovat s Galileo družicemi pomocí pěti „přenosových stanic“ (Mission Up-Link Stations, ULS) rozmístěných po celém světě. Každá stanice bude vybavena několika třímetrovými anténami. Vysílací frekvence ULS je 5 GHz (Radionavigation Satellite Earth-to-space band).

Hlavními dvěma na sobě nezávislými úkoly využití GSS sítě jsou:

1. Určování polohy družice a synchronizace času (Orbitography Determination and Time Synchronisation, OD&TS) – každých deset minut dojde k dávkovému zpracování pozorování všech družic a vypočítání přesné dráhové a hodinové korekce zvláště pro každou družici. Součástí pozorování bude i prognóza očekávaných variací, tzv. „SISA“ – signal-in-space Accuracy, která je platná na několik hodin dopředu. Pomocí signálu ULS budou jednotlivé výsledky výpočtů přeneseny do konkrétní družice. Frekvence přenosů bude 100 minut.
2. Přenos dat o stavu integrity systému (Integrity Processing Function, IPF). Tato služba bude zajišťovat neustálý dohled nad všemi družicemi za pomoci GSS stanic a bude sloužit k ověření integrity signálu. Jednotlivé výsledky výpočtů (pro celou konstelaci) budou vysílány do vybraných družic a jimi budou opět vysílány. Proto uživatelé platící službu SoL dostanou vždy alespoň dvě „zprávy o integritě systému“ (Integrity messages).

³⁷ Interference znamená vzájemné ovlivňování, prolínání nebo střetání jevů či hmoty, v tomto případě frekvenčních vln.

Zprávy o integritě (Integrity messages) se budou skládat ze dvou částí:

1. Integrity Flag

- Varování o překročení maximálního prahu přesnosti družicového signálu. Toto varování („vlajka“) bude vysíláno několikrát s krajní naléhavostí tak, že mezi časem výskytu vadného stavu, který ovlivňuje přesnost vysílače, a varováním (tzv. Time-To-Alert) nebude více než šest vteřin.

2. Integrity Tables

- Tabulky o stavu integrity jednotlivých družic, které budou vysílány pravidelně v určitých intervalech, aby uživatelé, kteří byli dočasně mimo signál (např. projížděli tunelem) dostali zprávu o správném statutu všech družic.

OD&TS tedy bude sloužit k monitorování dlouhodobějších změn „orbitálních“ parametrů (změny vyvolávané gravitačními a jinými vlivy). Naproti tomu IPF monitoruje pouze „defekty“ systému, které trvají krátkodobě a jsou způsobeny náhlými poruchami. Součástí globální složky systému Galileo bude také sada testovacích uživatelských přijímačů. [26]

2.2 Služby poskytované systémem Galileo

Systém Galileo bude poskytovat uživatelům s elektronickými přijímači kompatibilními se systémem Galileo několik garantovaných služeb. Satelitní navigační systém je nezávislý, globální a evropský. Během několika let by měly být poskytovány sloučené služby GPS/Galileo/EGNOS. Galileo bude globálně zajišťovat navigaci a vyhledávací záchranné služby (Search and Rescue services – SAR).

Bez závislosti na ostatních systémech (GPS, GLONASS, EGNOS) bude Galileo poskytovat celosvětově pomocí Galileo družic následující služby:

- Základní služba (Open Service, OS)
- Služba „kritická“ z hlediska bezpečnosti (Safety of Life service, SoL)
- Komerční služba (Commercial Service, CS)
- Veřejně regulovaná služba (Public Regulated Service, PRS)
- Vyhledávací a záchranná služba (Search And Rescue service, SAR)

2.2.1 Základní služba (Open Service, OS)

Tato služba zajišťuje signály pro určení pozice a času bez poplatku a je prodávána v široké distribuční síti. Jakýkoliv uživatel bude moci tuto službu využívat bez autorizace za pomoci elektronického přijímače (kompatibilní se systémem Galileo). Služba zajišťuje tři signálové frekvence. Jednofrekvenční přijímače budou využívány pouze v aplikacích vyžadujících omezenou přesnost. Předpokládá se, že do budoucna budou aplikace ze základní služby využívat kombinovaných signálů GPS/Galileo. To povede ke zlepšení funkčnosti a přesnosti služby v problémových oblastech, kterými jsou například obydlená území.

Jelikož základní služba neposkytuje informace o integritě, nebude za údaje poskytnuté touto službou ručeno, proto zjištění kvality družicových signálu bude závislé zcela na uživateli.

2.2.2 Služba „kritická“ z hlediska bezpečnosti (Safety of Life service, SoL)

Jedná se o službu, která bude moci být využívána pouze za pomoci dvoufrekvenčních autorizovaných přijímačů a k jejímu plnému využití je nutná certifikace. Jelikož bude služba placená, systém Galileo (provozovatel služby) za ni bude ručit. Služba bude implementována na frekvenčních pásmech L1 a E5, které jsou vyhrazené pro aeronautické radionavigační služby, jelikož musí splňovat danou bezpečnostní úroveň.

Bezpečnost by měla být zvýšena hlavně v oblastech, kde nejsou dostupné infrastrukturální pozemní služby. Díky SoL dojde ke zvýšení výkonnosti zejména u společností působících na globální bázi. Jedná se hlavně o letecké a transoceánské námořní společnosti. Evropské vylepšení GPS systému EGNOS bude automaticky integrováno do služby SoL tak, aby bylo schopno poskytnout nezávislou a doplňující informační funkci k polohovým údajům od družic systémů GPS a GLONASS.

2.2.3 Komerční služba (Commercial Service, CS)

Tato služba poskytuje větší přesnost, než je poskytována základní službou. Pro využití komerční služby je nutno zaplatit poplatek, v rámci kterého jsou poskytnuty ještě další doplňující služby. Na rozdíl od základní služby využívá komerční služba další dva signály navíc. Tyto signály jsou chráněny komerčním šifrováním, které bude řízeno operátorem a poskytovateli služeb Galileo. Přístup ke komerční službě bude u přijímačů signálu Galileo chráněn přístupovým klíčem.

V rámci komerční služby je také zahrnuto vysílání dat a řešení ambiguit při diferenciálních aplikacích. Tyto služby budou poskytnuty po zakoupení práv ke zmiňovaným dvěma signálům od operátora systému Galileo.

Velké pole možností se nabízí ve vývoji komerčních aplikací, ať už jsou využívány pouze komerční signály nebo signály kombinované se s ostatními signály Galileo nebo dokonce využívající externí komunikační systémy. Signály Galileo pokrývají celý svět a to je hlavní výhodou pro aplikace vyžadující globální datové přenosy.

Hlavní doplňující služby jsou:

- ručení za službu,
- přesná časová služba,
- poskytování ionosférických modelů,
- lokální diferenciální korekce pro extrémně přesné určení polohy,
- další služby založené na vysílání informačních systémových dat.

2.2.4 Veřejně regulovaná služba (Public Regulated Service, PRS)

Navzdory tomu, že je Galileo zejména civilním systémem, bude využíván a kontrolován i státními institucemi. PRS bude využíván zejména policejními složkami, celní správou nebo pobřežními hlídkami. Civilní instituce budou kontrolovat přístup ke kódované službě PRS. Vzhledem k nynější bezpečnostní evropské politice bude přístup ke službě dělen na základě regionu nebo na základě příslušenství k určité skupině.

Provozní schopnost služby PRS by měla být neustálá a to kdykoli a za jakékoliv situace, včetně období během krize. Hlavní předností služby PRS je robustnost signálu. Ten je odolný vůči rušení či falešným signálům (simulující signál od Galileo družice).

2.2.5 Vyhledávací a záchranná služba (Search And Rescue service, SAR)

Je to služba integrovaná do systému Galileo za účelem zvýšení kvalit při vyhledávání a následnou záchranu lidí. Galileo je součástí COSPAS-SARSAT systému a zde se podílí také na několika zlepšeních a to zejména v:

- přijetí nouzové zprávy odkudkoli na Zemi v téměř reálném čase (v současné době je průměrná doba čekání jedna hodina),
- přesná poloha místa varovných signálů (pár metrů místo současných 5 kilometrů),
- mnohonásobná detekce družic za ztížených podmínek, např. pro překonání terénních překážek,
- zvýšená dostupnost signálu vesmírného segmentu (30 Galileo družic na MEO navíc, k současným čtyřem COSPAS-SARSAT družicím na LEO a třem geostacionárním).

System umožní také zpětnou vazbu od SAR operátora k vysílači, který vyslal nouzový signál. To usnadní veškeré záchranné práce a napomůže tak snížit výskyt planých poplachů. Služba je definována společně s představiteli COSPAR-SARSAT a její charakteristiky jsou vytvářeny pod záštitou Mezinárodní námořní organizace (International Maritime Organization, IMO) a Mezinárodní organizace pro civilní letectví (International Civil Aviation Organization, ICAO).

3 GALILEO VS. ČESKÁ REPUBLIKA

Dne 3. června 2006 podala Česká republika kandidaturu na sídlo Evropského úřadu pro dohled nad globálními navigačními družicovými systémy (GNSS Supervisory Agency, GSA).

Tento krok byl legislativně podpořen usnesením vlády č. 1044 ze dne 6. září 2006 ke kandidatuře České republiky na sídlo Evropského úřadu pro dohled nad globálními navigačními družicovými systémy.

Budova, která byla vybrána, je bývalé sídlo České konsolidační agentury a nachází se blízko Strossmayerova náměstí v Praze 7 - Holešovicích. Tato budova byla schválena usnesením vlády č. 1261 ze dne 1. listopadu 2006 o dalším postupu v kandidatuře České republiky na sídlo Evropského úřadu pro dohled nad globálními navigačními družicovými systémy.

Dne 7. listopadu 2006 v Bruselu následovala prezentace kandidatury, která byla zaměřena napříč vědeckými i politickými spektry.

Vytváření aplikací Galileo je a bude podstatným úkolem pro český průmysl a instituce. V dnešní době je proces kandidatury sídla v ČR na úrovni premiérů. Česká republika je logisticky i technicky na sídlo GSA připravena.

Jedinými konkurenty ucházejícími se o sídlo GSA jsou pro Českou republiku Slovinsko a Malta. Česká republika má poměrně vysoké šance, jelikož právě tyto státy jsou nové členské země EU. Jedná se tedy pouze o politická rozhodnutí. Ministerstvo dopravy ČR předpokládá, že by k rozhodnutí mohlo dojít během španělského předsednictví EU. [3, 37]

3.1 Sídlo GSA



Obrázek 23 Vybraná budova pro sídlo GSA v ČR³⁸

Pokud by v kandidatuře na sídlo GSA Česká republika uspěla, získala by celou řadu výhod [37]:

- Zakládání poboček významných technologických firem a kanceláří evropských a světových zájmových sdružení z oblasti kosmonautiky. Z toho plyne i větší šance českých technologických firem podílet se jako subdodavatelé na velkých projektech zejména v rámci ESA.
- Pozitivní ekonomický dopad z činnosti agentury (pracovní příležitosti, pronájem konferenčních prostor, využití hotelových a gastronomických kapacit), příp. propagace Prahy jako turistické destinace.
- Získání sídla GSA by podtrhlo image ČR jakožto leadera v oblasti kosmonautiky a hi-tech odvětvích v rámci skupiny nových členských států.
- Zvýšení prestiže ČR v rámci evropských institucí.

³⁸ Zdroj: <http://www.mapy.cz>

3.1.1 Fotografie budovy – venkovní pohled



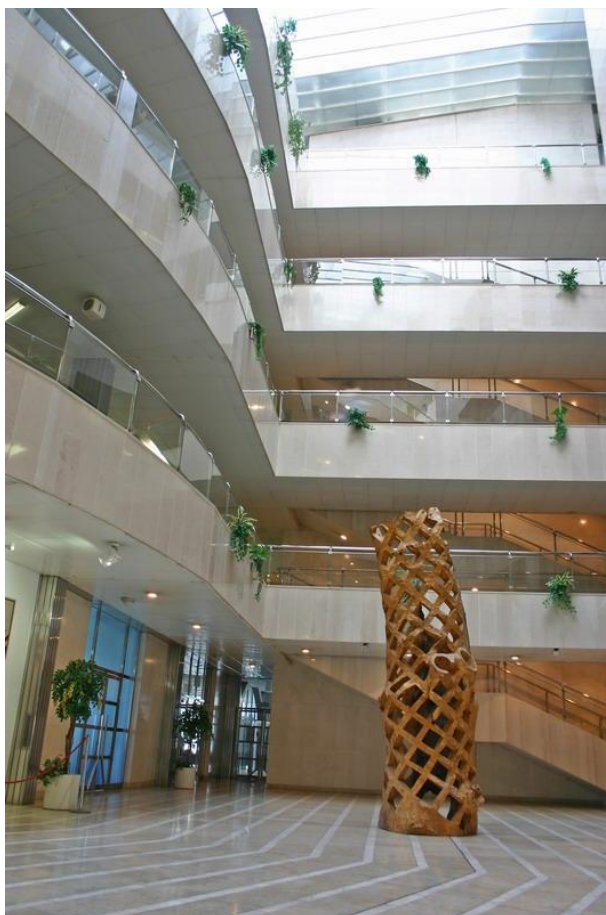
Obrázek 24 Vhodná budova pro GSA – venkovní pohled 1³⁹



Obrázek 25 Vhodná budova pro GSA – venkovní pohled 2⁴⁰

^{39,40} Zdroj: <http://www.gsa-czechrepublic.cz/photogallery.html>

3.1.2 Fotografie budovy – interiér



Obrázek 26 Vhodná budova pro GSA – vnitřní pohled 1⁴¹



Obrázek 27 Vhodná budova pro GSA – vnitřní pohled 2⁴²

^{41,42} Zdroj: <http://www.gsa-czechrepublic.cz/photogallery.html>

3.1.3 Deset důvodů pro umístění GSA v Praze

Z pohledu budovy jako takové (připravena pro GSA):

- výjimečné umístění v centru Prahy,
- ročně 1 € po dobu prvních pěti let,
- splňuje nejvyšší požadavky na bezpečnost,
- připravena k okamžitému nastěhování GSA.

Z pohledu města Prahy (je blíž než si myslíte):

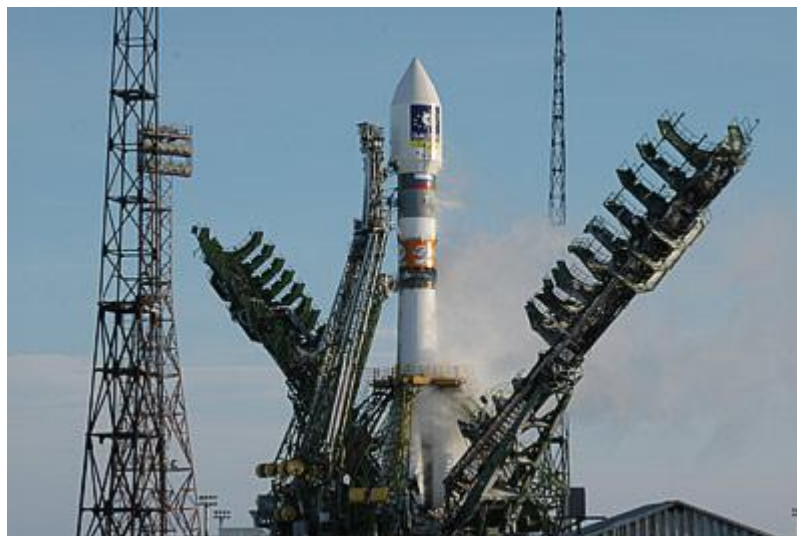
- krásné a bezpečné město,
- vysoká životní úroveň,
- přímo v srdci Evropy,
- výborné zázemí pro kongresy a konference.

Z pohledu České republiky (zaujata vesmírem):

- mnohaletá tradice v kosmickém výzkumu a průmyslu,
- člen Evropské kosmické agentury od roku 2008.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 TECHNICKÝ POPIS SYSTÉMU GALILEO



Obrázek 28 Start rakety nesoucí experimentální družici⁴³

4.1 Experimentální družice Galileo

Systém Galileo vypustil dvě experimentální družice GIOVE-A a GIOVE-B (někdy označovány jako GSTB-V2/A a GSTB-V2/B). Družice byly vyvinuty ve vývojové a ověřovací fázi (Development & In-Orbit Validation phase).

Vyslání dvou družic GIOVE-A a GIOVE-B na oběžnou dráhu splňuje řadu cílů.

1. Bezpečné užívání frekvencí přidělených Mezinárodní telekomunikační unií (ITU) pro systém Galileo.
2. Ověření nejkritičtějších technologií operačního systému Galileo, jako jsou družicové atomové hodiny a navigační generátor signálu.
3. Charakteristika nových prvků signálu Galileo, včetně ověření uživatelských přijímačů, jejich odolnost vůči rušení a multipath.
4. V neposlední řadě budou charakterizovat prostředí záření na střední oběžné dráze (Medium Earth Orbit, MEO), kterou bude systém Galileo využívat.

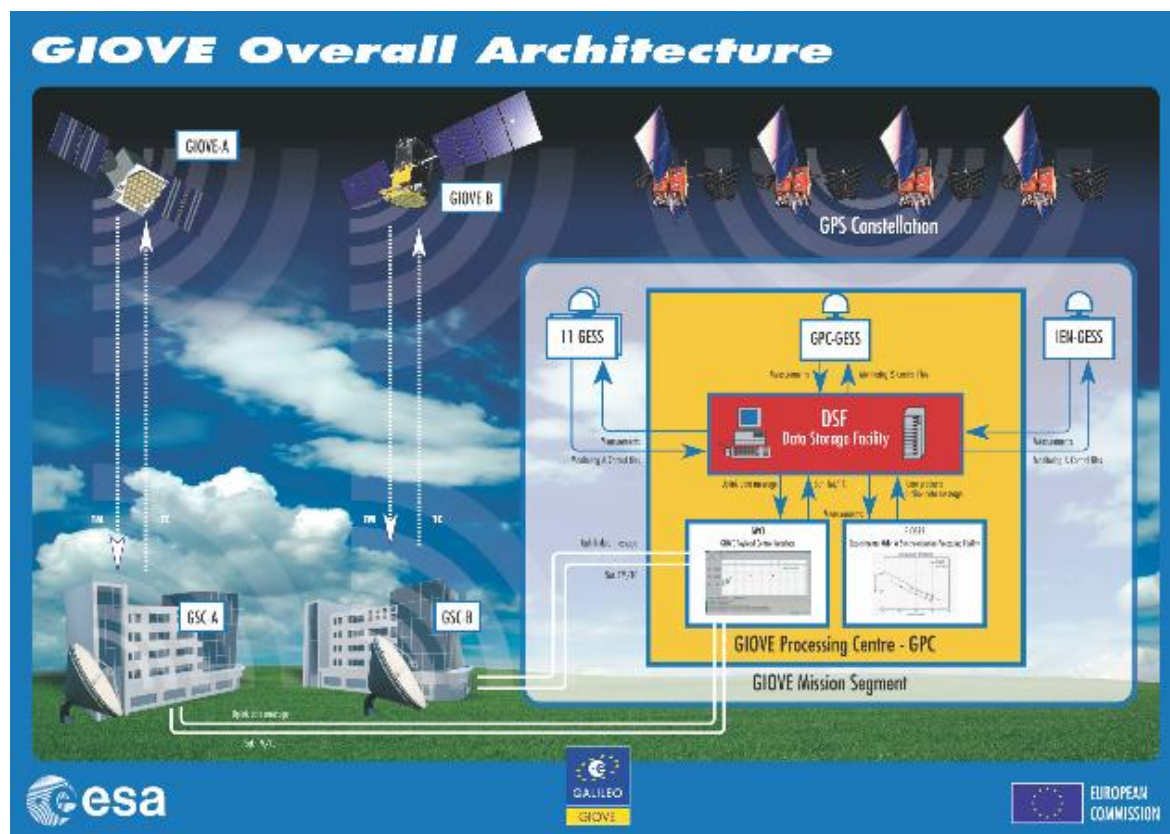
GIOVE-A a GIOVE-B byly postaveny souběžně a poskytují redundance z oběžné dráhy. Poskytují také doplňkové schopnosti. [6]

⁴³ Zdroj: http://www.giove.esa.int/page_index.php?menu=100&page_id=33

4.1.1 Systém GIOVE

Systém GIOVE se skládá z několika částí [6]:

- Vesmírný segment (The space segment)
 - GIOVE-A satelit postavený firmou Surrey Space Technology Limited (SSTL, UK) a vypuštěný v prosinci 2005
 - GIOVE-B satelit postavený firmou Galileo Industries, evropské konsorcium Alcatel Alenia Space (I a F), Astrium GmbH (D), Astrium Ltd (UK) a Galileo Sistemas y Servicios (S), vypuštěný v dubnu 2008
- Pozemní kontrolní segment (The ground control segment)
 - GIOVE-A kontrolní středisko provozované SSTL v Guifordu (UK)
 - GIOVE-A TTC stanic umístěných v Oxfordu (UK), Santiagu (Chile) a Kuala Lumpur (Malajsie)
 - GIOVE-B kontrolní středisko provozované Telespazio v Fucino (I)
 - GIOVE-B TTC stanic umístěných v lokalitě Fucino (I) a Kiruna (SE)
- Pozemní úkolový segment (The ground mission segment)
 - GIOVE centrum zpracování procesů Indra (ES) provozované firmou VEGA v Noordwijku (NL)
 - Globální síť experimentálních snímacích Galileo stanic vyvinutých a vyslaných v Indra (ES)



Obrázek 29 Schéma systému GIOVE⁴⁴

⁴⁴ Zdroj: http://www.giove.esa.int/page_index.php?menu=101&page_id=34

4.1.2 GIOVE-A

Hlavní dodavatel: Surrey Satellite Technology Ltd SSTL, Guilford (UK)

Orbitální parametry: střední oběžná dráha (MEO) ve výšce 23.200 km

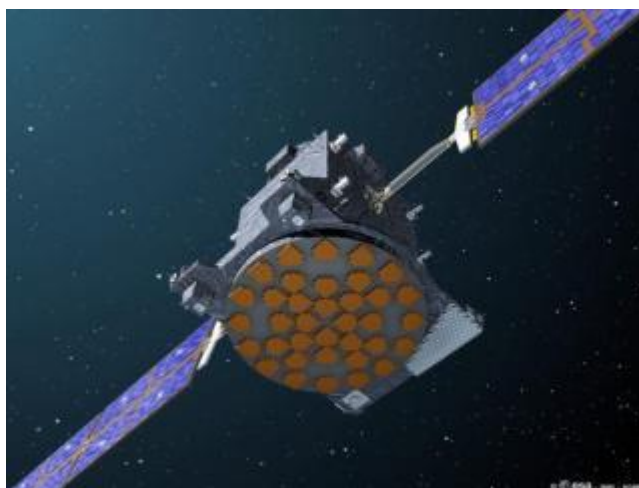
Datum vypuštění: 28. prosince 2005

Životnost: 2 roky (odhad)

Provozní centra: SSTL Guilford (UK)

Pozemní stanice: primární pozemní stanice na Rutherford Appleton Laboratory (UK)

Ostatní pozemní stanice: Kuala Lumpur (Malajsie) a Santiago (Chile)



Obrázek 30 Experimentální družice GIOVE-A⁴⁵

System: tříosový stabilizovaný

Velikost: tělo družice o rozměrech 1,3 x 1,8 x 1.65 m

Hmotnost: 600 kg (hmotnost netto) při startu

Výkon: 700W díky dvěma solárním panelům, každý má délku 4.54 m

Pohon: butan systém (66 kg) se dvěma nádržemi 25 kg (místo hydrazinu: méně Delta V, než je požadováno v jiné misi).

Vysílací frekvence: trojnásobná-užitečný náklad družice přenáší signál Galileo ve dvou samostatných frekvenčních kanálech (L1 + E5 nebo L1 + E6).

⁴⁵ Zdroj: http://www.giove.esa.int/page_index.php?menu=102&page_id=35

Hlavní družicové přístroje, užitečný náklad družice:

Anténa: fázová řada jednotlivých L-pásmových prvků, zabírající celou viditelnou část Země

Jednotka generující signál: slouží k vytvoření dvou typových signálů Galileo s pružnými parametry signálu

Hodiny: 2 rezervní, kompaktní rubidiové atomové hodiny s přesností 10 ns/den

Radiační monitory: CEDEX, vyvinutý firmou SSTL, sloužící k charakteristice záření v prostředí MEO a MERLIN, vyvinutý firmou QinetiQ, měřící S/C nabíjecí efekt

Navigační přijímač: k experimentu s autonomním umístěním na oběžné dráze MEO, lze použít pouze tehdy, když je generování signálu vypnuto

Laserový reflektor: větší než u GPS, ale menší než u GLONASS (vyvinuté ruskou společností)

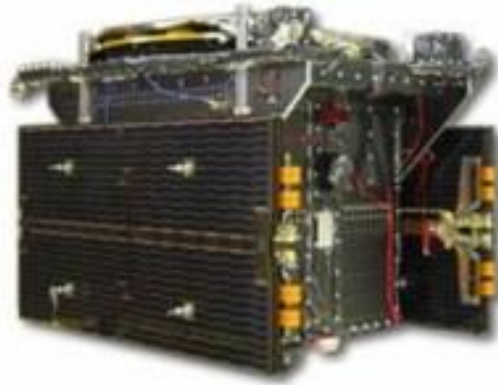
Důležité prvky konstrukce (tělesa) družice:

AOCS pohony: 4 hybná kola
1 systém pro řízení polohy sestavený z elektromagnetických cívek
10 trysek

AOCS snímače: 2 pozemní snímače
8 slunečních snímačů
3 Gyro snímače (osy X, Y, Z)

OBC: 2 x 386 počítačů
CAN Bus rezervní
SW vložen po oddělení

TTC: 2 přijímače v hot Back-up (9,6 kbps)
1 + 1 vysílací (9.6kbps) rezervní sloupec



Obrázek 31 Jádru družice GIOVE-A⁴⁶

4.1.3 GIOVE-B

Průmysloví partneři:

Hlavní satelit: Astrium Německo,

Satelitní AIV: Thales Alenia Space v Itálii, užitečná hmotnost: Astrium UK,

Platforma: Thales Alenia Space Francie

Orbitální parametry: MEO na 23.200 km

Datum vypuštění: 26. dubna 2008 22:16 UTC

Životnost: 2,5 roku (odhad)

Provozní centra: Telespazio Control Centre, Fucino, (I)

Pozemní stanice: Fucino (I), a Kiruna (SE)

System: tříosový stabilizovaný

Velikost: tělo družice o rozměrech 0,95 x 0,95 x 2.4 m

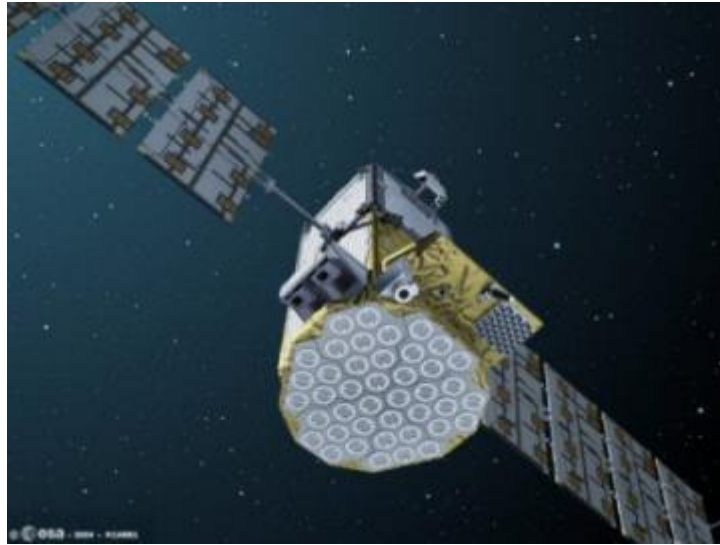
Hmotnost: 530 kg (hmotnost netto) při startu

Výkon: 1100W díky dvěma solárním panelům, každý má délku 4.34 m

Pohon: hydrazin systém s jednou lahví 28 kg

Vysílací frekvence: užitečný náklad družice současně přenáší signály Galileo ve dvou ze tří dostupných frekvenčních kanálů (L1 + E5 + E6).

⁴⁶ Zdroj: http://www.giove.esa.int/page_index.php?menu=102&page_id=35



Obrázek 32 Experimentální družice GIOVE-B⁴⁷

Hlavní družicové přístroje, užitečný náklad družice:

Anténa: fázová řada jednotlivých L-pásmových prvků, zabírající celou viditelnou část Země

Jednotka generující signál: Flexibilní k přenosu odlišných typů signálů

Hodiny: troje záložní, dvoje rubidium atomové hodiny a jedny vodíkové maserové se stabilitou 1 ns/den, což jsou nejstabilnější hodiny letící do vesmíru

Radiační monitory: Standard Radiation Environment Monitor (SREM) sloužící k charakteristice záření v prostředí MEO

Laserový reflektor: přibližně stejná velikost jako GLONASS

Důležité prvky konstrukce (tělesa) družice:

AOCS pohony: 4 reakční kola

2 systémy pro řízení polohy sestavené z elektromagnetických cívek

8 trysek

AOCS snímače: 2 Zemní snímače

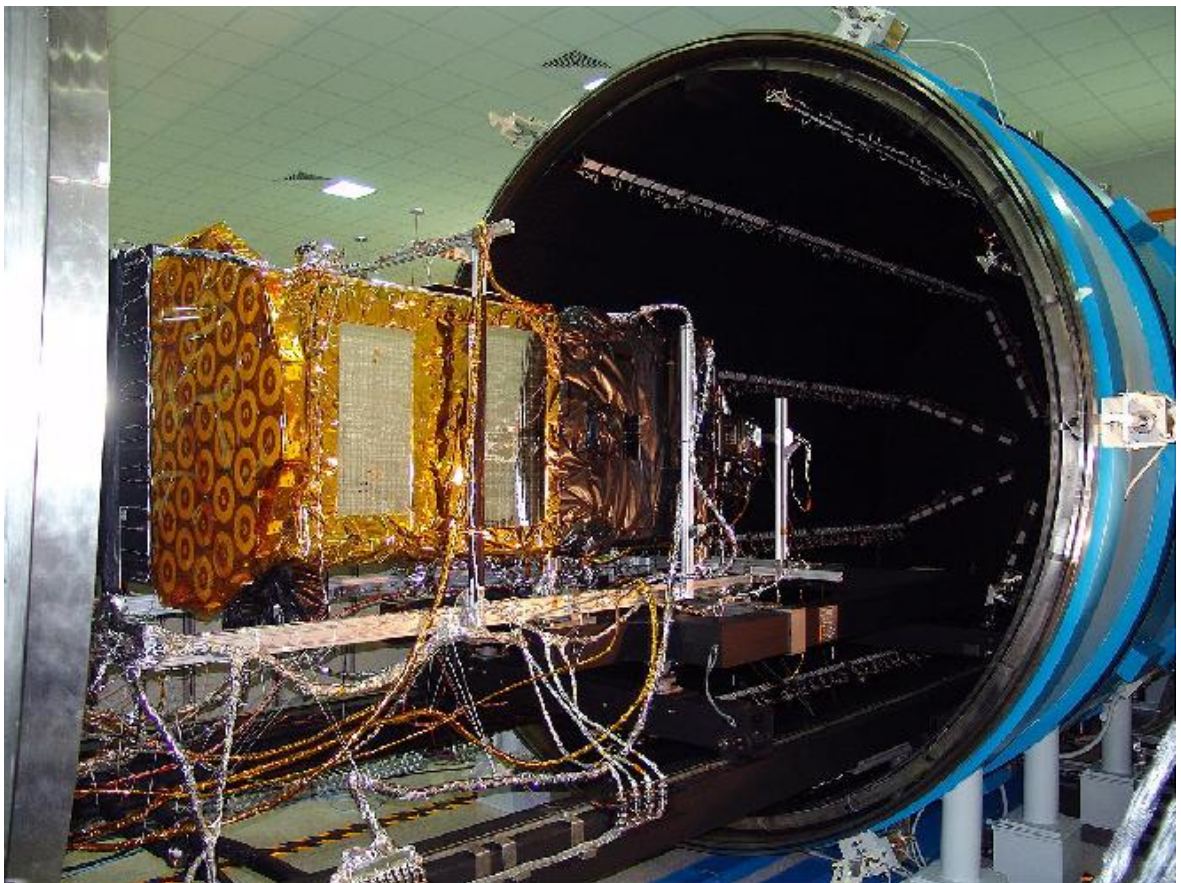
2 Gyro snímače

⁴⁷ Zdroj: http://www.giove.esa.int/page_index.php?menu=103&page_id=36

- OBC: 1 Interní záložní ICPU
- TTC: 1 transpondér (upload 2kbps download 32 kbps)



Obrázek 33 Jádru družice GIOVE-B⁴⁸



Obrázek 34 Družice GIOVE-B⁴⁹

⁴⁸ Zdroj: http://www.giove.esa.int/page_index.php?menu=103&page_id=36

⁴⁹ Zdroj: http://photogallery.finmeccanica.com/images/4-SPACE/7/hr/GIOVE-B_satellite2.jpg

4.1.4 Družice GALILEO

Celý vesmírný segment systému Galileo se bude skládat z 30 družic ve Walkerově konstelaci 27/3/1, kde tři z třiceti družic budou záložní. Galileo družice budou obíhat na střední oběžné dráze (Medium Earth Orbit, MEO).

Každá z družic bude vysílat přesné časové signály (přesnost atomových hodin), efemeridy (viz strana 34 – poznámka pod čarou) a ostatní data. Konstelační specifikace jednotlivých družic mají parametry:

- kruhová oběžná dráha – výška družic cca 23 222 km,
- 56° sklon roviny k rovině rovníku,
- tři rovnoměrně rozložené oběžné dráhy, každá po 120°,
- na každé z rovin obíhá 9 provozních družic + 1 záložní, družice rovnoměrně rozmístěné po celé oběžné dráze po 40°,
- jedna záložní družice obíhající společně s ostatními družicemi (také vysílající).

Galileo družice jsou zařazeny do třídy družic 700 kg/1600W.



Obrázek 35 Galileo družice⁵⁰

⁵⁰ Zdroj: http://www.giove.esa.int/page_index.php?menu=103&page_id=36

Družice rotují kolem své osy, která je přímo směřuje k Zemi tak, aby byly solární panely nasměrovány vždy k Slunci a zachytily co nejvíce solární energie. Antény družice jsou vždy nasměrovány proti Zemi.

Parametry družice:

Rozměry „těla“ družice: 2,7 x 1,1 x 1,2 (uvedené rozměry jsou v metrech)

Rozpětí solárních panelů: 13 m

Nejvyšší výkon družice: 1600W

Navigační signály: 10 (vysílané ve frekvenčním pásmu 1200-1600 MHz)

Hmotnost při vypuštění: 700 kg

Komponenty družice

L-band anténa – vysílá signály ve frekvenčním pásmu 1200-1600 MHz

S&R anténa – anténa zachycující nouzové signály vysílané ze Země. Po zpracování těchto signálů je anténa přenesena do pozemních stanic, které je dále přepošlou do lokálních záchranných stanic.

C-band anténa – bude přijímat signály od jednotlivých „přenosových stanic Galileo“ (Galileo Uplink Stations) obsahující „mission“ data. Obsahem „mission“ dat jsou data sloužící k synchronizaci palubních hodin s pozemními referenčními hodinami a data o integritě, která obsahují informace o funkčnosti satelitu. Informace o integritě jsou zahrnuty do navigační zprávy, která je přenesena k uživatelům.

S-band antény – Jsou součástí telemetrického, sledovacího a řídicího subsystému. Slouží k vysílání dat o stavu družice. Data jsou přenášena do příslušného pozemního kontrolního systému, kde jsou vyhodnocena. Nazpět kontrolní systém vysílá příkazy k ovládní družice a obsluze příslušenství družice. Pomocí S-band antény je družice udržována v dané výšce s přesností na několik metrů. To je dosaženo pomocí dálkoměrných signálů, které S-band antény zpracovávají.

IR Earth sensors (infračervené zemské senzory) a FSS Sun sensors (Flight Service Stations Sun sensors) – senzory napomáhající udržet družici ve směru k Zemi. IR senzory slouží k detekci rozdílu mezi chladem hlubokého vesmíru a teplem zemské atmosféry. Pomocí těchto informací družici natáčí. FSS senzory detekují viditelné záření, které měří úhly mezi definovanou základnou a dopadajícím slunečním světlem.

Laser retro-reflector (laserový odražeč) – slouží k měření výšky družice s přesností na několik centimetrů. Využívá se přitom laserového paprsku, který vysílá pozemní stanice. Dostačující data pro měření výšky družice poskytují S-band antény, proto bude odražeč využíván jen asi jednou za rok.

Space radiators (vesmírné zářiče) – slouží k udržování teploty součástek družice. Uvnitř družice se vytváří teplo, které zářiče přenáší ven do vesmíru a udržují tak tělo družice a součástek v rozmezí provozních teplot.



Obrázek 36 Družice Galileo zabírající Zemi⁵¹

⁵¹ Zdroj: http://img.blesk.cz/static/old_abc/tistene_ABC/2008/15/galileo2.jpg

Vnitřní komponenty družice

Hydrogen passive maser clocks (Vodíkové (pasivní) Maserové hodiny) – jsou to hlavní hodiny na palubě družice. Jsou to atomové hodiny využívající ultrastabilní frekvenci (1,4 GHz) přechodu atomu vodíku mezi energetickými stavy pro měření času (zpoždění/předcházení 0,45 ns/12 hodin).

Rubidium atomic clocks (rubidiové atomové hodiny) – jsou v podstatě záložní hodiny, které jsou použity v případě výpadku vodíkových hodin. Přesnost rubidiových hodin je o něco menší než u hodin vodíkových (zpoždění/předcházení 1,8 ns/12 hodin).

Clock monitoring and kontrol unit (CMCU – monitorovací a řídicí jednotka hodin) – tvoří komunikační kanál (rozhraní) mezi čtyřmi hodinami a jednotkou generující navigační signál (Navigation Signal generator Unit, NSU). CMCU přenáší signál z aktivních „hlavních“ hodin do NSU a má na starost udržovat frekvence hlavních a záložních hodin ve fázi. NSU zodpovídá za okamžité převzetí funkce záložních hodin za hodiny, u kterých dojde k výpadku.

Navigation signal generator (generátor navigačního signálu), frequency generator (generátor frekvence) a up-conversion units (převáděcí jednotka) – to jsou komponenty zodpovědné za generování navigačních signálů, využívající informace z jednotky CMCU, přijaté navigační a „integrity“ data z C-band antény. Signály jsou následně převedeny do L-pásmu, aby je byli uživatelé schopní přijmout.

Remote terminal unit (dálkově řízený terminál) – je rozhraním mezi všemi komponenty družice a palubním počítačem.

Každá z družic ponese čtvery atomové hodiny. Od každého typu dvoje. Při normálním provozu družice budou v chodu vždy jedny hodiny od každého druhu. Vodíkové a rubidiové (záložní). Za normálních provozních podmínek budou vodíkové maserové hodiny generovat referenční frekvenci, která poslouží jako základ ke generování navigačního signálu. Při výpadku vodíkových maserových hodin se okamžitě zapnou rubidiové (záložní) hodiny a převezmou jejich funkci. V tu chvíli běží neustále dvoje hodiny – obojí rubidiové. Pokud se bude jednat o případ, kdy se výpadek týká pouze jedné vodíkových hodin, převezmou jejich funkci druhé vodíkové hodiny během několika dní, až budou plně schopny opět provozu. V tuto chvíli se rubidiové hodiny vrátí

na pozici záložních nebo rezervních hodin. Díky systému čtyř hodin ručí systém Galileo za generování navigačního signálu za jakýchkoliv podmínek.

Servisní modul družice (vnitřní modul)

SADM – hnací mechanismus družice. Spojuje solární panely s tělem družice a udržuje je pomocí rotace nakloněné vždy kolmo ke slunečním paprskům.

Gyroskopy – zařízení sloužící k záznamu a sledování rotace družice.

Reaction or moment Wheel (momentová kola – setrvačnický) – řídí rotaci družice. Při jejich rotaci rotuje i družice. Družice se otáčí neustále kolem své osy a to vždy tak, aby solární panely směřovaly vždy kolmo ke slunečním paprskům. Rotace vychází dvakrát za jeden oběh po rotační dráze.

Magneto bar (magnetická tyč) – slouží ke změně rychlosti rotace momentových setrvačnicků. Pracuje na principu vytvoření opačného směru točivého momentu.

Power conditioning and distribution unit (rozdělovací energetická jednotka) – kontroluje a reguluje energii získanou ze solárních panelů a baterií. Energie je pomocí jednotky dále rozváděná do všech komponentů a subsystémů družice.

On-board komputer (palubní počítač) – hlavní jednotka celé družice. Řídí veškeré funkce družice, jednotlivých komponent a subsystémů.



Obrázek 37 Družice Galileo⁵²

⁵² Zdroj: http://www.esa.int/esaNA/GGG28850NDC_galileo_1.html

4.1.5 Atomové hodiny družic Galileo

V předchozí kapitole jsou zmíněny vnitřní komponenty družice, do kterých bezesporu patří atomové hodiny. Při určování polohy hrají velmi důležitou roli, a proto je nutné podrobně rozebrat jejich funkci. Je totiž nezbytné, aby signály vysílané družicemi byly synchronní. Právě k tomu slouží vysoce stabilní hodiny, které tento účel splní.

Galileo bude využívat dva druhy hodin:

- Vodíkové „maserové“ atomové hodiny (Hydrogen Maser⁵³ Atomic clocks)

Přesnost: zpoždění 1 vteřina za 1 milion let

- Rubidiové atomové hodiny

Přesnost: zpoždění 3 vteřiny za 1 milion let

Určování polohy vyžaduje vysoký stupeň přesnosti, proto se využívá právě atomových hodin. Chyba jen několik nanosekund (miliardtina vteřiny) znamená v určení polohy nepřesnost až několik metrů, což je nepřijatelné.

Funkce atomových hodin by se dala přirovnat ke klasickým hodinám s tím rozdílem, že u atomových hodin už podle názvu je využíváno vlastností atomů, při jejich přechodu mezi jednotlivými energetickými stavy. Klasické hodiny jsou závislé na oscilující „hmotě“ např. kyvadlo u kyvadlových hodin.

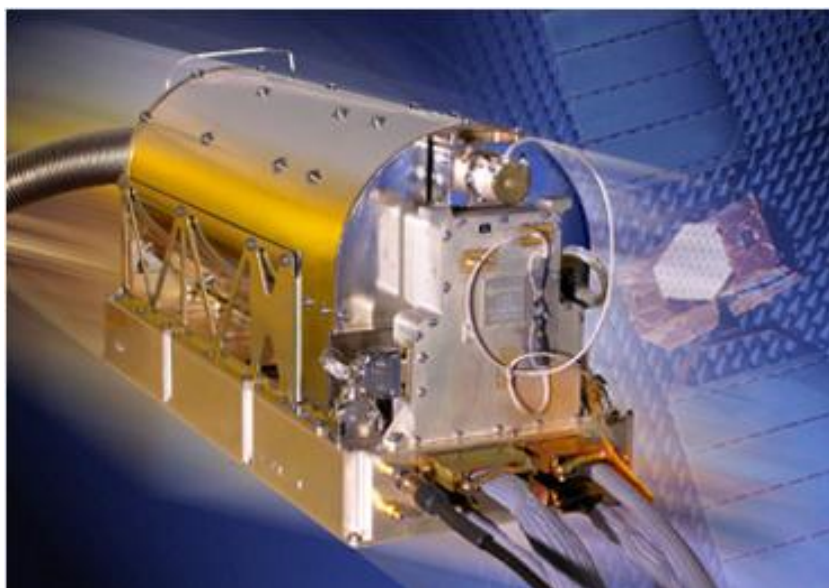
Při vybuzení atomu vnějším energetickým zdrojem dochází k jeho přechodu na vyšší energetický stav a z tohoto stavu se opět navrácí do stavu na nižší energetické hladině. Při tomto ději uvolňuje atom určité množství energie o specifické frekvenci. Tato frekvence je pro každý druh atomu charakteristická. Dalo by se říct, že se jedná o pomyslný „podpis“ použitého materiálu. Jediné, co je potřebné pro vytvoření těchto „dokonalých“ hodin, je pomocí čítače detekovat frekvence přechodů atomu z jednoho stavu do stavu druhého.

⁵³ Maser – Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation – zařízení pro zesilování elektromagnetického záření pomocí stimulované emise v mikrovlnném oboru. Zdroj: <http://www.czechspace.cz/cs/galileo/technologie/atomove-hodiny>

Přechod mezi energetickými stavy se projevuje vyzařováním nebo pohlcováním energie na „viditelných“ nebo mikrovlnných frekvencích. Atomovou vteřinu lze definovat násobkem periody záření, který má hodnotu 9 192 631 770. Jedna perioda odpovídá době přechodu mezi dvěma úrovněmi struktury základního stavu atomu nuklidu Cesium-133. Předpokládá se, že Cesium je vystaveno vhodnému zdroji energie.

Vodíkové maserové hodiny

Vodíkové hodiny jsou tvořeny řídicí elektronikou a resonátorem. Obsahují malou skladovací nádobu s vodíkem, kterým zásobí plynou výbojku. Zde dochází k rozkladu molekul vodíku na atomární vodík, následně atomy vstupují do rezonanční dutiny přes kolimátor, což je zařízení k udržení paprsku ve vymezeném průřezu, a magnetický přepínač. Přepínač slouží ke vpouštění atomu určitého energetického stavu do rezonanční dutiny, kde jsou jednotlivé atomy zachyceny v křemenné skladovací baňce. V této baňce atomy tíhnou k návratu do základního energetického stavu a přitom dochází k vyzařování mikrovlnné frekvence. Rezonanční frekvence mikrovlnné dutiny je cca 1,420 GHz. V hodinách je i elektronika (obvody) pro řízení frekvence a systém řídicí teplotu, který udržuje rezonanční dutinu na určité teplotě. Jelikož je atomový rezonátor velmi citlivý na okolní prostředí (např. magnetické pole) je snaha těmto vlivům předcházet a zajišťovat aby byly co nejmenší. Díky tomu bude využit maximální potenciál těchto propracovaných hodin.



Obrázek 38 Pasivní vodíkové maserové hodiny – SELEX Galileo⁵⁴

⁵⁴ Passive Hydrogen Maser – SELEX Galileo, Zdroj: <http://www.finmeccanica.com/>

Rubidiové hodiny

Základ rubidiových hodin je stejný jako u vodíkových maserových hodin. Jsou tvořeny atomovým rezonátorem a řídicí elektronikou. Uvnitř rezonátoru je rubidiová parová kyveta. Teplota atomů je udržována na vysoké teplotě. Atomy jsou v plynném stavu a jsou vybudeny na vyšší energetický stav pomocí světla rubidiové výbojky, která je umístěna v jednom konci atomového rezonátoru. Díky tomu dojde ke spuštění rezonance (buzení kmitů). Na druhém konci kyvety se nachází fotodioda, která slouží k detekci množství světla procházejícího kyvetou. Po vybudení se atomy vrátí zpět na nižší energetický stav. Po přechodu na nižší energetický stav jsou atomy pomocí mikrovlnné energie na dané frekvenci vybudeny do rezonátoru zpět na střední hladinu. Přejít na střední hladinu proběhne jen tehdy, jestliže je daná frekvence přesná. Pokud jsou atomy ve středním stavu, je pohlcování světla maximální. Výstup fotodiody je přímo napojen na řídicí obvod, který reguluje mikrovlnnou frekvenci. Přesná frekvence je udržována laděním mikrovlnného zdroje za účelem maximálního světelného pohlcování. Rezonance je neustále udržována energií z rubidiové výbojky, protože atomy ve středním pásmu jsou opět vybudeny na vyšší stav a poté dochází opět k přechodu na nižší stav. Celý proces se neustále opakuje.



Obrázek 39 Rubidiové atomové hodiny⁵⁵

⁵⁵ Zdroj: <http://www.czechspace.cz/cs/galileo/technologie/atomove-hodiny>

5 PRINCIP URČOVÁNÍ POLOHY GNSS

Přesné určení polohy je základem GNSS. Existuje několik způsobů výpočtu polohy (multilaterace, trilaterace, atd.) Grafické znázornění trilaterace si lze představit jako protínání koulí o daném poloměru. U této metody je nutné počítat s chybou hodin přijímače.

Při určování polohy je nutné mezi družicí a přijímačem provést více měření. Minimální počet měření jsou čtyři. Důležitost těchto měření a také nezbytná nutnost vybavení družice atomovými hodinami bude popsána v následující kapitole. V oblastech stavebnictví či přímo určování bodů v geodezii je využíváno fázové měření.

5.1 Družicový signál systému GPS

Každá z družic systému GPS je vybavena oscilátorem s velkou přesností. Nominální frekvence oscilátoru je 10,23 MHz. Družice vysílají signály na dvou nosných vlnách o různých frekvencích f_1 , f_2 . Tyto frekvence jsou odvozeny od nosné frekvence f_0 . Jednotlivé nosné vlny jsou modulovány několika signály (kódy), pomocí kterých je zajištěn přenos čtení hodin družice, informace o každé dráze družice a jiné údaje. Přenášený kód má dva stavy – 0 nebo 1. Tento stav je pak zanesen do nosné vlny a při jeho změně se fáze vysílaného signálu změní o 180° - dvoufázová modulace. Jednotlivé položky signálu jsou znázorněny v následující tabulce:

Tabulka 2 Složky signálu GPS⁵⁶

Složka	Frekvence	[MHz]
Základní frekvence	f_0	10,23
Frekvence nosné vlny L_1	$154 \cdot f_0$	1575,42 ($\lambda=19,0$ cm)
Frekvence nosné vlny L_2	$120 \cdot f_0$	1227,60 ($\lambda=24,4$ cm)
P-kód	f_0	10,23
C/A kód	$f_0/10$	1,023
Navigační zpráva	$f_0/204\,600$	$50 \cdot 10^{-6}$

⁵⁶ Zdroj: <http://www.czechspace.cz/cs/galileo/aktuality-GPS-Glonass/GNSS-urcovani-polohy>

Hodiny družice jsou čteny pomocí dvou kódů a oba jsou závislé na oscilátoru družice. Sekvence stavů 0 nebo 1 je generována hardwarově a stav je udáván hodnotou jednoho vybraného bitu v paměti palubního počítače. S frekvencí uvedenou v tabulce se mění (nemění) hodnota v daném bitu a tak je generována posloupnost stavů, kterou je následně modulována nosná vlna (s danou frekvencí jsou prováděny logické operace mezi několika bity počítače a výsledná hodnota je ukládána do vybraného bitu). Tato frekvence se nazývá pseudonáhodná (Pseudo Random Noise, PRN) a pro každý satelit je odlišná. Satelity umí generovat repliky kódů v závislosti na čtení vlastních hodin. Tato replika je poté porovnávána se získaným kódem z vlny a určuje časový posun mezi nimi. Je-li chod hodin družice a přijímače bezchybný, časový posun odpovídá transmitnímu času, po který signál překonával vzdálenost mezi družicí a přijímačem. Vzdálenost mezi družicí a přijímačem (pseudovzdálenost) se pak získá vynásobením transmitního času rychlostí světla.

Přenos kódu C/A je zajištěn pomocí nosné vlny L_1 , na rozdíl od P-kódu, který je přenášen pomocí obou vln. Jedna změna stavu C/A kódu je rovna 300 m ve vzdálenosti mezi družicí a přijímačem. U P-kódu je to 30 m. Z toho plyne, že měření pomocí P-kódu je efektivnější a až 10x přesnější než přesnost, které lze dosáhnout u C/A kódu.

5.2 Výpočet polohy přijímače pomocí kódového přístupu

Výpočet polohy pomocí kódového přístupu se využívá v každém jednoduchém přijímači, který slouží primárně k navigačním účelům. Jedná se o klasický výpočet u aplikací systému GPS. Výstupem každého měření jsou souřadnice polohy přijímače, které jsou určeny na základě přijatých vstupních dat.

5.2.1 Princip výpočtu

Přijímač je schopen měřit rozdíl mezi časem, kdy byl signál vyslán a mezi okamžikem příjmu signálu

$$\Delta t = t_R - t^S \quad (1)$$

Kde t_R je čtení hodin přijímače v okamžiku příjmu a t^S je čtení hodin družice v okamžiku vysílání signálu.

Opravy hodin přijímače a družice v okamžiku příjmu a vysílání signálu označíme následovně

$$\delta_R = t_R - T_R, \quad (2)$$

$$\delta^S = t^S - T^S, \quad (3)$$

kde symboly T_R a T^S značí správný čas. Oprava hodin u družic není konstantní a mění se v čase. V družici jsou hodiny velice stabilní a jejich chod lze přesně vyjádřit polynomickou nebo jinou funkcí na rozdíl od přijímače, kde hodiny kvalitní a přesné nejsou. Proto vznikají mezi přenosem signálu chyby, které se musí neustále dopočítávat pro každé měření samostatně.

Kvůli zjednodušení nejsou v rovnicích uvedeny okamžiky, pro které jsou uvedené veličiny měřeny. Pseudovzdálenosti jsou obecně vztaženy k okamžiku příjmu signálu a stejně tak i oprava hodin přijímače. Poloha družice a oprava družicových hodin je vztažena k okamžiku vyslání signálu.

Po dosazení do předchozího vztahu a několika úpravách dostaneme vztah

$$\Delta t = [T_R + \delta_R - [T^S + \delta^S]] = \Delta T + \delta_R - \delta^S, \quad (4)$$

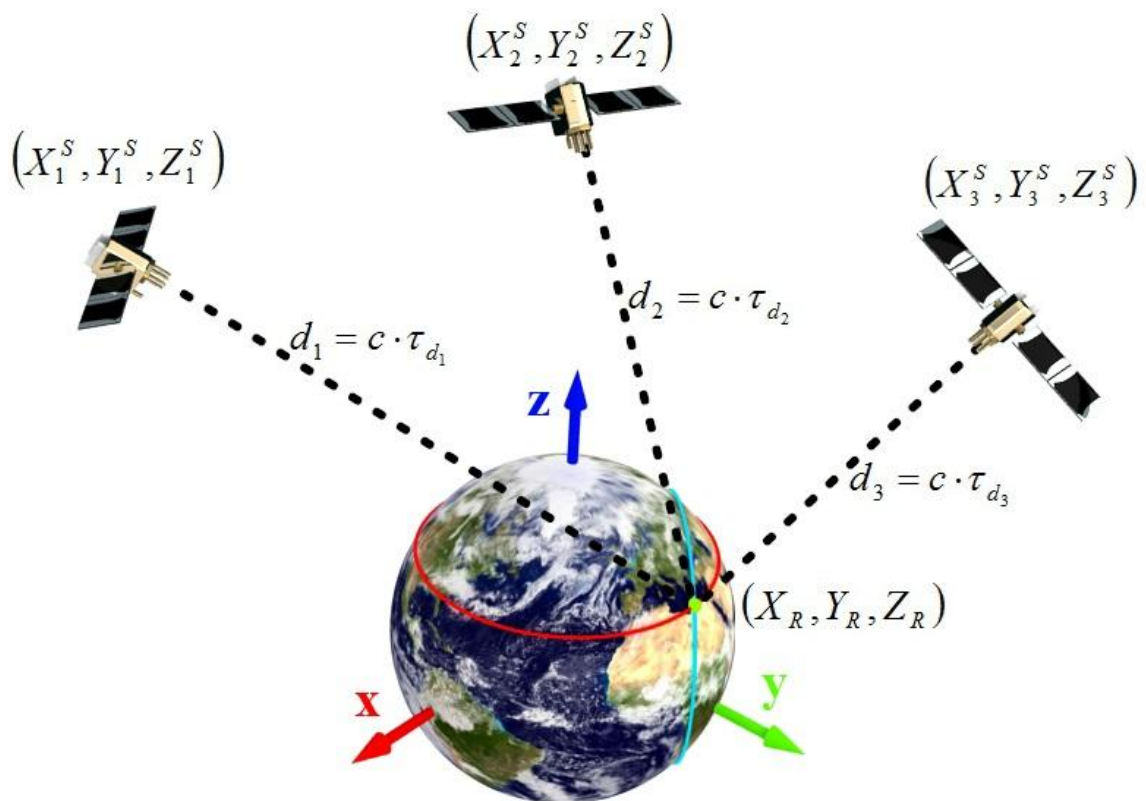
kde ΔT je správný transitní čas.

Po vynásobení předchozí rovnice rychlostí světla c , dostáváme vztah pro pseudovzdálenost mezi přijímačem R a družicí S

$$R_R^S = c \cdot \Delta t = c \cdot \Delta T + c \cdot (\delta_R - \delta^S) = \rho_R^S + c \cdot \delta_R - c \cdot \delta^S, \quad (5)$$

kde $\rho_R^S = c \cdot \Delta T$ je skutečnou vzdáleností mezi přijímačem v okamžiku příjmu signálu T_R a družicí v okamžiku vysílání signálu T^S . Veličina R_R^S je nazývána pseudovzdáleností, jelikož je to vzdálenost, do níž se promítají chyby atomových hodin družice a hodin přijímače. Abychom dostali rovnici pro jednotlivé souřadnice přijímače, dosadíme neznámé do předchozí rovnice a upravíme. Dostaneme rovnici pozorování pro neznámé souřadnice a oprava hodin přijímače

$$R_R^S = \sqrt{(X_R - X^S)^2 + (Y_R - Y^S)^2 + (Z_R - Z^S)^2} + c \cdot \delta_R - c \cdot \delta^S. \quad (6)$$



Obrázek 40 Znáznornění známých i neznámých veličin při určování polohy pomocí kódového měření⁵⁷

Jednotlivé hodnoty veličin $X^S, Y^S, Z^S, \delta^S(T^S)$ získáme z vysílaných nebo přesných efemerid. V rovnici se potom objevují čtyři neznámé, což jsou souřadnice přijímače X_R, Y_R, Z_R a oprava hodin δ_R . Díky čtyřem neznámým je nutné měřit pseudovzdálenosti minimálně ke čtyřem družicím, proto i počet měření je roven čtyřem.

Pro správnou funkci výpočtů jsou atomové hodiny nedílnou součástí každé družice, neboť při výpočtu polohy nelze připustit, aby oprava jejich chodu byla další neznámou v rovnici. Pro tento výpočet by nebylo možné nalézt reálné řešení, jelikož by existovalo více veličin neznámých než veličin měřených.

⁵⁷ Zdroj: vlastní zpracování

5.2.2 Další systematické chyby ovlivňující měření GPS

Pro přesnější výpočet musíme brát v úvahu i další systematické chyby ovlivňující celé měření. Jedná se o vlivy způsobené ionosférickou refrakcí, troposférickou refrakcí a chybou v délce způsobenou chybou ve znalosti polohy družice. Tyto faktory vložíme do rovnice pro pseudovzdálenost a dostaneme vztah

$$R_R^S = \rho_R^S + c \cdot \delta_R - c \cdot \delta^S + I_R^S + T_R^S + d_R, \quad (7)$$

kde I_R^S je vliv ionosférické⁵⁸ refrakce, T_R^S je vliv troposférické⁵⁹ refrakce a d_R je chyba v délce způsobená chybou ve znalosti polohy družice⁶⁰.

Mimo jiné se v rovnici pro geometrickou vzdálenost ρ vyskytuje další chyba. A to chyba znalosti polohy družice. Tato chyba se nelze považovat za chybu měřičskou, ale výsledné souřadnice jsou díky ní ovlivněny podobným způsobem.

Chyby, které jsou uvedeny výše, bezpochyby ovlivňují počítanou pseudovzdálenost, a tedy i vypočtenou polohu přijímače. To má za následek nižší kvalitu výsledných vypočítaných souřadnic z nediferencovaných měření. Vliv se dá podstatně snížit diferencováním dat z dvojice přijímačů na dvou místech, ale s vyšší přesností přesto počítá pouze vektor (vzdálenost) mezi těmito body, takže pro přesné a absolutní určení polohy jednoho bodu musíme znát souřadnice bodu druhého.

⁵⁸ Ionosféra je ionizovanou částí atmosféry a významně ovlivňuje šíření elektromagnetických signálů. Je složena z neutrálního plynu, iontů a elektronů. Spodní okraj ionosféry je ve dne asi 60km a v noci okolo 150km nad povrchem Země. Horní část ionosféry je pak ve výšce cca 700-1000km a postupně přechází do plazmasféry. Zpomaluje průchod signálů z navigačních systémů GPS a Galileo. Rychlost vlny závisí na frekvenci signálu a na počtu volných elektronů v atmosféře. Vliv ionosféry se dá vyloučit, pokud se vhodně zkombinují měření o dvou frekvencích. U GPS např. L_1 a L_2 .

⁵⁹ Troposféra je část atmosféry sahající od povrchu Země k stratosféře. Troposféra sahá v závislosti na místě na Zemi od 9 do 18 km. Na obou nosných vlnách způsobuje stejnou chybu měření pro kódová i fázová měření. Vliv troposféry lze omezit diferencováním nebo zavedením neznámé do rovnice jako další prvek ovlivňující výpočet chyby.

⁶⁰ Efemeridy vysílané družicí obsahují odhadovanou dráhu družic a souřadnice družice mají proto přesnost v řádu několika metrů. Měření GPS ovlivňuje i několik dalších vlivů. Např. více signálu z odrazu a nahodilé chyby.

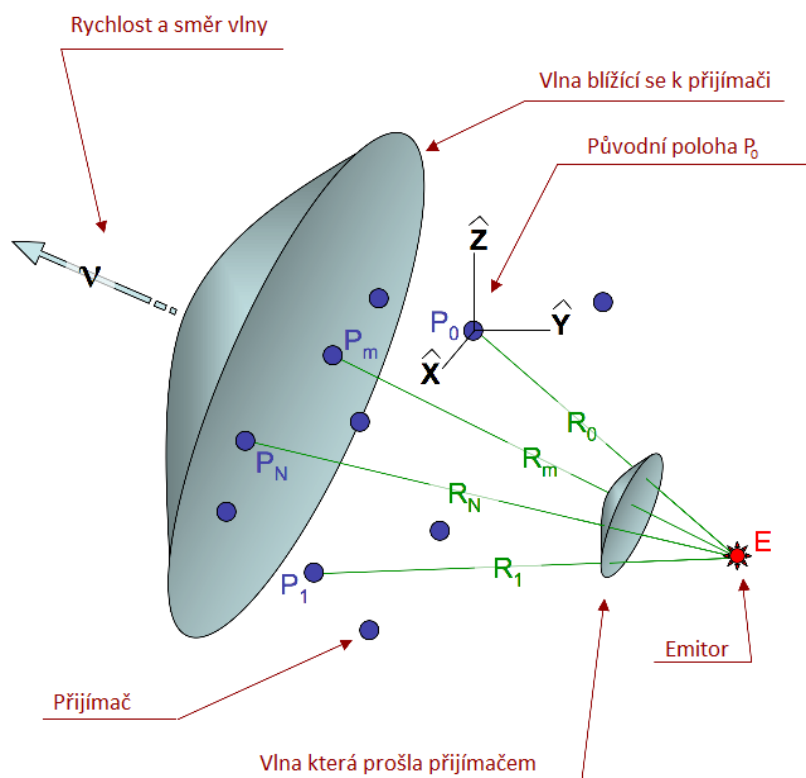
5.3 Multilaterace

Je proces určení polohy předmětu pomocí určení přesného časového rozdílu mezi přijatým signálem (Time Difference Of Arrival, TDOA) vyslaného od objektu ke třem a více přijímačům. Multilaterace (hyperbolic positioning) lze využít také v opačném případě při měření TDOA vyslaného signálu z tří a více synchronizovaných vysílačů k objektu. V praxi dochází k záměně multilaterace a trilaterace (viz kapitola 5.4), která využívá absolutních měření času příjmu signálu (Time Of Arrival, TOA) od tří a více stanic.

5.3.1 Princip fungování

Využívá se zejména v civilním a vojenském sektoru pro přesné určení polohy vozidla, letadla nebo nehybného vysílače pomocí měření TDOA mezi třemi a více stanicemi.

Dvě přijímací stanice, které se nacházejí na odlišném místě, obdrží signál od vysílače v nepatrně rozdílném čase. Rozdíl těchto časů je TDOA a je daný rozdílnou vzdáleností přijímacích stanic od vysílače. Pro dva přijímače o známých souřadnicích existuje celé množství bodů různých poloh vysílače při změřeném konstantním TDOA. Tyto body tvoří v 3D soustavě hyperboloid. V 2D soustavě je to pak hyperbola. Z toho vyplývá, že při dvou přijímačích o známé poloze se vysílač nachází někde na povrchu hyperboloidu, u kterého jsme schopni určit jeho tvar a velikost. Nutno podotknout, že není potřeba znát absolutní čas, kdy byl impuls vyslán. Jediný závazný faktor pro určení je časový rozdíl příjmu signálů.



Obrázek 41 Určení polohy pomocí TDOA ve 3D zobrazení
(hyperboloid positioning)⁶¹

Nyní do celé situace přidáme třetí přijímač, který bude tvořit s předchozími dvěma přijímači druhé TDOA a vysílač bude ležet někde na druhém z hyperboloidů. Přesněji řečeno někde na průniku dvou hyperboloidů. Tento průnik lze charakterizovat křivkou. Pokud bychom přidali ještě čtvrtý přijímač, máme k dispozici třetí hodnotu TDOA. Průnikem zmíněné křivky a třetího hyperboloidu dostaneme v prostoru jediný bod, který přesně určí polohu vysílače.

Chyby v měření času přijetí impulsu nám ve skutečnosti nepřímo ukazují, že k větší přesnosti určení polohy je zapotřebí čtyř a více přijímačů. Pokud toto tvrzení vyjádříme obecně, pak N přijímačů poskytne $N-1$ hyperboloidů. Z toho vyplývá, že je-li k dispozici $N > 4$ přijímačů, tak je k dispozici i $N-1$ hyperboloidů, které by se v ideálním případě (uvažujeme-li bezchybný model a měření) protnul v jednom bodě. V reálném měření se nikdy tělesa neprotnou v jednom bodě a to vlivem působení různých chyb. V takovém případě se poloha vypočítá s tzv. vyrovnáním (metoda nejmenších čtverců nebo pomocí rozšířeného Kalmanova filtru).

⁶¹ Zdroj: <http://en.wikipedia.org/wiki/Multilateration>

Další způsob jak získat přesnější měření je vypočítat průměr z několika TDOA zjištěných několika měřeními, které se uskuteční krátce po sobě.

5.3.2 Určení polohy přijímače pomocí vysílacích stanic (opačný případ)

O multilateraci jde také hovořit i v případě, kdy existuje pouze jeden přijímač o neznámé poloze. V tomto případě se měří TDOA signál vyslaný ze tří a více synchronizovaných vysílačů, u kterých je poloha známa. Tento systém byl plně využit např. v systému DECCA (UK), který byl funkční od druhé světové války až do roku 2000. V tomto případě nebylo přímo využito TDOA signálů, nýbrž fázového rozdílu signálů mezi dvěma vysílači pro definování hyperboloidů. Vysílače nepřetržitě šířily vlnový signál. V případě úzkopásmových vysílačů je fázový rozdíl téměř roven časovému rozdílu.

5.3.3 Přesnost multilaterace

Přesnost multilaterace je funkcí několika proměnných, a to zejména:

- geometrického uspořádání přijímače(ů) a vysílače(ů),
- přesnosti registrace impulsů přijímače,
- přesnosti synchronizace vysílacích nebo přijímacích stanic (možnost zhoršení působením neznámými vlivy na šíření signálu),
- délky vyslaného impulsu,
- nejistoty v poloze přijímačů.

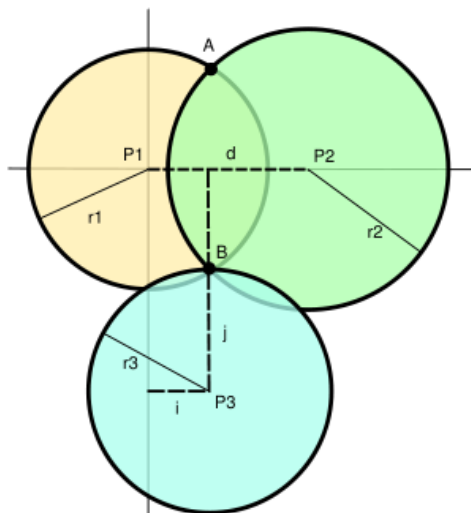
5.4 Trilaterace

Jedná se o určování polohy objektů pomocí vztahu v trojúhelníku podobně jako u triangulace⁶². Trilaterace využívá známé souřadnice dvou a více bodů (tzv. referenční body) a změřených délek mezi objektem a těmito body. K jednoznačně přesnému určení relativní polohy bodu v rovině (jedná se o 2D) jsou potřeba obecně minimálně tři referenční body (viz Obrázek 41).

⁶² Triangulace využívá pro výpočet polohy objektu změřených úhlů společně s alespoň jednou známou délkou.

Jak bylo zmíněno v předchozí kapitole (5.3) dochází k záměně multilaterací a trilaterací. Přesný rozdíl mezi těmito metodami je ve veličinách, které potřebujeme znát, abychom byli schopni určit polohu objektu. U trilaterace je nutno znát absolutní čas příjmu signálu, zatímco u multilaterace je nutné znát TDOA (časový rozdíl) pro odhadnutí polohy objektu.

5.4.1 Chybový model



Obrázek 42 Chybový model trilaterace⁶³

Kdybychom zahrnuli do obrázku č. 42 i chybu měření délky, zobrazení by bylo ještě složitější. Jestliže velikost vzdálenosti z bodu B k referenčnímu bodu leží v rozmezí dvou hodnot (uzavřený interval $[r_1, r_2]$), pak leží bod B v oblasti, která je vymezena kružnicemi o poloměrech r_1, r_2 . Jestliže známe vzdálenost dalšího referenčního bodu do bodu B, který je opět v určitém rozmezí, tak bod B leží v průniku dvojic soustředných kružnic (jedna nebo dvě oblasti (zda jedna nebo dvě záleží na vzájemné poloze referenčních bodů a vzdálenostech) vymezené kružnicovými oblouky). Oblast možného výskytu bodu B je zredukována ve většině případů pomocí třetího referenčního bodu a je zredukována na jednu oblast. To ovšem nemění nic na velikosti oblasti, která může být značně rozsáhlá. Více referenčních bodů oblast výskytu bodu B ještě více upřesní a zmenší. Pokud ovšem dochází k neustálému měření, je efekt zmenšování menší a menší v dané oblasti.

V 3D prostoru se na místo soustředných kružnic protínají duté koule, neboli soustředná tělesa, která vzniknou po odečtení malé koule od větší.

⁶³ Zdroj: http://gps.tym.cz/vypocet_trilaterace.php

Model (viz Obrázek 42) zdůrazňuje jak důležitý je výběr referenčních bodů. Pokud bychom referenční body určily relativně blízko u sebe a zároveň daleko od určovaného bodu, museli bychom vzdálenost měřit s co největší přesností. Jde o neefektivní rozmístění. Určování polohy pomocí trilaterace využívají současné polohové systémy GPS, GLONASS a systém Galileo, který je před spuštěním. [26]

5.4.2 Postup výpočtu pozice pomocí trilaterace

Z obrázku č. 27 si vyjádříme postupně tři rovnice

$$r_1^2 = x^2 + y^2 + z^2, \quad (8)$$

$$r_2^2 = (x-d)^2 + y^2 + z^2, \quad (9)$$

$$r_3^2 = (x-i)^2 + (y-j)^2 + z^2, \quad (10)$$

kde jednotlivé veličiny jsou popsány následovně:

x, y, z souřadnice

d, i, j posun v poloze družic

r_1, r_2, r_3 poloměry koulí získaných z vypočítané vzdálenosti od družic.

Z prvních dvou rovnic si vyjádříme proměnnou x , a to tak, že odečteme druhou rovnici od druhé:

$$x = \frac{r_1^2 - r_2^2 + d^2}{2 \cdot d}, \quad (11)$$

následně dosadíme opět do první rovnice a dostaneme tvar:

$$y^2 + z^2 = r_1^2 - \frac{(r_1^2 - r_2^2 + d^2)^2}{4 \cdot d^2}, \quad (12)$$

po vyjádření veličin $y^2 + z^2$ dosadíme do třetí rovnice

$$y = \frac{r_1^2 - r_2^2 - x^2 + (x-i)^2 + j^2}{2 \cdot j} = \frac{r_1^2 - r_2^2 + i^2 + j^2}{2 \cdot j} - \frac{i}{j}x, \quad (13)$$

Jelikož jsme si vyjádřili veličiny x a y po jednoduchém dosazení do první rovnice dopočítáme z

$$z = \sqrt{r_1^2 - x^2 - y^2}. \quad (14)$$

Nyní známe všechny veličiny (x, y, z) a jsme schopni určit polohu objektu. [13]

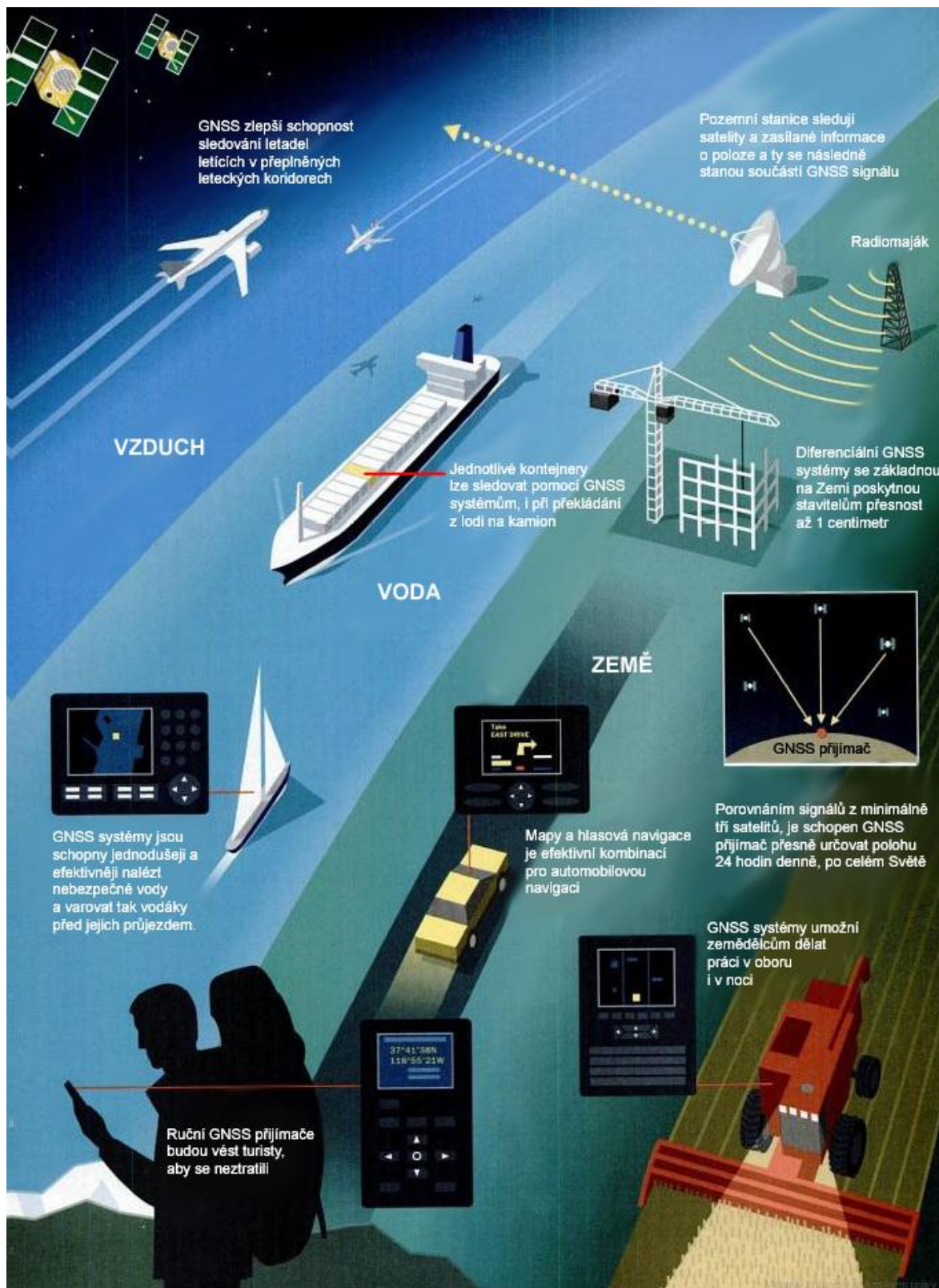
6 GNSS APLIKACE

GNSS systémy se stále více a častěji stávají součástí našeho každodenního života a postupem času si bez nich život nedokážeme představit. Celý Svět je ovlivněn vývojem technologií a družicová navigace není výjimkou. Trh s produkty, které jsou s navigací a systémy GNSS obecně úzce spjaty roste ročně o 25 %. Do budoucna se předpokládá, že bude GNSS systémy využívat většina obyvatel Světa. Prognóza do roku 2020 je zhruba 3 miliardy přijímačů družicové navigace, včetně přijímačů systému Galileo. Navigace se stává standardem v automobilech, ale i v dnes populárních mobilních telefonech nebo v rámci jiných odvětví, jako jsou např. bankovní systémy, energetický průmysl, stavební průmysl a další.

Aplikace zasahují do mnoha odvětví nejen v dopravě nebo telekomunikacích, ale také v oblasti stavebnictví, zemědělství, vědecký výzkum, turistika, bezpečnost, životní prostředí, civilní ochrana a mnoho dalších. Přijímače navigačních systémů nacházíme v dnešní době v navigacích, určených pro automobily, mobilních telefonech, PDA, ale i v hodinkách, kamerách atd. Mobilní síť se skládá z více než dvou miliard uživatelů a je to důležitý potenciální trh navigačních systémů. Každý rok se prodá více než půl miliardy přístrojů využívajících služeb navigačních systémů. Pro rok 2020 je toto číslo stanoveno na celou jednu miliardu kusů ročně. To je obrovské množství potenciálních služeb uvedených na trh týkající se navigačních systémů.

I v automobilovém průmyslu se navigace stává stále častěji integrovanou výbavou všech vozidel a odhad prodeje přístrojů pro automobily je 50 miliónů přístrojů v roce 2020. GNSS systémy nezasahují pouze do osobních automobilů, ale i do nákladní dopravy, kde je v dnešní době velká část přepravovaných produktů sledována GNSS systémy (např. v oblasti kontejnerové přepravy je vybaveno sledovacím zařízením využívajícím navigační systémy několik set tisíc kontejnerů). Díky této funkci je pro dopravce jednodušší a přehlednější jak kontrola nad přepravovaným produktem, tak rychlejší a kvalitnější služby poskytované zákazníkovi.

V námořní a říční dopravě jsou GNSS systémy jasnou volbou. V dnešní době se prodají v námořní dopravě přijímače zhruba za 1 miliardu Euro. Totéž platí pro leteckou dopravu. V obou těchto odvětvích je zapotřebí mít k dispozici kvalitní a spolehlivý prostředek pro zvýšení kapacity systému, který denně přepraví statisíce cestujících.

Obrázek 43 Ukázka využití GNSS systémů⁶⁴⁶⁴ Zdroj: časopis Popular Science (1996) – vlastní úprava obrázku [30]

6.1 Aplikace v silniční dopravě

Dostat automobil do určeného cíle po předem definované trase je primární úkol každé navigace. Tento úkol není ovšem jediným, který by z hlediska GNSS do silniční dopravy zasáhl. GNSS systémy plní také funkce telematické, elektronický výběr mýtného (Electronic Fee Collection, EFC) na dálnicích či ve městech. Každý automobil v Evropské unii by mohl využívat služeb navigačních systémů. Na území Evropské unie je registrováno přes 240 miliónů automobilů. Od systému Galileo se také očekává, že vyřeší problém v oblasti tzv. „inteligentních dopravních systémech“.

Jak už bylo zmíněno v jedné z předchozích kapitol, je trh silniční dopravy jedním z největších potencionálních zákazníků systému Galileo a jeho aplikací. V současné době jezdí po světě přes 650 miliónů automobilů, 33 miliónů autobusů a nákladních aut (kamiónů) a přes 200 miliónů menších komerčních vozidel. Mnoho automobilových výrobců považuje navigaci jako nedílnou součást pro cestování, a proto je v současné době instaluje běžně do svých vozidel nebo nabízí tuto variantu v příplatkové výbavě. Primární úkoly navigace u automobilů jsou:

- navigace (route Guidance),
- střežení a vyhledávání odcizených vozidel,
- dopravní informace v reálném čase,
- elektronické účtování,
- tísňová volání,
- řízení a sledování vozového parku (fleet management),
- inteligentní systémy pro asistenci při řízení (Advance driving assistance systems).

6.1.1 Navigace

Většina navigačních systémů instalovaných do automobilů je založena na GNSS systémech. Americký systém GPS nemá zcela ideální pokrytí v obydlených oblastech, kde je potencionálních zákazníků nejvíce. Proto se kombinuje na území měst s jinými systémy.

Galileo díky 30 družicím zvýší pokrytí a přesnost navigačních systémů a tak bude moci nabídnout uživatelům levnější přístroje, které budou schopny vyplnit „navigační mezery“ (navigation gaps), čímž rozumíme tunely, úzké ulice, podjezdy atd.



Obrázek 44 Navigační systém Audi A8 – rozhraní MMI s podporou GoogleEarth⁶⁵

6.1.2 Střežení a vyhledávání odcizených vozidel

V Evropské unii je každý rok odcizeno přes 500 000 vozidel. Z toho ČR má podíl 13 954 vozů⁶⁶. V dnešní době v sektoru vyhledávání a střežení vozidel působí na území ČR pouze systém GPS, jelikož „nemá“ konkurenci. Tento stav by se měl změnit po zavedení systému Galileo, který na tento sektor také myslí. V oblasti pátrání po odcizených vozidlech se využívá v dnešní době i HDTV kamer a automatického čtení poznávacích značek vozidel. Nejúčinnější a nejspolehlivější metodou je stále vyhledání pomocí GNSS systémů. Existuje spousta firem, které se tímto oborem zabývají a střeží pomocí navigačních systémů několik tisíc vozidel. Asi největší firmou v ČR je firma SECAR BOHEMIA, a. s., jež má pobočky a výjezdní sídla na několika místech celé ČR.

⁶⁵ Zdroj: <http://news.auto.cz/technika/audi-a8-multimedialni-rozhrani-mmi-s-podporou-google-earth.html>

⁶⁶ Počet odcizených vozidel za rok 2009. Pro porovnání v roce 1997 bylo odcizeno 29 422 vozidel. Zdroj: <http://www.cebia.cz/Default.asp?p=mezinarodni-aktivity-statistika-kradezi-vozidel>

Společnost SECAR je na českém trhu již od roku 1992 a pomocí navigačních systémů chrání 25 000 vozů. Nabízí zabezpečovací systémy SHERLOG Neo, což je kombinace radiových vln, GPS a GSM systémů. Určení polohy a vyhledání vozidla má na starosti systém GPS. Ochrana vozidel funguje díky navigačním systémům 24 hodin denně a díky spolupráci s mezinárodní službou EUROWATCH také bez ohledu na místo. Proto po odcizení vozidla nejsou při pátrání překážkou ani státní hranice. Jelikož má systém GPS celosvětové pokrytí, lze automobil efektivně sledovat kdekoliv.

Vybudování systému Galileo vytvoří nezávislost na americkém systému GPS. Systém GPS je primárně navržen pro vojenské účely. Pokud by nastala situace, že se USA dostane do válečného stavu, systém bude fungovat primárně k vojenským účelům a ochraně Spojených států amerických. Uživatelský segment by byl „vypnut“ a veškeré systémy závislé na navigačních systémech by byl rázem tatam. Cílem systému Galileo je zamezit této skutečnosti a Evropská unie se tak stane plně nezávislou na GPS.

Vyhledání odcizených vozidel

Systém funguje na principu vyhlášení poplachu (vyslání údajů o poloze a času) při narušení střežených zón vozidla. Nejedná se jen o střežení osobních vozidel, ale i o střežení nákladních automobilů, nákladu jako takového (CARGO), pracovních strojů a techniky, lodí, zvířat a osob.

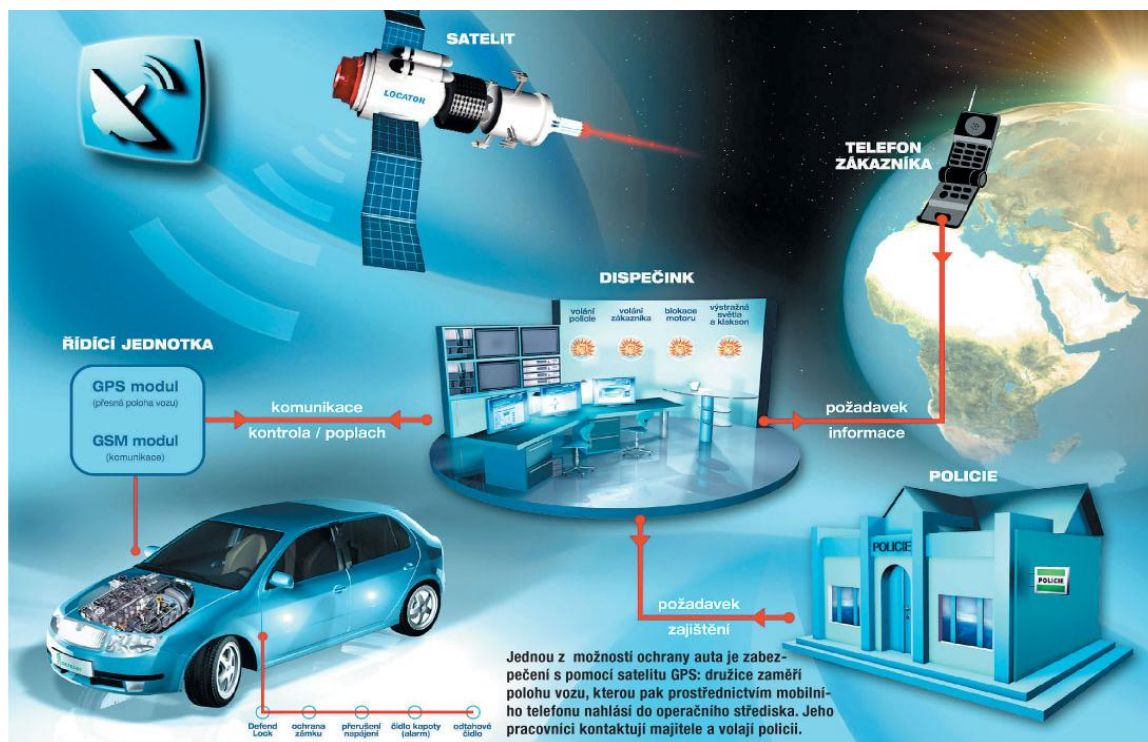
Jak systém funguje?

Jednotka obsahující GPS přijímač periodicky zjišťuje svoji polohu a pomocí integrovaného modemu odesílá data přes síť mobilního operátora na centrální server služby. Data je možno prohlížet z jakéhokoliv počítače nebo koncového zařízení, připojeného k síti internet a vybaveného webovým prohlížečem.

Při narušení střežené zóny automobilu (kapota, dveře nebo zavazadlový prostor automobilu) je na operační středisko systému vyslán tísňový signál chráněného vozu. Po obdržení tohoto signálu je informován majitel a je ověřeno, zda se opravdu jedná o krádež. V případě potvrzení celé události je zahájeno pátrání (pozemní i letecké jednotky) a rovněž je přizvána a informována Policie ČR.

Celý systém neslouží pouze ke střežení vozidla proti odcizení, ale i k:

- monitorování vozů,
- automatické zpracování knihy jízd,
- centrální zpracování dat a jejich záloha.



Obrázek 45 Princip funkce systému⁶⁷

Stále se po silnicích pohybuje několik set tisíc vozidel, které nejsou střeženy pomocí navigačních systémů. Pravděpodobnost vypátrání odcizeného automobilu bez využití GNSS systémů je 13%. Pokud je automobil střežen navigačními systémy a je odcizen, jeho pravděpodobnost vypátrání je 98%. Z tohoto důvodu hraje systém Galileo na trhu vyhledávání a střežení vozidel obrovskou roli. V případě kombinace systémů Galileo a GPS by se zpřesnilo, zrychlilo a zefektivnilo celkově vyhledávání vozidel. Nicméně systémy budou fungovat nezávisle na americkém systému GPS. [35]

Celá Česká republika má na svém území rozmístěno několik antén určených k zachycení rádiového signálu, který odcizené auto vysílá. Pokud dojde k rušení signálu nebo se automobil nachází v rádiovém stínu, jsou k jeho nalezení přizvány letecké jednotky.

⁶⁷ Zdroj: http://img.ihned.cz/attachment.php/950/13484950/DHzbq9SIFfQhMg6uWjP5mnLryV7NvtKT/ HN_070717_hx_01p.jpg

Zařízení pracuje s vlnovou délkou 2 metry a neodstíní jej žádný radar. K rušení signálu by musel být využit signál ještě silnější, což by bylo paradoxně ještě viditelnější než střežený signál. Pokud by k této situaci došlo, pachatel by na sebe více upozorňoval, než by se skrýval. Jediný způsob, jak systém zneškodnit, je fyzicky zneškodnit hlídací jednotu systému. Polohu ovšem nezná ani majitel střeženého vozu.

Pokud je vozidlo odcizeno v zahraničí, je jeho šance k nalezení menší. V tomto případě jsou povolány letecké jednotky a vozidlo je hledáno „ze vzduchu“ a pomocí systému GPS, případně nově budovaného systému Galileo. Po spuštění systému Galileo bude primárně systém fungovat pro Evropu, i když bude pokrývat signálem celý svět. Aby byl systém efektivní, musí být zapojen s kombinací GSM systémů, kdy je vozidlo v zahraničí vyhledáno GNSS systémy a jeho poloha je pak přenesena pomocí mobilního telefonu do řídicího střediska.

Vyhledáváním odcizených vozidel pomocí satelitu se v ČR zabývá již několik poskytovatelů. Mezi jedny největší patří firma Defend se systémem Defend Locator. Systémy nabízejí více možností, dle přání a investic zákazníka. Jak už bylo zmíněno výše, lze střežit rozlomení zámků, otevření kapoty, manipulace s řídicí jednotkou atd.

Největšími poskytovateli GSM služeb jsou v ČR společnosti T-Mobile a Telefónica. I tyto operátoři nabízejí funkce sledování a monitorování vozidel pomocí satelitu a mobilního telefonu, nicméně neslouží k ochraně před odcizením. [14]

Pokud se automobil ocitne mimo dosah antén, vzlétá k jeho pátrání letadlo.



Obrázek 46 Kabina letounu Morava L200 společnosti SECAR BOHEMIA, a. s.⁶⁸



Obrázek 47 Monitorovací středisko⁶⁹

^{68,69} Zdroj: <http://hn.ihned.cz/c1-21627570-strazci-aut-anteny-letadlo-satelit>

Kombinace GPS a GSM

Propojení obou technologií GPS (Global positioning systém) a GSM (Global System for Mobile communication) nabízí nepřehledné množství výhod. Vždy ale není vše ideální, a proto se můžeme setkat s množstvím rizik. I když nejsou tyto pojmy pro laiky zcela známé, jsou nezbytnou součástí každodenního života každého z nás. V ČR bylo v roce 2008 13 571 000 aktivních SIMkaret a jejich počet se neustále zvyšuje.

GPS a GSM systém lze využít v tzv. road-pricing (zpoplatnění cest neboli elektronické mýtné). Road-pricing je schopen ukládat průběžně data o jízdě a následně pomocí GSM tyto data přenést do elektronického zúčtovacího systému, kde se uživatel za určitý počet kilometrů strhne určitý finanční obnos. [32]

6.1.3 Sledování dopravy

Systém Galileo umožní řídit a sledovat plynulost dopravy. Ať už letecké, silniční nebo námořní. Vše se výrazně zjednoduší, pokud budou letadla, automobily a lodě vybaveny přijímači satelitní navigace s navigačním systémem. Pokud bude provoz plynule sledován, systém Galileo bude schopen zaznamenat změnu rychlosti jednotlivých vozidel vybavených přijímači a pokud se rychlost u velkého počtu automobilů na přibližně stejném místě sníží, pošle systém Galileo do řídicího centra informaci o tom, že vzniká dopravní zácpa. Potom může řídicí středisko prostřednictvím družic řidiče upozornit a nabídnout jim alternativní trasu. Z výpočtů plyne, že při zásahu řídicího střediska a jeho upozornění lze snížit cestovní čas o 10 – 20 %.

6.1.4 Správa vozového parku (Fleet management)

Systém Galileo bude schopen sledovat a řídit vozový park (automobily, autobusy, nákladní automobily atd.) a poskytne garanci za funkčnost služby, kterou doposud poskytují operátoři, 24 hodin denně. V Evropě je vybaveno více než 500 000 vozidel přístroji, informujícími o poloze vozidla příslušné řídicí centrum. Díky GNSS systémům se lidé využívající MHD a jiné dopravní prostředky dovedí přibližný čas příjezdu autobusu, či vlaku podle jeho aktuální polohy.

6.1.5 Pohotovostní a záchranné služby

Systém Galileo poskytne pohotovostním a záchranným vozidlům důležité informace o dopravě a situaci na silnicích. V Evropě jezdí přes 60 000 vozů rychlé záchranné služby, a pokud by byly vybaveny přijímači systému Galileo a komunikačním kanálem, díky obdrženým informacím se dostanou do místa nehody rychleji a efektivněji.

6.1.6 Inteligentní systémy pro asistenci při řízení

ADAS (Advanced Driving Assistance Systems) slouží k ochraně a zvýšení bezpečnosti vozidla při pohybu na silnicích. Galileo přijímače nebudou sloužit primárně jen k navigaci, ale budou poskytovat další užitečná data systému ADAS. Jsou to informace týkající se okolního prostředí vozidla, díky kterým bude řidič varován pasivně (varováním v přijímači Galileo, zvukovými signály) nebo aktivně (systém Galileo zasáhne přímo do řízení vozidla). Například bude-li se automobil blížit velkou rychlostí do prudké zatáčky. Funkce ADAS bude plně funkční pouze v případě stálého přísunu přesných polohových dat. Tuto funkci systém Galileo garantuje, takže se očekává, že více než polovina aut v Evropě bude využívat systém ADAS do konce roku 2020.

6.1.7 Systém výběru mýtného

V mnoha zemích Evropské unie se rozrůstá systém výběru mýtného. V České republice je tato služba zatím pouze pro nákladní automobily a způsob vybírání je prováděn pomocí dobíjecích palubních elektronických zařízení, které je nepřenosné a musí být umístěno na čelním skle. Tento systém funguje na principu mikrovlnné technologie. V ČR byla vybudována rozsáhlá síť mýtných bran, jejíž vybudování přišlo na 5, 853 mld. Kč a pokryto je pouze 970 km dálnic a rychlostních komunikací.

To by se dalo jednoduše řešit pomocí GNSS systémů, což se využívá již v několika zemích Evropské unie. Systém Galileo bude umožňovat výběr mýtného na bázi ujetých kilometrů na jakékoliv cestě pro jakékoliv vozidlo (těžká nákladní vozidla, kamionová doprava, osobní automobily atd.). Zpoplatnění bude realizováno spojením systému Galileo a systému GSM, pomocí kterého se budou platby odečítat. GNSS systémy se upřednostňují z hlediska nezávislosti na jakékoliv infrastruktuře a služby jsou velmi jednoduše rozšiřitelné. Další výhodou jsou různé cenové programy a služby, které vycházejí z inteligentních dopravních systémů.

Mýtný systém realizovaný systémem Galileo je nenáročný na investice, jelikož nemusí využívat zařízení umístěných na zpoplatněných cestách (mýtné brány). Provoz mýtných bran stojí ČR ročně okolo 1 mld. Kč, což je nezanedbatelná částka. Systém Galileo náklady výrazně sníží. V systému výběru mýtného bude možnost nahlédnout do historie ujetých tras a předejít tak sporům ohledně účtování poplatků. Galileo také napomůže předejít dopravním zácpám v blízkosti výběrčích míst.



Obrázek 48 Mýtná brána využívající mikrovlnnou technologii⁷⁰

⁷⁰Zdroj: http://i.idnes.cz/06/102/nesd/VSE1655fc_brana_foto.jpg

6.2 Aplikace v bezpečnostním průmyslu

System Galileo bude disponovat velkou přesností a garancí, proto pronikne oproti americkému GPS do dalších odvětví služeb. Bezpečnostní situace jako takové jsou s GNSS systémy úzce spjaté, proto je lze aplikovat v mnoha bezpečnostních oblastech. Ať už se jedná o provoz na veřejných komunikacích, železnici, letecké dopravě, tak i v záchranných operacích a mimořádných událostech, kde jde v mnoha případech o lidské životy. Za předpokladu spojení systému Galileo s již fungujícími systémy (GPS, GLONASS) budou v kooperaci všechny tyto systémy přesnější a dojde tak ke snížení ztráty na lidských životech. [26]

Bezpečnostní situací se rozumí podmínky, které jsou vytvářeny v určité době na definovaném úseku práce jednotlivých podniků komerční bezpečnosti a které mohou přímo nebo nepřímo ovlivnit konečný efekt práce těchto podniků a tím i spokojenost zákazníků a v neposlední řadě komerční zisk. [21]

Bezpečnostní situaci ovlivňuje několik faktorů. Jsou to:

- vlastní odborná připravenost podniků průmyslu komerční bezpečnosti,
- zahraničně-politické faktory,
- vnitropolitické faktory,
- sociálně-psychologické faktory,
- vliv vědecko-technického pokroku.

6.2.1 Přeprava peněz a cenností

Tato činnost je vykonávána zejména firmami působícími v průmyslu komerční bezpečnosti. Službu využívají hlavně banky, pošty, spořitelny a obchodní firmy. Přepravovány jsou zpravidla:

- tuzemské a zahraniční bankovky a mince,
- cenné papíry, vkladní knížky, šekové knížky, platební karty, kolky, poštovní známky, jízdenky, kupóny MHD, vstupenky a jiné ceniny,
- drahé kovy nebo slitiny drahých kovů a výrobky z nich,
- drahé kameny, perly a výrobky z nich, šperky,

- utajované předměty a písemnosti nebo cenné věci (plány, know-how výroby, nosiče cenných informací, výkresové dokumentace, obchodní dokumentace atd.).

Jedná se o nejnáročnější, nejobtížnější, nejsložitější a nejnebezpečnější přepravu majetku nebo věcí, a proto systém Galileo nemalou částí zasáhne i do tohoto sektoru. Nabídne možnost monitorování jednotlivých zakázek a zmenšení pravděpodobnosti jejich odcizení pachatelem.

Přeprava peněz a cenností se dá rozdělit na dvě části:

- a) Přenos
- b) Převoz

Přenos peněz a cenností

Lze realizovat pěšky nebo pomocí běžných dopravních prostředků (MHD, automobil, kolo, motocykl atd.). Přenos peněz a cenností bude pomocí systému Galileo jednodušší chránit a sledovat. Monitorování po celou dobu přesunu po předem stanovené trase bude samozřejmostí. Vychýlení od dané trasy tak bude jednodušší odhalit. Přenos se provádí pomocí bezpečnostních zavazadel, které jsou opatřeny kvalitním zámkovým systémem, který je přizpůsoben charakteru a velikosti zavazadla. Dále je nutno respektovat požadavky pojišťoven na zabezpečení přenášeného předmětu. Bezpečnostní zavazadla se dělí na:

a) Aktivní

Aktivní bezpečnostní zavazadla jsou taková zavazadla, která jsou schopna zranit člověka při neoprávněné manipulaci. To znamená, že se brání (např. hlukem nad 145 dB, čímž ohrožují sluchové orgány pachatele, plynové nebo elektroparalyzující zábrany, slzné náplně atd.)

b) Pasivní

Pasivní bezpečnostní zavazadla nikoho při náhodné manipulaci nezraní. Jejich součástí jsou signalizační prvky či sledovací zařízení (prvek systému Galileo) pomocí kterých lze po odcizení dané zavazadlo sledovat. Mezi pasivní prvky patří také systémy s primárním úkolem zničit obsah zavazadla (chemické nástrahy, zamořovací patrony atd.). V tomto případě se jedná především o bankovky nebo cenné papíry.

Převoz peněz a cenností

I v oblasti převozu peněz a cenností systém Galileo zasáhne svými funkcemi. V tomto případě se jedná ve většině případů o převoz vyšších peněžních obnosů nebo cenin. Přeprava je realizována pomocí opancérovaných vozů. Předpokládá se, že takovéto vozy, vyráběné specializovanými firmami budou vybaveny přijímači Galileo signálu. Dojde tak k jejich monitorování. K převozu peněz a cenností lze využít užitkových nebo osobních vozů, kde osobní vozy jsou využívány zejména k převozu V. I. P osob či jiných chráněných osob. [23]

6.2.2 Řízení záchranných prací při mimořádných událostech

Dělení mimořádných událostí ve znění zák. č. 320/2002 Sb.:

1. Mimořádné události vyvolané činností člověka
 - a) Mimořádné události vyvolané úmyslným škodlivým působením člověka
 - b) Mimořádné události vyvolané škodlivým působením člověka z nedbalosti (např. jako důsledek porušení povinností uložených právním předpisem)
2. Mimořádné události vyvolané přírodními vlivy
3. Havárie

Mezi mimořádné události patří v poslední době hlavně události vyvolané úmyslným škodlivým působením člověka a to konkrétně teroristické⁷¹ činnosti, kdy je použito k dosažení určitého cíle prostředků, které ohrožují život a zdraví většího počtu osob nebo mají za účel způsobit velké škody na majetku. K vyvolání takové události jsou použity zbraně hromadného ničení, jako jsou např. jedy, chemické a jaderné zbraně. Využívá se také konvenčních zbraní hromadné účinnosti (granát, miny, bomby atd.). [20]

⁷¹Terorismus – metoda zastrašování politických odpůrců hrozbou a užitím násilí např. pumové útoky, únosy, vraždy, atentáty, „veřejné popravy“, mučení. Smyslem nastolení teroru je vytvořit ovzduší extrémního psychického nátlaku na jednotlivce i skupiny obyvatelstva. Terorismus vzrostl zejména po 2. světové válce a stal se formou boje různých nacionalistických nebo fundamentalistických náboženských skupin. Terorismus narostl do mezinárodní dimenze a má řadu specifických podob (jaderný, chemický, biologický terorismus, kyberterorismus, ekoterorismus atd.) Zdroj: [20]

Reakce na tyto události musí být rychlá a pohotová. V ohrožení je spousta lidských životů a primárním úkolem je tyto životy chránit a pomáhat zraněným. Nutností je také odstranění vzniklých překážek na silnici a opětovné vytvoření plynulosti provozu. V moderních automobilech fungují systémy, které rozpoznají autonehodu a jejich součástí jsou integrované přijímače navigačních systémů propojené přímo se záchrannými centry. V případě nehody jsou informace o poloze havarovaného vozidla přenášeny přímo na dispečink záchranných center a dále pak vysílány přímo k zásahovým vozidlům. Pro ty bude jednodušší automobil nalézt. Systém Galileo bude poskytovat přesnost, která dokáže určit směr automobilu i pruh, ve kterém se na vozovce nachází.

Při mimořádné události hraje obrovskou roli čas. Mezi nahlášením mimořádné události a příjezdem záchranných vozidel se může doba měnit v závislosti na závažnosti a lokalitě. V současné době lze mimořádnou událost nahlásit pouze pomocí telefonu a určení přesné polohy mobilního telefonu je z více než 40 % nepřesné. Operátoři na území ČR poskytli linku 112, pomocí které by mělo být určení polohy nejpřesnější a nejrychlejší a tato informace by měla být předána záchranným složkám. Dojde ke zrychlení výjezdu záchranných vozidel, zmenší se pravděpodobnost úmrtí obětí, zvýší se počet volajících a tím tak dojde ke zlepšení záchranných prací při odstraňování mimořádných událostí. Určování polohy se výrazně zpřesní díky integraci Galileo přijímačů do mobilních telefonů a službě SAR (Search And Rescue), kterou systém Galileo poskytuje.

V případě např. chemických havárií se nebudou informace týkat pouze polohy vozidla, ale Galileo jednotka poskytne také informace o množství a druhu převáženého materiálu.

Pokud budou Galileo přijímače integrovány přímo do záchranných vozidel, dispečink dokáže vyhodnotit jejich polohu a následně bude moci efektivněji navrhnout cestu k mimořádné události. Zkrátí se tak doba zásahu a tím i ztráty na lidských životech.

Systém Galileo není určen primárně jen pro pozemní záchranné jednotky. Využití najde i v leteckém a říčním sektoru. Helikoptéry budou moci létat za snížené viditelnosti, což je doposud nemožné.

6.2.3 Bezpečnost na železnici

V železniční dopravě na regionálních tratích poskytne systém Galileo téměř 100% dostupnost a pokrytí, eliminují se tak nehody vlakových souprav. I když dochází k nehodám na železnici jen v ojedinělých případech, následky takových událostí jsou ve většině případů katastrofální a ztráty na lidských životech se dají počítat na stovky. Systém Galileo bude sloužit jako doplňkový nástroj určování polohy a pro předcházení takovým událostem.

Systém Galileo bude spolupracovat v souladu se standardy Evropského systému řízení železniční dopravy (European Rail Traffic Management System, ERTMS).

6.2.4 Bezpečnost v letecké dopravě

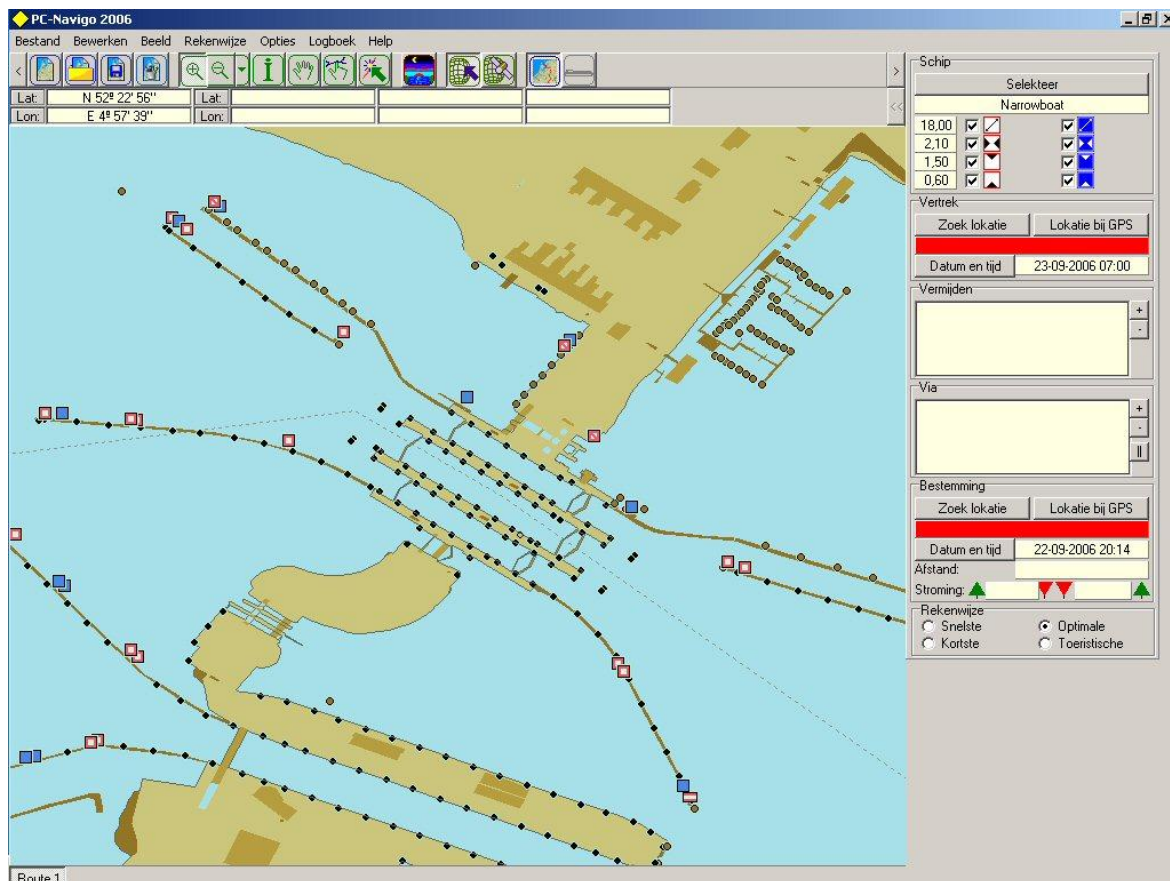
Hlavní výhodou systému v letecké dopravě bude poskytnutí čtyřdimenzionální navigace. Což znamená poskytnutí informací ve formě tří polohových souřadnic a přesného času. To vše během všech letových fází. Výhodou je, že letadla nebudou muset komplikovaně přecházet z jednoho navigačního systému na druhý, který má rozdílné vlastnosti. Díky systému Galileo budou moci letadla přistát kdekoli na světě bez jakékoli podpory pozemních systémů a to je obrovskou výhodou pro oblasti s méně rozvinutou pozemní infrastrukturou. Díky tzv. Controlled Flight Into Terrain (CFIT), což je kontrola nárazu letadla do zemského terénu, se výrazně sníží riziko havárie zapříčiněné právě nárazem do zemského povrchu. Pokud se letadlo ocitne v prostoru nepokrytém pozemním radarem, stane se tak systém Galileo jedinou fungující složkou mezi systémy zabraňujícími srážce letadel.

6.2.5 Bezpečnost v námořní a říční dopravě

I v oblasti říční a námořní dopravy Galileo zvýší přesnost určení polohy a tím tak vyhledávací a záchranné práce. Satelitní navigace je plně využívána i v dnešní době v globálním námořním záchranném systému (Global Maritime Distress and Safety System, GMDSS).

Systém Galileo díky integritě, automatickému identifikačnímu systému (Automatic Identification System, AIS) a elektronickým mapovým a informačním systémem (Electronic Chart Display and Information System, ECDIS) zvýší bezpečnost a bude

neustále poskytovat informace o lodích nacházejících se v okolí. Systémy nejsou určeny pouze pro mořské vody, ale i pro říční, pobřežní a vnitrozemské vodní cesty. Zvětší se přesnost např. při navigaci lodí do přístavů, doků, zdymadel (viz Obrázek 49). Eliminuje se vjetí lodě na mělčinu atd.



Obrázek 49 Program kontrolující průjezd lodě zdymadlem⁷²

Systém Galileo bude sloužit k optimalizaci plynulosti námořní a říční dopravy. Zvýší se tak bezpečnost všech lodí. Uplatnění nalezne také při manipulaci a koordinaci lodí velkých rozměrů v přístavech, kde musí být manipulace s loděmi provedena s velkou přesností a to z důvodu, aby se nepoškodila samotná loď.

⁷² Zdroj: http://www.versandecke.de/shop/USER_ARTIKEL_HANDLING_AUFRUF.php?darstellen=1&Kategorie_ID=38&Ziel_ID=116&mySession_ID=3cbf4f3367693fade4966a9cddf5c218

6.3 Ostatní aplikace

System Galileo bude využíván nejen ve výše zmíněných oblastech, ale i v mnohem širším pojetí. Uplatnění nalezne jak v městské hromadné dopravě, tak i v energetickém průmyslu, zemědělství, civilní ochraně, životním prostředí a v nemalém zastoupení i ve stavebnictví.

6.3.1 Městská hromadná doprava

System Galileo poslouží jako prostředek k optimalizaci dopravy ve městech a bude hrát důležitou roli z hlediska snižování dopravních zácp, znečištění životního prostředí a jiných vlivů působících ve městech. Jak u automobilů, tak i v městské hromadné dopravě bude plně využita satelitní navigace, která autobusům napomůže při orientaci ve velkých městech. Jednodušší bude sledování celého vozového parku vozidel hromadné dopravy. Dispečink bude mít přehled, kde se která linka hromadné dopravy přesně nachází, jestli stojí delší dobu na jednom místě nebo jestli jede přesně podle jízdního řádu.

Pro cestující bude mít Galileo také opodstatňující funkci. Pokud budou zastávky vybaveny informačními systémy, cestující budou znát zpoždění svého dopravního prostředku, budou moci poskytovat turistické informace, které budou zpřístupněny přímo uvnitř dopravních prostředků a budou informovat cestující o jejich aktuální poloze, přibližného času příjezdu atd.

6.3.2 Energetický průmysl

Jestliže firmy dodávající energii do domácností budou využívat mapovací systém, bude počet výpadků elektřiny snížen přibližně o 20 %. System Galileo poskytne přesné určení stožárů, transformátoru a dokonce i stanic u koncových zákazníků. Pokud dojde k výpadku proudu, může být místo okamžitě pomocí družic Galileo označeno a odstranění závady pak bude rychlejší a efektivnější.

GNSS systémy jsou využívány v oblasti energetického průmyslu hlavně v odlehlejších oblastech, kde není tak rozvinutá infrastruktura. Přenos dat a informací v reálném čase umožní dělat okamžitá a rychlá rozhodnutí. Spolehlivé informace systému Galileo budou primárním zdrojem určování polohy při usazování ropných plošin nad ložiska ropy.

Ukotvení plošiny k místu budoucího vrtu je měřeno s přesností na milimetry. Seismický průzkum bude „těžit“ právě z informací získaných ze systému Galileo. Detailní mapování nových nalezišť zvýší bezpečnost těžebních činností.



Obrázek 50 Ropná plošina⁷³

6.3.3 Zemědělství

V sezóně i mimo ni je v zemědělství problém práce v noci. Snížená viditelnost značně komplikuje práci na polích i mimo ně. Systém Galileo poskytne možnost pracovat v noci a přesně. Navigace zemědělských strojů se využívá i v dnešní době, nicméně systém Galileo by ji měl posunout o úroveň výše a měla by se stát nedílnou součástí každého moderního zemědělského stroje.

Navigace se ovšem netýká v oblasti zemědělství jen pozemních strojů, ale i zemědělských letadel, které provádí chemické postřiky. Systém poskytne pilotovi přesné informace o poloze a umožní mu tak nastříkat herbicidy, hnojiva a insekticidy na správné místo a hlavně ve správném množství. Systém řízení celého procesu postřiku tak bude efektivnější a sníží se jeho celková spotřeba. Přijímače signálu Galileo budou umístěny na rozstřikovačích a budou propojeny s databází postřiků. Tím se naskytne možnost vytvoření mapy postřiku – kde, kolik a v jaké míře byl postřik použit.

⁷³ Zdroj: <http://ekonomika.sme.sk/c/3514810/cena-ropy-mierne-poklesla.html>

6.3.4 Civilní ochrana

Z hlediska civilní obrany v krizových situacích je nutné koordinovat velký počet osob a to i v nepříznivých podmínkách. Jedná se převážně o koordinaci letadel. Při katastrofách jako jsou zemětřesení, záplavy, sesuvy půdy, požáry, je většinou klasická dopravní a telekomunikační síť nefunkční právě působením zmíněných katastrof.

Útvary civilní ochrany tak budou moci plně využít systém Galileo v takových situacích. Spolehlivost za obtížných podmínek je jednou z výhod systému a nezávislost na pozemní infrastruktuře je výhodou další. Proto bude jednodušší zvládnout následky katastrofických situací.

Použití systému Galileo v oblasti civilní obrany:

- sledování a předpověď katastrof,
- řízení záchranných prací,
- tísňová volání a nehody,
- operace humanitární pomoci.

6.3.5 Životní prostředí

V ochraně životního prostředí najde systém Galileo zejména při sledování znečišťujících látek, nebezpečného nákladu, pohybu ledovců, při mapování oceánů a ledových polí. Také při studování přílivů, mořských proudů, výšky mořské hladiny atd. Pomocí systému Galileo bude dále možno sledovat atmosféru, vodní páru (poslouží k určení předpovědi počasí), klima, i celou ionosféru atd. Galileo zajistí kvalitní rádiové spojení nebo informace o zemětřesení. Monitorovat bude možné i přesun velkého počtu zvířat.

Použití systému Galileo v oblasti životního prostředí:

- monitorování životního prostředí,
- přírodní vědy,
- ochrana moří a oceánů,
- ochrana životního prostředí.

6.3.6 Stavebnictví

Ve stavebnictví je kladen důraz na dva faktory a těmi jsou přesnost a spolehlivost polohových dat. Cílem je snižování stavebních nákladů, zvýšení efektivity stavebních prací a v neposlední řadě zvýšení produktivity práce. Systém Galileo bude využíván v oblasti projektování nových budov, údržby a monitorování existujících staveb a konstrukcí.

Pokud se zaměříme na sledování staveb, tak při vhodném umístění (použití) přijímačů Galileo např. na mosty, hráze, výškové budovy, kde bytelnost konstrukcí je ovlivněna zejména klimatickými podmínkami (vítr, déšť atd.) bude možnost sledovat pohyb takových konstrukcí. Většina mostů je zatížena více, než bylo předpokládáno při jejich projektování. Mosty procházejí v dnešní době rozsáhlými rekonstrukcemi, aby takovému náporu vůbec odolaly. Díky systému Galileo bude monitorování zautomatizované a veškeré výkyvy proti normě systém zaznamená a okamžitě ohlásí. [26]



Obrázek 51 Princip řízení stavebních strojů systémem TOPCON (systém GPS)⁷⁴

1 - radioanténa, 2 - GPS přijímač, 3 - přepínač automatiky, 4 - hydraulika stroje, 5 - kontrolní skříňka, 6 - GPS anténa.

⁷⁴ Zdroj: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/nektere-novinky-laserove-techniky-na-vystave-inter/>

Na obrázku 36 na předcházející straně vidíme využití GNSS systému ve stavebnictví, kdy systém navigace může zcela ovládat celý stavební stroj automaticky. Systém Galileo bude založen na podobném principu jako systém GPS. Firma TOPCON představila v roce 2007 nový přijímač GR-3 GNSS, který již byl představen na výstavě INTERGEO 2006, ale nyní má širší funkční rozsah. Může kombinovat všechny tři družicové navigační systémy, GPS, GLONASS i evropský systém GALILEO. Na obrázku č. 37 je finišer VÖGELE řízený přijímačem GR-3 TOPCON. [38]



Obrázek 52 Finišer VÖGELE řízený přijímačem GR-3 GNSS TOPCON⁷⁵

⁷⁵ Zdroj: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/nektere-novinky-laserove-techniky-na-vystave-inter/>

ZÁVĚR

Zabezpečit automobil před odcizením je v současné době mnohdy důležitější, než ochrana jakéhokoliv jiného majetku. V minulosti nebyla nabídka automobilů příliš velká a výběr nebyl tedy nijak zvlášť těžký. Dnes je automobilový trh přesycený nepřeborným množstvím značek a za některou z nich lze utratit horentní sumu peněz. Kolikrát je automobil dražší než vlastní bydlení, a proto je nezbytné jej chránit.

System GPS byl donedávna na trhu satelitní navigace lídrem a většina lidí netušila, že ve vesmíru létají a vznikají konkurenční navigační systémy, které by mohly americkému GPS prvenství na trhu přebrat. Vlivem rychlého vývoje technologií zastaral i systém GPS a po představení projektu Galileo byly Spojené státy americké nuceny začít svůj systém modernizovat. Zvýšením počtu družic na současných dvaatřicet tak mohl americký systém GPS čelit mladým systémům jako je právě vznikající moderní a technicky vyspělé Galileo. Evropa ovšem není jediná, která nechtěla zůstat pozadu a být závislá pouze na americkém systému GPS. Rusko obnovilo svůj upadající systém GLONASS a vlastní navigační systém začala v roce 2007 vyvíjet i Čína.

Myslím si, že hlavní předností systému Galileo je právě jeho technická vybavenost. Systém Galileo nese na palubě svých družic nejmodernější atomové hodiny a pokrytí signálem by mělo být dostačující pro celý svět. Podle mého názoru je budoucí vzájemná komunikace žádoucí a všechny vyvíjené systémy a aplikace by měly být vyvíjeny s podporou signálů Galileo-GPS. I přes konkurenci ruského a vyvíjejícího se čínského systému je v drtivé většině zemí světa využíván systém GPS. Kompatibilita systému Galileo a GPS je tedy u modernějších přijímačů zajištěna, i když na trhu zabírají stále minoritní podíl. Domnívám se ale, že konkurence bude na tuto situaci reagovat a do prodeje se dostanou pouze přijímače kompatibilní s oběma systémy.

Systém Galileo bude v oblasti vyhledávání a střežení vozidel hrát klíčovou roli. Je potřeba si uvědomit sílu tohoto systému a tu skutečnost, že čím dříve bude systém Galileo spuštěn, tím kvalitnější bude nejen ochrana vozidel, nýbrž i samotná navigace a v neposlední řadě i ochrana majetku a osob.

Pevně doufám, že si systém Galileo najde cestu ke svým uživatelům. Lidé by se s jeho možnostmi, využitím a nezbytností měli seznámit, a tak si uvědomit, jak velkou a klíčovou roli hraje systém Galileo v našem životě. Jeho další rozvoj a využití mají zásadní význam pro ochranu majetku.

CONCLUSION

Secure the vehicle from theft is often more important these days than any other possession protection. Car supply was not too wide in the past so the choice was not so difficult. Today the vehicle market is oversaturated of big amount of marques. It is possible to spend an exorbitant amount of money on some of it. Car is often much more expensive than own living. That's why it's necessary to protect the car.

The GPS system was the leader of the satellite navigation market until recently and many people didn't realize that there are flying and forming competing navigation systems in outer space, which might take over the American GPS system leadership. According to the rapid technology development GPS system has got out of date and after the Galileo project presenting the United States American were obliged to modernize their system. Thanks to heighten the number of satellites to thirty two the American GPS system could face up younger systems like modern and technically advanced Galileo. But Europe is not the only, which would not like to stay behind and beholden only to the American GPS system. Russia restored its declining GLONASS system. China has been developing its own navigation system since 2007.

I think the main advantage of Galileo system is just its technical facilities. There are the most modern atomic clock on the deck of Galileo system satellites so the global signal coverage should have been sufficient. According to my opinion the future mutual communication is desired and all developing systems and applications should have been developed with GALILEO-GPS signal support. Despite of Russian and Chinese system competition the GPS system uses the majority of all states. Galileo and GPS system compatibility is known in the modern receivers even if it has the minor part of the market. But I consider competition will react to this situation and receivers compatible with both systems gets to the sales solely.

Galileo system will have the main role in searching and protecting vehicles. It's necessary to realize the strength of this system and the fact, that the earlier Galileo system starts up the better quality the vehicles protecting, the navigation and possession and human protecting will be.

I believe Galileo system will find out the way to its users. People should know its possibilities, usage and necessity and appreciate how key role plays Galileo system in our lives. Galileo system further development and usage have the fundamental significance in possession protecting.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Auto.cz* [online]. 1997, 18. 12. 2009 [cit. 2010-05-09]. Audi A8: Multimediální rozhraní MMI s podporou Google Earth. Dostupné z WWW: <<http://news.auto.cz/technika/audi-a8-multimedialni-rozhrani-mmi-s-podporou-google-earth.html>>
- [2] COUNCIL RESOLUTION of 19 July 1999 on the involvement of Europe in a new generation of satellite navigation services — Galileo- Definition phase. *Official Journal of the European Communities*. 3. 8. 1999, C221, s. 1-3
- [3] *Czech candidature for the GSA Seat* [online]. 2006 [cit. 2010-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.gsa-czechrepublic.cz/>>
- [4] *Digital combat simulator* [online]. 2007 [cit. 2010-05-09]. Ka-50. Dostupné z WWW: <http://www.digitalcombatsimulator.com/index.php?end_pos=950>
- [5] *Ekonomika.sme.sk* [online]. 1999 [cit. 2010-05-09]. Cena ropy mierne poklesla. Dostupné z WWW: <<http://ekonomika.sme.sk/c/3514810/cena-ropy-mierne-poklesla.html>>
- [6] *ESA* [online]. 2003, 2010 [cit. 2010-05-08]. ESA - Satellite Applications - Navigation - Galileo - GIOVE. Dostupné z WWW: <<http://www.giove.esa.int/index.php?menu=1>>
- [7] *European Commission Enterprise and Industry Space* [online]. 1995, 2010 [cit. 2010-04-11]. Galileo - What do we want to achieve?. Dostupné z WWW: <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/space/galileo/index_en.htm>
- [8] *FINMECCANICA* [online]. 2000 [cit. 2010-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.finmeccanica.com/Holding/EN/index.sdo>>
- [9] *GIOVE* [online]. 2003 [cit. 2010-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.giove.esa.int/index.php?menu=1>>
- [10] *GLONASS In Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-05-08]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/GLONASS>>

- [11] GNSS In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-05-08]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/GNSS>>
- [12] Gns In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2010-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Gns>>
- [13] *GPS* [online]. 2007 [cit. 2010-05-08]. Vše okolo GPS. Dostupné z WWW: <http://gps.tym.cz/vypocet_trilaterace.php>
- [14] *HN.IHNED.CZ* [online]. 1996, 17. 7. 2007 [cit. 2010-05-08]. Strážci aut: antény, letadlo, satelit. Dostupné z WWW: <<http://hn.ihned.cz/c1-21627570-strazci-aut-anteny-letadlo-satelit>>
- [15] *How GPS works* [online]. 2006, 2008 [cit. 2010-05-09]. GLONASS. Dostupné z WWW: <<http://www.how-gps-works.com/glossary/glonass.shtml>>
- [16] *IDNES.cz* [online]. 1999, 27. 1. 2009 [cit. 2010-05-09]. Zloději loni ukradli nejméně aut za posledních třináct let. Dostupné z WWW: <http://zpravy.idnes.cz/zlodeji-loni-ukradli-nejmene-aut-za-poslednich-trinact-let-pa3-/krimi.asp?c=A090126_224848_krimi_dp>
- [17] *Inside GNSS* [online]. 2001, [cit. 2010-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.insidegnss.com/>>
- [18] *Iphones* [online]. 2006, 2010 [cit. 2010-05-09]. Google navigation. Dostupné z WWW: <<http://www.iphones.ru/tag/gps>> [29]
- [19] *Kosmo* [online]. 2001, 17. 4. 2007 [cit. 2010-05-09]. Účinky slunečních erupcí na GPS. Dostupné z WWW: <<http://www.kosmo.cz/modules.php?op=modload&name=kosmo&file=article&sid=1025>>
- [20] LAUCKÝ, Vladimír. *Speciální bezpečnostní technologie*. Vyd. 1. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. 223 s. ISBN 978-80-7318-762-0 (brož.)
- [21] LAUCKÝ, Vladimír. *Řízení technologických procesů v průmyslu komerční bezpečnosti*. Vyd. 2. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. 101 s. : ISBN 80-7318-432-X (brož.)

- [22] LAUCKÝ, Vladimír. *Technologie komerční bezpečnosti I.* Vyd. 3. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010. 81 s. : ISBN 978-80-7318-889-4 (brož.)
- [23] LAUCKÝ, Vladimír. *Technologie komerční bezpečnosti II.* Vyd. 2. Zlín : Univerzita Tomáše Bati, 2007. 123 s. : ISBN 8073182319 (brož.).
- [24] Lockheed martin In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-05-09]. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Lockheed_martin>
- [25] *Mapy.cz* [online]. 2005 [cit. 2010-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.mapy.cz/>>
- [26] *Národní kontaktní bod Galileo* [online]. 2006, 2010 [cit. 2010-02-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.czechspace.cz/cs/galileo>>
- [27] *NASA - Deep space network* [online]. 2004 [cit. 2010-05-09]. Antennas. Dostupné z WWW: <<http://deepspace.jpl.nasa.gov/dsn/antennas/70m.html>>
- [28] *National space agency of Ukraine* [online]. 2004, 29. 9. 2008 [cit. 2010-05-09]. GLONASS-M satellites. Dostupné z WWW: <<http://www.pryroda.gov.ua/en/index.php?newsid=5001433>>
- [29] *Navigation center* [online]. 2001, 9. 5. 2010 [cit. 2010-05-09]. GPS Constellation Active Nanu Status. Dostupné z WWW: <<http://www.navcen.uscg.gov/navinfo/Gps/ActiveNanu.aspx>>
- [30] New directions for GPS. *Popular Science*. 1996, prosinec, s. 93-96. ISSN 0161-7370
- [31] *Popnano* [online]. 2008, 2009 [cit. 2010-05-09]. GLONASS. Dostupné z WWW: <<http://popnano.ru/images/news/glonass.jpg>>
- [32] REISCHL, Gerald., Sběratelé elektronických dat pod lupou /. Vyd. 1. Praha : Knižní klub, 2001. 254 s. ; ISBN 8024205149 (váz.)
- [33] *Russian Space Agency* [online]. 2006 [cit. 2010-05-09]. Information - analytical centre. Dostupné z WWW: <<http://www.glonass-ianc.rsa.ru/pls/htmldb/f?p=202:1:1816617366987967>>
- [34] SECURITY Magazín. Praha : FAMily media, 2006-2010. ISSN 1210-8723.

- [35] *SHERLOG* [online]. 2008 [cit. 2010-05-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.secar.cz/cz/home>>
- [36] *Space and tech* [online]. 2000 [cit. 2010-05-09]. Dostupné z WWW: http://www.spaceandtech.com/index_current.html
- [37] *Space technologies and satellite systems department* [online]. www.mdcr.cz, 2009, 2010 [cit. 2010-05-10]. Galileo. Dostupné z WWW: <<http://www.spacedepartment.cz/wiki/GALILEO>>
- [38] *Stavebnictví a interiér* [online]. 2001, 9. 1. 2008 [cit. 2010-05-08]. Některé novinky laserové techniky na výstavě INTERGEO 2007 v Lipsku (část 2) - Stavebnictví a interiér. Dostupné z WWW: <<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/nektere-novinky-laserove-techniky-na-vystave-inter/>>
- [39] ŠUNKEVIČ, Martin. *Evropský družicový navigační systém Galileo*. Jindřichův Hradec, 2008. 57 s. Bakalářská práce. Vysoká škola ekonomická v Praze
- [40] *UK Space agency* [online]. 2003, 19. 2. 2008 [cit. 2010-05-09]. Galileo - MEO. Dostupné z WWW: <http://www.bnsc.gov.uk/assets/channels/discovering_space/2-Galileo-MEO.jpg>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ADAS	Advanced Driving Assistance Systems
AIS	Automatic Identification System
CC	Control Center
CE	Control Segment
CFIT	Controlled Flight Into Terrain
CMCU	Clock Monitoring and Control Unit
CS	Commercial Service
EC	European Commission
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
ECEF	Earth-Centered, Earth-Fixed
EFC	Electronic Fee Collection
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ESA	European Space Agency
FDMA	Frequency Division Multiple Access scheme
FOC	Full Operational Capability
FSS	Flight Service Stations
GCS	Ground Control Segment
GJU	Galileo Joint Undertaking
GLONASS	GLObal'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema
GMDSS	Global Maritime Distress and Safety System
GMS	Ground Mission Segment
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GSA	GNSS Supervisory Authority

GSM	Global System for Mobile communication
GSS	Galileo Sensor Stations
GVM	Gabaritno-Vesovoj Maket
HP	High Precision/Positioning
ICAO	International Civil Aviation Organization
IMO	International Maritime Organization
IOV	In-Orbit Validation phase
IPF	Integrity Processing Function
ITU	International Telecommunication Union
MEO	Medium Earth Orbit
MS	Monitor Station
NAGU	Notice Advisory to GLONASS Users
NAVSTAR	NAVigation Signal Timing And Ranging
NSU	Navigation Signal generator Unit
OD&TS	Orbitography Determination and Time Synchronisation
OS	Open Service
PRN	Pseudo Random Noise
PRS	Public Regulated Service
SAR	Search And Rescue service
SCC	System Control Center
SISA	Signal-In-Space accuracy
SLR	Satellite Laser Ranging
SoL	Safety of Life service
SOPS	Space Operations Squadron
SP	Standard Precision/Positioning

SREM	Standard Radiation Environment Monitor
SS	Space Segment
TDOA	Time Difference Of Arrival
TOA	Time Of Arrival
TT&C	Telemetry, Tracking and Command/Communication
ULS	Up-Link Station
US	User Segment

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1</i> Oficiální logo systému NAVSTAR GPS.....	13
<i>Obrázek 2</i> Rozmístění orbitálních drah systému GPS.....	15
<i>Obrázek 3</i> Keana point – satelitní stanice GPS na ostrově Oahu (Hawai).....	16
<i>Obrázek 4</i> Letecký pohled na monitorovací stanici.....	16
<i>Obrázek 5</i> Pohled na ostrov Kwajalein Atoll.....	17
<i>Obrázek 6</i> Umístění monitorovací stanice GPS – Kwajalein Atoll.....	17
<i>Obrázek 7</i> Umístění monitorovací stanice GPS – Ascension.....	18
<i>Obrázek 8</i> Pohled na ostrov Ascension.....	18
<i>Obrázek 9</i> Umístění monitorovací stanice GPS – Diego García.....	19
<i>Obrázek 10</i> Letecký pohled na ostrov Diego García.....	19
<i>Obrázek 11</i> Hlavní řídicí středisko systému GPS – Colorado springs (Schriever Air Force Base (Schriever AFB)).....	20
<i>Obrázek 12</i> Umístění monitorovací stanice GPS – Colorado springs, Colorado.....	20
<i>Obrázek 13</i> Družice GPS.....	21
<i>Obrázek 14</i> Uživatelské přijímače GPS.....	22
<i>Obrázek 15</i> Oficiální logo systému GLONASS.....	23
<i>Obrázek 16</i> Družice systému GLONASS-M.....	25
<i>Obrázek 17</i> Rozmístění orbitálních drah systému GLONASS.....	26
<i>Obrázek 18</i> Vojenský ruční kombinovaný přijímač GLONASS/GPS využívající metod kódového měření.....	28
<i>Obrázek 19</i> Vojenské využití systému GLONASS.....	29
<i>Obrázek 20</i> Logo navigačního systému Galileo.....	31
<i>Obrázek 21</i> Rozmístění orbitálních drah systému Galile.....	35
<i>Obrázek 22</i> Vysílací anténa.....	36
<i>Obrázek 23</i> Vybraná budova pro sídlo GSA v ČR.....	44
<i>Obrázek 24</i> Vhodná budova pro GSA – venkovní pohled 1.....	45
<i>Obrázek 25</i> Vhodná budova pro GSA – venkovní pohled 2.....	45
<i>Obrázek 26</i> Vhodná budova pro GSA – vnitřní pohled 1.....	46
<i>Obrázek 27</i> Vhodná budova pro GSA – vnitřní pohled 2.....	46
<i>Obrázek 28</i> Start rakety nesoucí experimentální družici.....	49
<i>Obrázek 29</i> Schéma systému GIOVE.....	51

<i>Obrázek 30 Experimentální družice GIOVE-A</i>	52
<i>Obrázek 31 Jádro družice GIOVE-A</i>	54
<i>Obrázek 32 Experimentální družice GIOVE-B</i>	55
<i>Obrázek 33 Jádro družice GIOVE-B</i>	56
<i>Obrázek 34 Družice GIOVE-B</i>	56
<i>Obrázek 35 Galileo družice</i>	57
<i>Obrázek 36 Družice Galileo zabírající Zemi</i>	59
<i>Obrázek 37 Družice Galileo</i>	61
<i>Obrázek 38 Pasivní vodíkové maserové hodiny – SELEX Galileo</i>	63
<i>Obrázek 39 Rubidiové atomové hodiny</i>	64
<i>Obrázek 40 Znáznornění známých i neznámých veličin při určování polohy pomocí kódového měření</i>	68
<i>Obrázek 41 Určení polohy pomocí TDOA ve 3D zobrazení (hyperboloid positioning)</i>	71
<i>Obrázek 42 Chybový model trilaterace</i>	73
<i>Obrázek 43 Ukázka využití GNSS systémů</i>	76
<i>Obrázek 44 Navigační systém Audi A8 – rozhraní MMI s podporou GoogleEarth</i>	78
<i>Obrázek 45 Princip funkce systému</i>	80
<i>Obrázek 46 Kabina letounu Morava L200 společnosti SECAR BOHEMIA, a. s.</i>	82
<i>Obrázek 47 Monitorovací středisko</i>	82
<i>Obrázek 48 Mýtná brána využívající mikrovlnnou technologii</i>	85
<i>Obrázek 49 Program kontrolující průjezd lodě zdymadlem</i>	91
<i>Obrázek 50 Ropná plošina</i>	93
<i>Obrázek 51 Princip řízení stavebních strojů systémem TOPCON (systém GPS)</i>	95
<i>Obrázek 52 Finišer VÖGELE řízený přijímačem GR-3 GNSS TOPCON</i>	96

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 Přehled GNSS</i>	11
<i>Tabulka 2 Složky signálu GPS</i>	65