

Vysoká škola ekonomická v Praze

Fakulta managementu v Jindřichově Hradci



Bakalářská práce :

Využití satelitní navigace v dopravě

Vypracoval : Radim Pešek

Školní rok : 2006/2007

Vedoucí práce : RNDr. Bc. Michal Traurig

Využití satelitní navigace v dopravě

Prohlášení :

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma „Využití satelitní navigace v dopravě“ jsem vypracoval samostatně. Použitou odbornou literaturu a podkladové materiály uvádím v příloženém seznamu literatury.

Ve Strakonících 31.7.2007

Podpis :

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu RNDr. Bc. Michalu Traurigovi za odborné vedení, pečlivé posouzení, podnětné připomínky a za cenné rady, které mi byly poskytnuty v průběhu zpracování.



Vysoká škola ekonomická v Praze
Jarošovská 1117/II, 377 01 Jindřichův Hradec

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

pro akademický rok 2006/2007

Název práce: Využití satelitní navigace v dopravě.

Zadání práce: Uplatnění satelitní navigace v automobilové a námořní dopravě – porovnání. Druhy navigačních systémů, jejich klady a zápory. Popis činnosti systémů. Další uplatnění satelitních přijímačů v nákladní automobilové dopravě – elektronické mýtné – porovnání německého a rakouského modelu.

Jméno studenta: Radim Pešek

Ročník: 2.

Obor: MANAGEMENT

Vedoucí práce: RNDr. Michal Traurig

Katedra: Katedra managementu informací

Termín zadání: 23.6.2006

Termín odevzdání: Dle vyhlášky o průběhu státních závěrečných zkoušek v ak. roce 2006/2007

V Jindřichově Hradci 23.6.2006

Ing. Vladimír Příbyl

proděkan pro pedagogickou činnost

tel.: 384 417 200

fax: 384 417 277
IČ: CZ61384399

bank. spoj. ČSOB a. s. J. Hradec
č. ú. 170922147/0300

Úvod	7
I. Druhy satelitních navigačních systémů	8
A. NAVSTAR - GPS	8
1. Historie GPS technologie	8
2. Popis systému družicové navigace GPS	10
B. GLONASS	13
1. Historie systému GLONASS	14
2. Popis systému GLONASS	16
C. Galileo	17
1. Historie systému GALILEO	17
2. Popis systému GALILEO	17
D. BEIDOU	20
1. Historie systému BEIDOU	20
2. Popis technologie BEIDOU	21
E. EGNOS	23
II. Uplatnění satelitní navigace v automobilové a námořní dopravě	24
A. GPS a automobilová doprava	24
1. Typy GPS přijímačů používaných v automobilové dopravě	24
2. Dynamická navigace	26
3. Typy GPS antén	26
4. Body zájmu	28
5. Aplikace využívající GPS	28
6. Využití aktivního nav. systému v různých typech dopravních společností..	31
B. GPS a námořní doprava	32
III. Další využití satelitní navigace – výběr mýta	34
A. Mikrovlnný systém (rakouský model)	34
B. Satelitní systém (německý model)	35
C. Porovnání systémů	36
1. Pořizovací a provozní náklady	36
2. Efektivita výběru	36
3. Celoplošnost	37
4. Interoperabilita	37
5. Monitorování dopravy	37

6. Vícenásobné využití	37
IV. Závěr	38
V. Seznam zkratk	39
VI. Seznam klíčových zdrojů	40
A. Literatura	40
B. Webové odkazy	40
VII. Seznam obrázků	41

Úvod

Bakalářská práce „Využití satelitní navigace v dopravě“ se zabývá představením jednotlivých druhů systémů družicové navigace a uplatněním satelitní navigace v různých typech dopravy.

V první kapitole představuji nejznámější systémy satelitní navigace a dále je zde nastíněn jejich historický vývoj a popis, na jakém principu vlastně fungují.

V další části se zabývám využitím satelitní navigace v automobilové a námořní dopravě. Popisuji zde přístroje, které jsou schopné přijímat signál amerického navigačního systému GPS, který je v současnosti nejdokonalejší, nejrozšířenější, nejpoužívanější a celosvětově nejdostupnější. Jsou zde představeny typy antén a aplikace využívající systém GPS. Popisuji i využívání aktivního satelitního navigačního systému v různých typech dopravních společností.

Ve třetí kapitole jsem se v této práci zabýval představením a porovnáním dvou technologií, které se v současnosti v Evropě používají pro elektronický výběr mýta (satelitní a mikrovlnné) .

V závěru práce jsou výsledky tohoto porovnání a stručný nástin vývoje a přínosu satelitní navigace v budoucnosti.

I. Druhy satelitních navigačních systémů

Mezi nejznámější systémy satelitní navigace patří americký systém NAVSTAR - GPS, ruský Glonass, evropský systém Galileo, čínský Beidou a evropská nástavba Egnos.

A. NAVSTAR - GPS

Americký systém NAVSTAR – GPS (Navigation Signal Timing And Ranging - Global Position System) je nejstarší, v současné době nejdokonalejší, nejdostupnější a také nejpoužívanější. Z původně čistě vojenského projektu se vyvinul rozsáhlý systém, který je využíván vojenským, civilním, veřejným i soukromým segmentem. To, že je využíván v takovém rozsahu, má velký vliv na podporu procesu jeho výzkumu a vývoje. Počet uživatelů GPS neustále roste, přispívá k tomu rozvoj digitálních komunikací a technologií. S nimi přišly nové moderní přístroje, které jsou čím dál menší, mají výbornou přesnost a jsou stále více cenově dostupnější.

Přesnost přístrojů je ovlivněna mnoha faktory (např. zpožděním signálu, nepřesností hodin v přijímači, vychýlením družice, vlastním šumem přijímače). Přijímače si většinou vybírají 4 nejlépe postavené družice. Proto je určení polohy přesnější na volném prostranství než třeba v lese nebo v roklích, kde je výhled na oblohu částečně zakrytý. Obecně platí, že určení zeměpisné polohy je přesnější, než určení výšky. Polohová přesnost je uváděna okolo 5 metrů. Pokud bychom chtěli určovat polohu přesněji (na území ČR), můžeme využít systém pozemních stanic pro určování polohy CZEPOS. Pomocí tohoto systému můžeme dosáhnout polohové přesnosti až 1,5 cm! [9] [12]

1. Historie GPS technologie

Na začátku šedesátých let začaly americké vzdušné síly a americké námořnictvo rozvíjet program družicové navigace. Memorandem ministerstva obrany spojených států ze 17.4.1973 byly vzdušné síly učiněny zodpovědnými za sloučení pokusných programů Timation a 621B do programu jediného označeného jako NAVSTAR-GPS. Od 1. července 1973 řídí rozvoj programu GPS společná programová skupina JPO (Joint Program Office) kosmické divize velitelství systémů vzdušných sil USA (US Air Force Systeme Command, Space Systeme Division, Navstar GPS Joint Program Office) situovaná na letecké základně v Los Angeles.

JPO je sestavena ze zástupců letectva, námořnictva, armády, námořní pěchoty, pobřežní stráže (US Marine Corps), obranné kartografické agentury (Defense Mapping Agency), zástupců států NATO a Austrálie. V prosinci 1973 obdrželo JPO souhlas se zahájením prací programu NAVSTAR-GPS. Práce byly rozděleny do tří fází. [7]

První fáze se uskutečnila v letech 1973 – 1979. Během této fáze měl být tento systém hlavně ověřen. Byly vybírány firmy, které měly zajistit výstavbu řídicího střediska, testovacího polygonu a při konstrukci družic. Byla zkonstruována i první pokusná uživatelská zařízení. První družice byla vypuštěna na oběžnou dráhu v únoru 1978 a v prosinci téhož roku byly k dispozici 4 družice umožňující třírozměrnou navigaci po omezenou dobu, a to většinou na testovacím polygonu v Arizoně. Celkem bylo v této etapě vypuštěno 11 družic (nazývaly se „družice bloku I“). [1]

Druhá fáze probíhala v letech 1979 – 1985. V tomto období se budovala hlavně řídicí střediska a firma Rockwell (vyvíjela družice i v první fázi) byla na konci roku 1980 vybrána pro vývoj dalších 28 družic. [1]

Ve třetí fázi trávající od r. 1985 do 3.3.1994 byl uzavřen kontrakt s firmou Rockwell na výrobu 28 družic bloku II. První z nich byla vypuštěna v únoru 1989. Družice bloku I byly doplňovány a později postupně nahrazovány družicemi bloku II. To umožňovalo rozšiřování možností systému. Třírozměrná navigace v libovolném místě na Zemi po 24 hodin je možná od počátku roku 1993. 10. až 28. družice bloku II jsou označovány jako blok IIA. Mají rekonstruovanou paměť a umožňují činnost po 180 dnů bez kontaktu s řídicím střediskem (např. po jeho zničení při válečných operacích). V červnu 1989 byl uzavřen kontrakt s firmou General Electric na konstrukci a výrobu 20 zdokonalených družic tzv. bloku IIR. První byla dodána v říjnu 1994. Tyto družice umožňovaly autonomní činnost po dobu 180 dní a kromě toho mohly mezi sebou vzájemně komunikovat a zjišťovat svou polohu. To mělo velký význam pro rychlé zjištění chybné funkce některé družice (důležité mj. pro civilní letectví) a vyslání příslušné zprávy bez kontaktu s řídicím střediskem. Záhy po vypuštění 35. družice, 8.12.1993, bylo dosaženo počátečního operačního stavu systému IOC (Initial Operational Capability). Znamená to, že v systému operuje předepsaných 24 družic, které poskytují službu SPS (Standard Positioning Service) a že provozovatel oznamuje eventuální změny provozního stavu civilním uživatelům 48 hodin předem. Předpokladem pro dosažení plného operačního stavu FOC (Full

Operational Capability) je činnost 24 družic bloku II. Tato podmínka byla splněna 3.3.1994. Systém byl do tohoto stavu uveden v roce 1995, kdy byly ukončeny zkoušky, které potvrdily funkčnost systému z vojenského hlediska. [1]

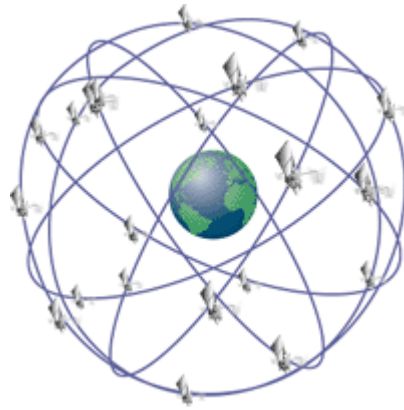
Původně měla být technologie GPS určena čistě k vojenským účelům. V roce 1983 bylo sovětským stíhacím letounem sestřeleno korejské civilní letadlo KAL 007 v zakázaném sovětském prostoru. Letoun se měl podle oficiálních vysvětlení vinou navigační chyby omylem vychýlit z plánované trasy. Zahynulo všech 269 lidí na palubě letadla. Na základě této události vyhlásil americký prezident Ronald Reagan, že GPS systém bude po dokončení přístupný i civilnímu použití. V roce 1996 americký prezident Bill Clinton oficiálně uznal důležitost GPS jak pro civilní, tak pro armádní využití a vydal směrnici, ve které se GPS definuje jako systém dvojího využití. V roce 1998 viceprezident Al Gore oznámil plán na modernizaci GPS, a to přidáním dvou civilních signálů pro vylepšení přesnosti a spolehlivosti. To se dělo hlavně pro zajištění letecké bezpečnosti. 2. května 2000 bylo umožněno civilním uživatelům přijímat plnohodnotný signál. Poslední družice byla zatím vypuštěna 17. listopadu 2006 a nejstarší dodnes funkční družice byla vypuštěna na konci roku 1990. [1][7]

2. Popis systému družicové navigace GPS

Systém GPS se skládá ze třech podsystémů: kosmického, řídicího (kontrolního) a uživatelského podsystému.

a) Kosmický podsystém

Tento podsystém tvoří 24 družic. Z toho je 21 družic základních a 3 satelity jsou záložní (ty mají překlenout výpadek jiných družic do doby, než budou vypuštěny nové, a neohrozit tak funkčnost systému). Družice obíhají Zemi ve výšce 20 183 km po šesti (téměř kruhových) oběžných drahách. Inklinují v úhlu 55 stupňů k rovině rovníku. Jejich rozmístění a oběžné dráhy můžeme vidět na Obr.1



Obr. 1 – Rozmístění družic GPS [7]

Doba oběhu trvá 11 hodin 58 minut, a to značí, že z totožného místa na Zemi je možné družici pozorovat další den o 4 minuty dříve. Každá oběžná dráha má 5 pozic pro umístění družic. Tzn., že maximální počet satelitů na oběžné dráze může být až 30. Pro dosažení plné operační způsobilosti (FOC) stačí 24 funkčních družic. [1]



Obr. 2 – Družice GPS [7]

O dlouhodobou frekvenční stabilitu vysílaného signálu jednotlivých družic se starají atomové hodiny (na každém satelitu jsou umístěny 3 až 4). Vysílaný signál obsahuje informace o poloze družice a čase odeslání. Z každého místa na Zemi by mělo být viditelných 6 družic. Signál ze tří satelitů nám umožní určit dvojrozměrnou polohu (zeměpisnou délku a šířku). K určení trojrozměrné polohy (navíc výška) je třeba mít k dispozici informace z minimálně 4 družic. Příjem z menšího počtu družic (menší než 3) nám znemožní zjištění polohy. Naopak rostoucím počtem družic se určení polohy dále zpřesňuje. Po vyhodnocení informací o umístění družic, době šíření signálu a vzdálenosti satelitů od příjemce, je vyhodnocena aktuální poloha příjemce i to, jakou rychlostí se pohybuje. V současné době provozovatel GPS

garantuje, že nejméně 4 satelity jsou viditelné odkudkoliv a kdykoliv ze zemského povrchu. [7]

Zahraniční přijímače implicitně vypočítávají polohu přijímače v souřadném systému WGS-84¹. V nastavení přijímače pak můžeme zvolit z několika systémů, ve kterém bude poloha vypočtena. Ale pokud vím, tak žádný zahraniční výrobce nenabízí přepočítání do národního souřadného systému platného pro Českou republiku (S-JTSK²). Proto, abychom mohli na české mapě určit svoji přesnou polohu, musíme výstup z přijímače přepočítat. Pro tento přepočítání používáme buď koeficienty, nebo existují jednoduché počítačové programy, které nám souřadnice přepočtou s dostatečnou přesností.

b) Řídící (kontrolní) podsystém

Tento segment se skládá z hlavní řídicí stanice, která je umístěna na letecké základně v Colorado Springs v USA (původně byla umístěna v Kalifornii), dále z pěti bezobslužných monitorovacích stanic a ze čtyř pozemních vysílačů. Monitorovací stanice jsou rozmístěny rovnoměrně po obvodu Země, většinou v blízkosti rovníku (Hawaii, Colorado Springs, Ascension Island v jižním Atlantiku, Diego Garcia v Indickém oceánu a Kwajalein v severním Pacifiku)³. Při každém průletu družice nad touto stanicí jsou vyhodnoceny informace o dráze letu, z nich jsou pak vypočteny korekce jak dráhy letu, tak vysílaného signálu. Synchronizují se též atomové hodiny na palubě satelitu. Tyto informace jsou odeslány zpět k satelitu a odtud do GPS přijímače, kde se zaktualizují uložená data. Základním úkolem řídicího systému je sledování družic, určování jejich drah, synchronizace družicových oscilátorů, řízení manévru družic a předávání informací o systému družicím, které je pak zpětně vysílají všem uživatelům. [1]

Řídící část systému je odpovědná za nejrůznější provozní opatření (správa a údržba stávajících družic), což je např. změna oběžných drah a pozic nebo stahování vysloužilých satelitů z oběžné dráhy. Podílí se také na vypouštění nových družic. Tato činnost je velice důležitá, protože pomáhá eliminovat finanční ztráty

¹ WGS-84 – „je definován souborem pozemních stanic a polohami družic navigačního systému GPS a představuje tak geocentrický absolutní systém.“ [5]

² S-JTSK – „je definován na bázi trigonometrické sítě a vykazuje nepravidelně měnící se lokální deformace. Z tohoto důvodu neplatí mezi oběma systémy přesný transformační klíč.“ [5]

³ Viz. Příloha č.4

(cena jedné družice se pohybuje většinou nad 50 mil. USD), které plynou z vážných poškození nebo ztrát družic. [7]

c) Uživatelský podsystém

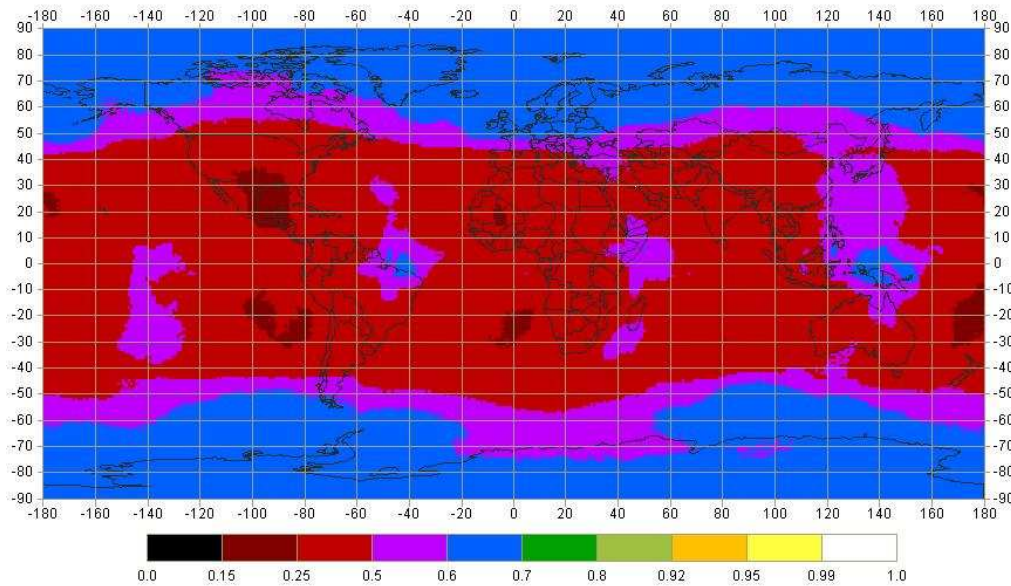
Tento podsystém se skládá z GPS přijímačů jednotlivých uživatelů. Tento segment je tvořen pouze pasivními přijímači, a to především z bezpečnostních důvodů (nemohou být zaměřeny nepřítelem). Protože přijímače nemusí komunikovat se satelity, je systém GPS schopen obsloužit neomezený počet uživatelů.

B. GLONASS

Je radiový družicový systém provozovaný ruskou vládou skrze Úřad ruských vojenských vesmírných sil. Je to obdobný systém jako americký GPS, ale není tak rozšířený. Hlavním rozdílem oproti GPS je, že družice tohoto systému pracují s kmitočtovým dělením⁴ (GPS s kódovým)⁵. Stále ještě není 100% dostupný. V Rusku jeho průměrná dostupnost dosahuje 61,9% a ve světě asi 45,7.% (viz Obr.3-barevná škála nám zobrazuje procentní dostupnost systému). Tyto hodnoty nejsou tak špatné, když je v provozu pouze 12 družic (z 24). Tento systém je také určen jak pro civilní, tak i pro vojenské účely. Na jeho provoz měl vliv také čečenský konflikt, kdy Rusko nechalo oběžné dráhy systému Glonass optimalizovat na ideální pokrytí Čečenska, a tím pádem došlo k výraznému zhoršení pokrytí na dalších územích. [7]

⁴ Kmitočtové dělení – odlišení na základě rozdílných kmitočtů jednotlivých nosných vln signálů vysílaných z družic

⁵ Kódové dělení – nosná frekvence je pro všechny družice stejná, ale každá z nich vysílá dálkoměrný kód namodulovaný na tuto frekvenci. Každá družice má svůj kód a přijímače na neznámém místě je musí být schopny rozlišit.



Obr. 3 – Pokrytí signálem Glonass [8]

1. Historie systému GLONASS

Vznik tohoto systému byl schválen v roce 1976 rozhodnutím centrální komise komunistické strany Sovětského svazu a radou ministrů SSSR. Pro označení družic bylo vybráno slovo Uragan, následované číslem pro provozní družice. Všechny družice byly vypouštěny z kosmodromu Bajkonur. 12. října 1982 byly umístěny na oběžnou dráhu první družice (2 testovací a jedna provozní). V roce 1991 bylo celkem vypuštěno 44 provozních a 8 testovacích družic. 12 družic umístěných ve dvou rovinách na oběžné dráze, zajišťovalo již v tomto roce omezený provoz systému. Po rozpadu SSSR přešel tento projekt na jeho nástupnickou zemi Rusko. Původně měl být systém plně funkční již v roce 1991. 24. září 1993 bylo oficiálně oznámeno, že je systém kompletní, ale všechno bylo prakticky dokončeno až v prosinci roku 1995. Díky špatné ekonomické situaci Ruska nebylo možné systém udržet ve 100% provozuschopném stavu. A tak např. v roce 2002 bylo v provozu pouze 8 družic, takže byl systém prakticky nepoužitelný. V roce 2001 byl schválen ruskou vládou federální program „Globální navigační systém“. Podle něho by měl být systém plně funkční (na oběžné dráze všech 24 družic) v roce 2011. Vlivem tlaku prezidenta Putina by se tento proces mohl urychlit a být dokončen už v roce 2009. Podle posledního vývoje se zdá, že je tento termín stále více reálný. V současné době (červenec 2007) je v systému Glonass 17 družic (12 je jich v provozu, 4 jsou mimo provoz a 1 vysloužilý satelit čeká na odstranění ze systému). V tabulce 1 můžeme vidět rozložení družic na jednotlivých orbitálních drahách. Pro tento rok se počítá

Využití satelitní navigace v dopravě

s vypuštěním dalších šesti družic a v roce 2008 s dalšími pěti. Ruská vláda vynaložila v roce 2006 181 mil. USD a letos počítá dokonce s investicí až 380 mil. USD. [1] [7]

Tabulka č.1 nám ukazuje stav a rozmístění družic k 3.7.2007. V prvním sloupečku nám římská číslice udává, na které oběžné dráze se družice nachází. Sloupec *Launch Date* nám říká, kdy byla družice vyvedena na oběžnou dráhu. Následující sloupeček *Input Date* nám dává informaci, kdy byla družice uvedena do provozu.

Plane	Slot	Frequency Channel	GLONASS Number	Cosmos Number	Launch date	Input date	Outage date	Active life (months)	Notes
I	1	07	796	2411	26.12.04	06.02.05		26.3	
	2	01	794	2402	10.12.03	02.02.04	19.04.07	38.3	Temporarily is switched off
	3	12	789	2381	01.12.01	04.01.02		59.3	
	4	06	795	2403	10.12.03	29.01.04		40.9	
	5	07	711	2382	01.12.01	13.02.03	09.07.06	36.1	Temporarily is switched off
	6	01	701	2404	10.12.03	08.12.04		25.5	
	7	05	712	2413	26.12.04	07.10.05		18.0	
	8	06	797	2412	26.12.04	06.02.05		27.6	
II	10	04	717	2426	25.12.06	03.04.07		2.5	
	14	04	715	2424	25.12.06	03.04.07		3.0	
	15	00	716	2425	25.12.06				Commissioning Phase
III	18	10	783	2374	13.10.00	05.01.01	25.05.07	66.5	Temporarily is switched off
	19	03	798	2417	25.12.05	22.01.06		17.1	
	21	08	792	2395	25.12.02	31.01.03		49.6	
	22	10	791	2394	25.12.02	21.01.03	07.02.07	46.5	Temporarily is switched off
	23	03	714	2419	25.12.05	31.08.06		8.7	
24	02	713	2418	25.12.05	31.08.06		8.7		

Tab. 1 – Stav a rozmístění družic k 3.7.2007 [8]

V současné době již jsou na oběžnou dráhu vypouštěny vylepšené verze družic Uragan-M s operační životností 7 let. V roce 2008 by měla být k dispozici nejnovější družice Uragan-K (viz. Obr. 4), se sníženou hmotností a životností 10 až 12 let. Hmotnost bude snížena přibližně na polovinu, tím se výrazně sníží dopravní náklady. Tyto lehčí družice bude moci na oběžnou dráhu vynášet Sojuz-U. Do této doby musely být pro dopravu používány mnohem výkonnější rakety Proton. [7]

18.května 2007 podepsal prezident Putin vládní výnos, podle kterého se systém Glonass bezplatně zpřístupňuje pro uživatele jak na území Ruska, tak i jinde ve světě.

2. Popis systému GLONASS

System Glonass je dálkoměrný systém. Dráhy jeho družic se podobají drahám družic systému GPS. Jsou kruhové s výškou 19 100 km, oběžnou dobou 11 h 15 min a s inklinací 64,8 stupňů. Družice obíhají ve třech rovinách. V každé orbitální rovině obíhá 8 družic. Charakteristickým znakem rozmístění družic v systému Glonass je jeho opakování identického postavení satelitů okolo Země každých 8 dní. Po jednom hvězdném dni dochází k neidentickému opakování rozmístění družic (tzn., že jiná družice zaujme stejné místo jako předchozí). V tomto se liší oproti systému GPS, kde se identické postavení opakuje každý den. Při nejvyšším stupni dokončení systém dokázal určit horizontální polohu s přesností 57 -70 metrů, vertikální do 70 metrů, přesnost vektoru rychlosti do 15 cm/s a určení času do 1 μ s. Tyto údaje jsou platné pro výpočet z dat, které byly získány ze čtyř družic najednou. Toto standardní určení polohy a času se značí C/A. O dost přesnější signál P(Y) byl k dispozici jen ruské armádě. Ale podle ruského ministra obrany by měl být vojenský signál k dispozici k civilnímu použití již během letošního roku. [8]



Obr. 4 – Družice Uragan-K [7]

Také Glonass (pokud je kompletní) je jako GPS tvořen 24 satelity⁶, 21 v provozu + 3 záložní (každá v jedné oběžné rovině). Roviny oběžných drah jsou vzájemně posunuty o 120 stupňů podél rovníku, v každé rovině jsou posunuty o 45 stupňů. Družice jsou rozmístěny tak, aby minimálně 5 jich bylo viditelných kdykoli z jakéhokoli místa na zemi.

⁶ GPS systém je v současnosti tvořen 24 družicemi, jinak je možné ho rozšířit až na 30 družic

C. GALILEO

Jedná se o evropský navigační systém, který je plánovaný jako civilní družicový systém. Měl by se stát alternativou k americkému – armádou kontrolovanému – navigačnímu systému GPS a ruskému navigačnímu systému Glonass. V případě potřeby bude možné i tento systém využít pro vojenské účely. Nebude to konkurenční systém, ale měl by navíc minimálně s 24 družicemi systému GPS vzájemně komunikovat.

1. Historie systému GALILEO

Tento systém je vyvíjen členskými zeměmi Evropské unie (podílí se na něm tedy i Česká republika). Bude využívat stejného principu jako GPS a Glonass a měl by s nimi vzájemně doplňovat. Myšlenka vzniku evropského civilního globálního navigačního systému sahá do počátku devadesátých let. Hlavním důvodem bylo to, že oba stávající navigační systémy jsou vojenské, a tudíž ani jeden z provozovatelů nechce dát záruku, že v případě potřeby signály ze svých družic nevypne. Některé dopravní služby mohou být založené na využívání signálu stávajících systémů. Pokud by byl signál vypnut, přineslo by to nebezpečné důsledky pro jeho uživatele. 28. prosince 2005 byla do vesmíru první testovací družice (Giove – A, viz. Obr. 6). Na oběžnou dráhu ji vynesla z kazašského kosmodromu Bajkonur ruská raketa Sojuz – FG/Fregat. Na tomto projektu se podílí i další strany. Důležitá byla dohoda s USA o spolupráci a interoperabilitě systémů GALILEO – GPS. Dále dohodu o spolupráci podepsaly: Čína (září 2003), Izrael (červenec 2004), Ukrajina (červen 2005), Indie (září 2005), Saudská Arábie (listopad 2005), Jižní Korea (leden 2006) a Maroko (prosinec 2006). Dále pokračují rozhovory s Argentinou, Austrálií, Brazílií, Chile, Japonskem, Kanadou, Malajsíí, Mexikem, Norskem, Pákistánem a Ruskem. [7]

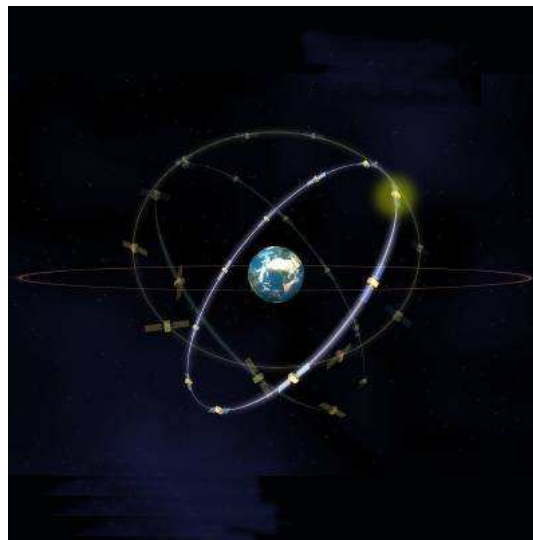
2. Popis systému GALILEO

Systém GALILEO se bude skládat ze třech složek: globální (vesmírný a pozemní segment), regionální a několika lokálních složek.

a) Globální složka

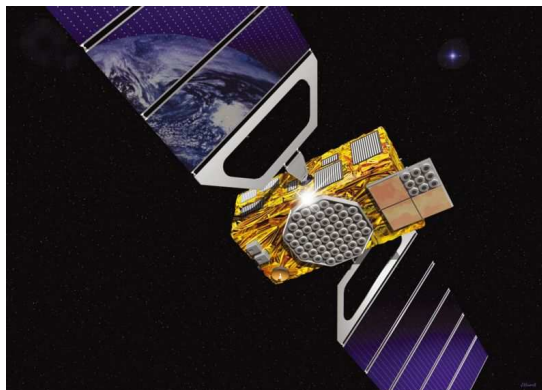
(1) Vesmírný segment

Tento segment bude jádrem celého systému. Bude tvořen třiceti družicemi ve Wolkerově konstelaci ve třech oběžných rovinách se sklonem 56 stupňů k rovině rovníku. Každá oběžná dráha bude obsahovat devět aktivních družic, rovnoměrně rozložených po 40 stupních, a jednu neaktivní záložní družici. Ta může kdykoliv v případě poruchy nahradit kteroukoliv aktivní družici. Tato záložní družice bude přemístěna na místo porouchané družice během několika dní, což je mnohem rychlejší než vypuštění nové družice (v řádu několika měsíců). Satelity budou Zemi obíhat ve výšce 23 222 km. Družice obíhající Zemi na třech oběžných drahách můžeme vidět na obrázku č. 5. [7]



Obr. 5 – Oběžné dráhy systému GALILEO [7]

Identické rozmístění družic se bude opakovat vždy po deseti dnech. Každá družice za tuto dobu oběhne Zemi sedmáctkrát. Tato výška oběžné dráhy by měla co nejvíce eliminovat vlivy poruchového gravitačního pole, a proto by nemělo být potřeba po celou dobu životnosti žádných usměrňovacích manévřů (kromě počáteční optimalizační etapy). Tato výška by měla také zajistit vysokou viditelnost družic. Družice jsou konstruovány tak, že budou kompatibilní s více kosmickými dopravními systémy a dají se vypouštět po dvou a více kusech. To má za následek výraznou časovou i ekonomickou úsporu.



Obr. 6 – Družice Giove-A [7]

(2) Pozemní segment

Tento segment budou tvořit dvě řídicí centra. Obě centra se budou starat o kontrolní a řídicí funkce, které jsou podporované specializovaným pozemním kontrolním systémem (GSC) a letové funkce specializovaným pozemním letovým segmentem (GMS). GSC bude mít na starost údržbu polohy družic. Ke komunikaci s družicemi bude GSC využívat síť pěti TTC stanic. GMS bude kontrolovat navigační funkce celého systému. Bude využívat globální síť třiceti snímacích stanic Galileo (GSS) pro kontinuální monitorování navigačních signálů všech satelitů. Tento monitoring bude umožněn také díky sítím používající komerční družice a kabelové spoje. GMS bude síť GSS používat pro dva na sobě nezávislé úkoly. Prvním bude určování polohy družice a synchronizace času. Druhým bude přenášení dat o stavu integrity systému. Tato služba bude zajišťovat okamžité observace všech družic GSS stanicemi pro ověřování integrity signálu družic. To je důležité pro nové uživatele nebo uživatele, kteří byli dočasně mimo signál (např. při průjezdu tunelem), aby okamžitě věděli o správném statutu přijímačů. [7]

b) Regionální složka

Tato složka se bude skládat z velkého množství Externích Regionálních Integrovaných Systémů (ERIS). Ty budou vytvořené a provozované soukromým sektorem, státy nebo skupinami států mimo EU. Tyto systémy budou zajišťovat hlášení o integritě systému nezávisle na hlášení systému GALILEO, aby uspokojily požadavky vztahující se ke garancím systému daných států nebo institucí.

c) Lokální složky

Tyto složky budou sloužit pro vylepšení lokálního příjmu signálu GALILEO, jako např. zajištění navigačního signálu v oblastech, kde nemohou být přijímány signály ze satelitů. Tyto složky budou výhradně vytvořeny a provozovány soukromým sektorem.

D. BEIDOU

Už více let je všeobecně známo, že Čína pronikla do vesmíru a není žádným tajemstvím, že v současnosti provozuje celou řadu družic určených pro vojenské účely. Jejich rozvoj souvisí zejména se zavedením jaderných ponorek a schopností operovat v daném prostoru s dostatečnou přesností, kterou může zajistit jedině družicový systém. Méně známější skutečností je, že Čína již asi před čtyřmi lety dokončila výstavbu svého vlastního družicového navigačního systému Beidou.

1. Historie systému BEIDOU

První družice Beidou 1A byla vynesena na oběžnou dráhu 30.října 2000. 20.prosince 2000 následovala družice 1B a po ní byla 24.5.2003 na oběžnou dráhu vypuštěna Beidou 2A (viz. Obr 7). V září 2003 se Čína zavázala, že bude spolupracovat na evropském projektu GALILEO. Přislíbila, že do tohoto projektu během následujících několika let bude investovat více než 200 mil. Euro. Umístění těchto investic je však poměrně sporné. 2.listopadu 2006 totiž Čína oznámila, že od roku 2008 bude Beidou zdarma poskytovat určení polohy s přesností 10 metrů v rámci základní služby (nazývané „Open service“). Toto prohlášení vyjadřuje nejen čínské plány s Beidou do budoucnosti, ale také může být určitým znamením pro ostatní investory projektu GALILEO. [7]



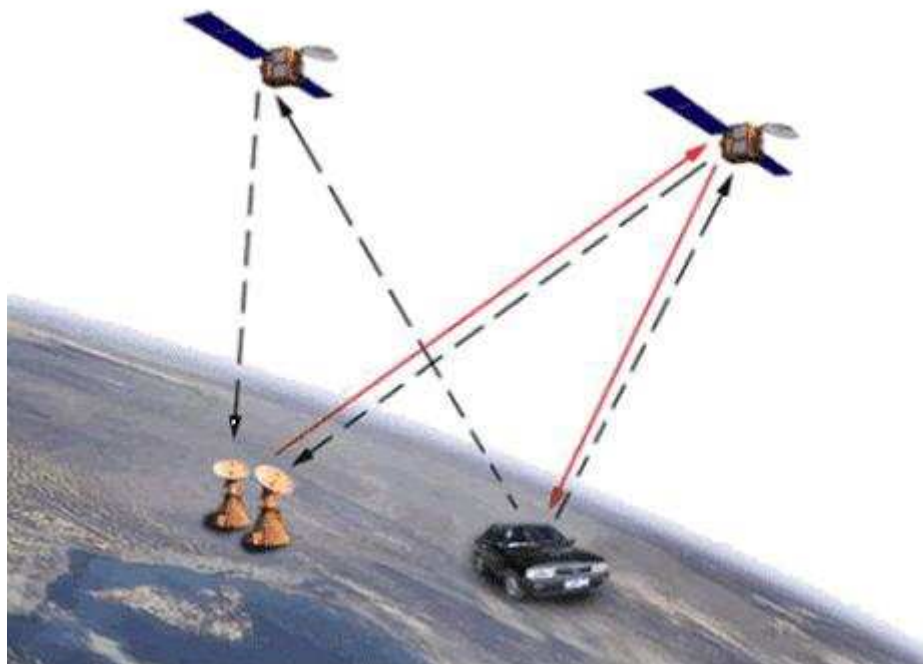
Obr. 7 – Družice Beidou 2A [7]

2. Popis technologie BEIDOU

Oproti předchozím uváděným systémům, které využívají družice pohybující se vzhledem k zemskému povrchu (družice jsou na oběžné dráze), Beidou používá geostacionární družice. Systém tím pádem nepotřebuje tolik družic, ale na druhé straně je signálem pokryta pouze oblast, nad kterou je družice stále umístěna. Beidou je v současnosti funkční v oblasti vymezené těmito souřadnicemi: 70° až 140° východní délky a 5° až 55° severní šířky. Systém pokrývá pouze prostor východní Asie, nikoliv celé Číny. Byl navržen a vybudován, aby pokryl oblasti čínského pobřeží a Tchajwanu. [7]

Pokud chce uživatel znát svoji polohu musí vyslat signál směrem k družicím, družice tento signál přijmou a vyšlou informaci pozemní stanici. Informace má podobu přesného času, kdy družice přijaly signál od uživatele. Pozemní stanice spočítá zeměpisnou šířku a délku uživatele. Nadmořská výška je spočtena z digitálního modelu terénu. Pozemní stanice vyšle 3D informaci družici a ta následně uživateli. Schéma můžeme vidět na Obr.8. Družice vysílají krátké datové relace o velikosti až 120 čínských znaků, způsobem spojitého přenosu zpráv (IM). Systém je schopen zabezpečovat navigačními údaji teoreticky až několik stovek tisíc uživatelů, a proto by mohl být pro většinu bojových operací čínských ozbrojených sil plně postačující. [7]

Využití satelitní navigace v dopravě



Obr. 8 – Schéma cesty signálu v systému Beidou [7]

Systém Beidou je svým rozsahem, pokrytím a provozními možnostmi menší než ostatní navigační systémy uvedené v této práci. Dokonce si troufám říct, že i název „družicový navigační systém“ je poněkud nadnesený. V žádném případě se ani nedá říci, že se jedná o podobný systém. Navíc se systém Beidou potýká s některými závažnými provozními problémy, které do značné míry snižují jeho spolehlivost. Nejzávažnějším je jeho relativně vysoká zranitelnost elektronickým rušením a klamáním.

V budoucnu chce Čína stávající experimentální družice doplnit dalšími (oběžnými). Tento systém je nazýván pracovním názvem Beidou 2. Měl by být tvořen 35 družicemi, včetně pěti geostacionárních, které budou svým signálem pokrývat celou zeměkouli. Budou zajišťovány dva druhy služeb: bezplatná služba pro běžné uživatele a koncesovaná služba pro vojenské účely. Bezplatná služba by měla určovat polohu s přesností přibližně 10 m, družicové hodiny budou synchronizovány s přesností 50 ns, rychlost bude měřena s přesností 0,2 m/s. Koncesovaná služba bude přesnější než bezplatná, bude moci být využita také pro komunikaci a bude uživatelům poskytovat informaci o stavu (statutu) systému. Družice Beidou 2A je v současnosti záložní družicí pro Beidou 1A nebo 1B, ale v budoucnu se stane geostacionární družicí nového systému. Čína chce z experimentálního systému Beidou vyvinout družicový navigační systém, který ponese jméno Compass. Systém Compass by měl být plně funkční v roce 2008 pro klienty v oblasti území Číny a

přilehlých regionů. Navigační systém by měl být postupně rozšířen (po provedení dílčích experimentů a vybudování celého systému) na globální navigační a polohový systém. [7]

E. EGNOS

Nejedná se o samostatný navigační systém. Jde o evropskou podpůrnou geostacionární navigační službu. EGNOS je prvním evropským projektem v oblasti družicové navigace a jeho úkolem je „vylepšovat“ dva v současné době funkční družicové navigační systémy – americký GPS a ruský GLONASS. EGNOS umožní, aby oba dva systémy byly použitelné pro aplikace, při kterých je důležitá spolehlivost dat určení polohy a jejich vyšší přesnost, jako například při pilotování letadla nebo navigace lodí v úzkých kanálech a přístavech.

EGNOS je společným projektem Evropské kosmické agentury (ESA), Evropské Komise (EC) a Evropské organizace pro bezpečnost leteckého provozu (European Organisation for the Safety of Air Navigation). Je to příspěvek k prvnímu stupni globálního navigačního satelitního systému (GNSS) a je předchůdcem Galilea.

EGNOS je v plném provozu od roku 2005. Skládá se ze tří geostacionárních družic a sítě pozemních stanic. Vyhodnocuje signál vysílaný systémy GPS a GLONASS a umožní určit polohu s přesností na 5 - 10m oproti původním 20 m. [7]

II. Uplatnění satelitní navigace v automobilové a námořní dopravě

V této chvíli je jedničkou mezi satelitními navigacemi jednoznačně systém GPS. Proto se i ve své práci budu dále zabývat převážně touto technologií.

A. GPS a automobilová doprava

Odhaduje se, že zpoždění v dopravních zácpách na silnicích, dálnicích, ve městech po celém světě nám přináší ekonomické ztráty řádově ve stovkách miliardách dolarů ročně. Mezi další záporné efekty, které nám dopravní zácpy způsobují, jsou škody na majetku, poranění osob, zvýšené znečištění ovzduší a neefektivní spotřeba paliva. Dostupnost a přesnost družicového navigačního systému GPS zvyšuje efektivitu využívání prostředků a bezpečnost na silnicích, dálnicích i v systémech hromadné dopravy. Mnoho problémů spojených s nasměrováním a odesláním komerčních vozidel je významně redukováno nebo úplně eliminováno za pomoci GPS. Neméně důležité je to i pro hromadnou dopravu, silniční údržbářské čety a vozidla záchranných sborů.

1. Typy GPS přijímačů používaných v automobilové dopravě

Nejdříve se používaly hlavně vestavěné navigační systémy. Jednalo se o přijímače, které umí navigovat křižovatku po křižovatce a někdy i hlasem v autě navigovat po optimální (nejkratší či nejrychlejší) trase k cíli. Dále nám umožňují statistiku maximální a průměrné rychlosti, možnost ukládání trasy se zpětnou navigací, ukládání svých vlastních bodů a tras. Vzhledem k rychlému vývoji na trhu se i do téhle oblasti dostaly přenosné přístroje. Dnes se vestavěné přístroje objevují hlavně ve výbavě dražších aut.

a) Vestavěné systémy

Tyto systémy jsou obvykle ve velikosti autorádia, či o málo větší, které v autě poskytují informace o nejkratší nebo nejrychlejší trase k cíli. Některé ze systémů již umí spolupracovat s pozemním vysíláním o dopravní situaci a dokáže řidiče vést po trase s nejmenším provozem (tento systém se jmenuje Dynamická navigace). Navigační systém je vždy vybaven GPS přijímačem. Dále většinou obsahuje mechaniku pro mapové CD – ROM nebo DVD – ROM disky, na kterých jsou uloženy

informace s detailními mapami určitého území. Některé systémy jsou jednoduché, poskytující informace o vzdálenosti a směru odbočky bez zobrazení mapy, některé mohou být vybaveny velkým, víceúčelovým LCD displejem, na kterém můžeme sledovat aktuální pozici uživatele nad podrobnou mapou oblasti, kde se nacházíme. V případě zastínění GPS signálu (např. v podzemním tunelu) se u dokonalejších systémů přebírá rychlost, případně směr jízdy přímo z automobilu (jedna z největších výhod oproti přenosným systémům). V případě špatného odbočení nebo neohlášené objížděky dokáží přístroje přepočítat navigační trasu a navigovat opět po nejvýhodnější trase k cíli. V systému je možné přímo vyhledávat adresy, restaurace, benzinové pumpy, hotely, parkoviště atd. Systém pracuje s jednosměrnými ulicemi, podjezdy, nadjezdy, kruhovými objezdy a dokáže i hlasově navigovat pomocí repro soustavy v autě. Vestavěné systémy jsou závislé na dostupnosti digitálních map na speciálních CD-ROM nebo DVD-ROM discích. Na územích, kde nejsou tato datová média dostupná, je funkce celého systému velmi omezena. Levnější typy vestavěných systémů mají na displeji pouze šipku se směrem odbočení. Dražší typy mají větší displeje s mapou, které se dají u dokonalejších systémů využívat jako televize, DVD přehrávač nebo parkovací kamera. [3]

Výhodou těchto přístrojů je plná integrace do systému vozidla. Většina víceúčelových displejů zobrazuje nejen navigačních data, ale i venkovní teplotu, diagnostiku motoru, případně jiná data ze systému automobilu. Tyto přístroje současně nabízí vysoký komfort navigace a omezené fungování i v zastíněném území. Velkou nevýhodou jsou vysoké pořizovací ceny jak přístrojů, tak i mapových médií. Přístroje se také většinou nedají snadno přenášet mezi více vozidly, a tudíž je ani nelze vyjmout po zaparkování z vozidla a z toho důvodu jsou tato vozidla častým cílem zlodějů. [3]

Příkladem výrobců jsou firmy Blaupunkt, Kenwood, Clarion, Philips a Becker.

b) Přenosné automobilové navigační systémy

Tyto systémy se vyvinuly z ručních GPS přijímačů a PDA počítačů⁷. Nejdokonalejší přenosné navigační systémy jsou již kvalitativně a funkčně srovnatelné s některými vestavěnými systémy. Jsou schopné i přijímat aktuální dopravní informace a vyhodnocovat je (dynamická navigace). Obvykle jsou

⁷ PDA počítačem rozumíme malý kapesní počítač

automobilové navigační systémy dodávány s barevným displejem, často s dotykovým ovládním a hlasovou navigací. Přenosné přístroje mohou být napájeny jak z vlastních baterií, tak i z externího zdroje, např. z cigaretového zapalovače, který je v každém automobilu. Pro navigaci tyto přístroje využívají vestavěnou mapu (ta ovšem obsahuje jen základní komunikace) nebo je možné do systému dohrát detailnější mapu daného území (pokud je taková mapa dostupná). [3]

Výhodou přenosných systémů je nižší pořizovací cena, možnost snadného přenosu mezi více vozidly nebo i použití pro více účelů (auto, kolo, motocykl, loď, letadlo). A v případě, že navigace nezůstává po dobu parkování uvnitř automobilu, dochází i ke snížení rizika vykradení vozu. [3]

Příkladem takových přístrojů je Garmin Nüvi, Garmin StreetPilot, TomTom Go nebo Geosat AV Map.

2. Dynamická navigace

Jedná se o možnost příjmu aktuálních dopravních informací. Tato možnost byla dříve výsadou jen západoevropských zemí. Od roku 2005 mělo být dopravní zpravodajství přes standardní RDS – TMC kanál dostupné také v České republice. Ale bohužel dodnes tento systém nefunguje. Jen na území hlavního města Prahy by měl probíhat testovací provoz. Přístroje vybavené přijímačem dopravních informací nebo schopné rozšíření o tento typ přijímače, by měly být v budoucnosti standardem mezi automobilovými navigacemi.

3. Typy GPS antén

Antény jsou velice důležitou součástí systémů satelitní navigace. Funkčnost každého navigačního systému je přímo závislá na kvalitním příjmu signálu. Antény dělíme na interní a externí.

a) Interní

Interní antény jsou součástí GPS přijímače a jsou buď uvnitř, nebo jsou umístěny vně GPS s možností natočení. Polohovací antény bývají často snímatelné a jejich výhodou je, že se dají v případě nutnosti použít namísto externích antén. Interní antény v běžných GPS přijímačích dělíme na dva základní typy: tyčkové (anglicky HELIX) a páskové antény (Microstrip, PATCH). [2]

Často se uvádí, že tyčková anténa je kvalitnější a poskytuje lepší příjem GPS signálu. Pravdou je, že HELIX anténa lépe přijímá signály z družic nízko nad obzorem, ale na druhé straně má problémy s příjmem signálu z družic, které se pohybují přímo v nadhlavníku (na zenitu). Ideální poloha je svisle směrem k obloze.

Pásková PATCH anténa je obvykle menší než tyčková. Proto se tyto typy antén používají u nejmenších GPS přijímačů. PATCH anténa lépe přijímá signály z družic, které se nachází blízko zenitu, naopak má problémy se signály z družic nacházejících se okolo horizontu. Ideální poloha antény je tudíž horizontální, anténa je oproti HELIX anténě o hodně citlivější na správné nasměrování. [3]

Oba dva typy antén fungují bez problémů v území bez překážek. Jelikož PATCH anténa má problémy s příjmem signálu z družic nad obzorem, je u ní nižší riziko příjmu odražených signálů, které způsobují největší nepřesnosti ve výpočtu polohy. PATCH anténa mívá také obvykle lepší signál v údolích, kde je zastíněn prostor nad obzorem. Proto pro příjem v automobilu je lepší anténa HELIX, protože je často střechou zakryt prostor přímo vzhůru na zenit a anténa přijímá spíše signály z obzoru. HELIX anténa v automobilu přijímá i signály, které procházejí bočními okénky (ty jsou pro PATCH anténu nedostupné). [3]

b) Externí

Externí antény ještě dělíme na aktivní a pasivní. Pasivní anténa předává signál přímo do GPS přijímače, aktivní anténa před předáním dokáže ještě signál zesílit. Proto jsou aktivní antény dražší a při použití zlepšují příjem GPS přijímače. Externí antény jsou napájeny 3 nebo 5 V, pak existují i antény kombinované (mohou být napájeny jak 3, tak 5 V). To je velice důležité při výběru antény, protože je třeba si zjistit, jakým napětím je náš přijímač napájen. Dalším parametrem, kterým se musíme zabývat, je její spotřeba. Čím vyšší spotřeba, tím je zákonitě nižší výdrž baterií. Při použití externí antény se nám tedy může výrazně snížit výdrž baterií v GPS. [3]

c) Externí x interní anténa

Toto je častá otázka všech uživatelů navigací, ale není jednoduché na ni odpovědět. Existují případy, kdy je použití externí antény nezbytné – např. v autech se speciální antireflexní vrstvou na sklech nebo s vyhříváním skel pomocí mikroskopické kovové mřížky. Použitím externí antény většinou dosáhneme větší

stability příjmu signálu díky možnosti umístění antény na místě s lepším výhledem na oblohu. Při upevnění GPS na přístrojové desce v autě stále brání část výhledu na oblohu střecha a externí anténa umístěná přímo na střeše často zajistí stálý příjem signálu při průjezdu městem nebo vysokohorským terénem. V autě nebývá problém vyšší spotřeba přijímače s připojenou externí anténou díky možnosti napájení přijímače z externího zdroje. U automobilů bych řekl, že je výhodnější použití externí antény. Naopak tato výhoda zřejmě nebude platit pro využití v turistice nebo cykloturistice. [3]

4. Body zájmu

Navigační systém automobilu je možné rozšířit o tzv. body zájmu. Body zájmu jsou jevy nebo objekty, které se mohou řidičům při jízdě automobilem hodit. Jedná se např. o benzinové pumpy, parkoviště, divadla, hotely, ale i nebezpečné úseky na trase a stanoviště policejních radarů. Jedná se o zajímavou službu, která je pro uživatele v České republice dostupná na www.poi.cz. Tato stránka je neoficiální a informace do ní poskytují anonymní dodavatelé (samotní účastníci silničního provozu). Stránka je pravidelně aktualizovaná a poskytuje poměrně přesné informace. Tyto informace je možné přehrát do navigačního systému a při cestě nás o těchto bodech navigační přístroj aktuálně informuje.

5. Aplikace využívající GPS

a) Pasivní sledování vozidel

Pasivní systémy sledování vozidel jsou systémy, které fungují na stejném principu jako tzv. „černá skříňka“ v letadle. Jsou umístěny ve vozidle a zaznamenávají provozní informace o vozidle, především polohu a pohyb vozu s využitím lokalizace pomocí GPS systému s přesností 5 až 10 metrů, dále např. datum, čas, spuštění motoru, případně další události podle typu zařízení. [3]

Montáž je prováděna běžným nebo tajným způsobem. U tajného způsobu instalace je většinou cílem kontrola řidiče (zaměstnance) v průběhu jeho pracovní doby a kontrola nad ujetými kilometry vozidla. Při tom běžném způsobu instalace je hlavní výhodou možnost automatické tvorby knihy jízd, kontrola nad najetými kilometry, evidence jízd a řidičů. Střídá-li se na jednom vozidle více řidičů, je pro firmy důležitá jejich identifikace pomocí speciálních čipů. Další důležitou vlastností je možnost rozlišení soukromých a služebních jízd. Ujetou trasu auta je (po přenosu dat

z vozidla do počítače) běžně možné zobrazit nad klasickou mapou (i s případnou animací pohybu) v daném časovém úseku. Samozřejmostí je již i textový výstup s uvedením výchozího a cílového města jízdy, s uvedením počtu ujetých kilometrů, délkou jízdy, průměrné a maximální rychlosti. [3]

U některých přístrojů na trhu je možné uživatelsky nadefinovat vlastní objekty, které se při výpisu jízd zobrazí v seznamu (např. odběratelé, zákazníci, partneři). Výstup (kniha jízd) většinou splňuje všechny náležitosti vyžadované finančním úřadem, a je možné jej evidovat jako podklad knihy jízd firemního vozidla. Pasivní systémy monitorují během jízdy další stavy vozidla. Jedná se např. o otevření dveří, otevření nákladového prostoru, nastartování motoru nebo údaj o spotřebě paliva (ten umožní majiteli vozidla kontrolu nad hospodařením zaměstnanců s pohonnými hmotami). GPS přijímače určené pro pasivní sledování je možné umístit při montáži například pod přístrojovou desku nebo zabudovat do nárazníku. Přístroj není obvykle větší než krabička cigaret. [3]

Pasivní sledovací systémy zastupují na středoevropském trhu tyto výrobky: GPS Recorder od firmy Radium, Lupus od firmy Princip, cenově přijatelné zařízení nabízí firma MapFactor. [3]

b) Aktivní sledování vozidel

Aktivní systémy se liší od pasivních tím, že již dokáží prostřednictvím komunikačního prostředku přímo komunikovat s obsluhou dispečinku. Pro přenos informací mezi dispečinkem a vozidlem se využívá jak mobilních telefonů, tak i datových sítí. Vzhledem k rozšířenosti a i snadnější dostupnosti za hranicemi se dnes častěji využívá mobilních telefonů, většinou s přenosem informací prostřednictvím SMS zpráv. Pro komunikaci mezi vozidlem a dispečinkem se nepoužívají přenosy dat pomocí družic, hlavně z důvodu existence vysokých poplatků za přenášená data. Informace o poloze vozidla jsou automaticky odesílány v pravidelných intervalech nebo pouze ve chvílích, kdy je informace o poloze potřeba (systém dotaz / odpověď). Samozřejmě systém dotaz / odpověď je výhodnější co se týká provozních nákladů. V tomto případě by ale nebylo možné mít k dispozici komplexní informace o historii pohybu vozidel. Všechny informace se na dispečinku zobrazují on-line nad digitální mapou. Systém pak může upozornit pracovníka dispečinku i v tom případě, že vozidlo vjede nebo vyjede z vyznačené oblasti. Aktivní systém může být vybaven i pamětí ve vozidle, podobně jako pasivní systém. Do této

paměti se ukládají podrobnější informace o historii pohybu, než je posíláno na dispečink. Tyto data je možné opět využít pro tvorbu knihy jízd nebo pro archivaci.

Aktivní systémy nám poskytují důležité informace pro účely logistiky, minimalizace nákladů na jízdy bez nákladu a zabezpečení vozidla. Náklady na provoz systému aktivního sledování jsou vyšší než u pasivního sledování, a to především z důvodu čtenějšího přenosu informace o poloze mezi vozidlem a dispečinkem. [3]

Velmi zajímavým řešením v oblasti aktivního sledování je např. výrobek společnosti GPS Buddy, který plnohodnotně kombinuje sledovací funkce s navigací. Řidič vozidla je přitom schopen komunikovat s dispečinkem pomocí displeje navigačního přístroje. [3]

c) Zabezpečení vozidel nebo mobilních objektů

GPS přijímač je vhodný i pro zabezpečení vozidel nebo mobilních objektů. Nad GPS přijímačem je další systém, který vyhodnocuje podněty z vozidla a z GPS a posílá je dále např. na dispečink nebo na mobilní telefon uživatele. Existují dva druhy zabezpečovacích systémů pro automobily založené na GPS. První systém je určen pro pulty centrální ochrany (neboli dispečink) a bezpečnostní agenturu, která má na starosti nepřetržitou ostrahu nad vozidlem na základě informací z bezpečnostního systému umístěného ve vozidle. U takového systému uživatel nejčastěji platí určitý měsíční paušál za služby bezpečnostní agentury a případně další poplatky, například za zásahy agentury. Druhý typ systému umožňuje kontrolu nad stavem vozidla, nastavení systému nebo hlášení alarmů přímo prostřednictvím mobilního telefonu. Zařízení rozpozná neoprávněnou manipulaci s vozidlem a okamžitě odešle informaci přímo majiteli vozidla (popř. uživateli). Pokud je v blízkosti může sám zasáhnout během pár okamžiků. Např. při krádeži zavazadel nebo odtahu při špatném parkování. Tyto systémy dokáží hlásit i detailnější stavy, jako jsou například pokus o nastartování vozu, odpojení baterie, vybití autobaterie a podobně. Systémy umožňují prostřednictvím mobilního telefonu ovládat i některé funkce přímo ve vozidle na dálku. Příkladem může být skrytá siréna, imobilizér nebo nezávislé topení. [3]

Funkce podobných zařízení je u každého modelu různá. V popisu vlastností se snaží každý výrobce popsat standardní funkce, které se u podobných zařízení na trhu vyskytují. Majitelé takto zabezpečených vozidel, kteří využívají informace o poloze pomocí GPS přijímače, mohou u řady pojišťoven uplatnit slevu ve výši okolo 20% pojistného (viz Allianz). [3]

6. Využití aktivního navigačního systému v různých typech dopravních společností

Pro tuto kapitolu jsem si vybral konkrétní výrobek irské společnosti GPS – Buddy. Tento výrobek (GPS Buddy Pro) je ideální pro vybavení vozového parku společností, které se zabývají mezinárodní kamionovou dopravou, vnitrostátní dopravou nebo různými kurýrními službami.

a) Společnosti zajišťující kamionovou dopravu

V mezinárodní kamionové dopravě se zboží dopravuje v rámci státu nebo mezi státy. Tento systém je dimenzován pro oba druhy dopravy. Ohlašuje v reálném čase čas, rychlost a polohu vozidla, a to každou minutu každého dne. GPS – Buddy Pro pokrývá celou Evropu pomocí digitálních map (až na úroveň ulic) a má mezinárodní roamingové pokrytí pomocí GPRS. Vozidla jsou sledována po celé Evropě. V kombinaci se satelitní navigací společnosti Garmin zajišťuje jednotka GPS – Buddy Pro navigaci i komunikaci a vestavěná čidla mohou zaznamenávat, kdy motor běží nebo stojí, jestli jsou otevřené dveře, jestli je odpojený návěs a mnoho dalších užitečných informací. [13]

V příloze č. 2 můžeme vidět, co všechno se zobrazuje pracovníkovi dispečinku a jaké informace o celém vozovém parku společnosti může sledovat. Na mapce můžeme vidět, kde se jednotlivá vozidla nachází. Z dolní tabulky je možno vyčíst, v jakém městě nebo na jaké silnici se nachází, kdo právě automobil řídí, jestli je automobil nastartován a když ano, tak jakou momentální rychlostí se pohybuje.

b) Společnosti zajišťující vnitrostátní dopravu

Pro společnosti, které se zabývají vnitrostátní dopravou, je důležité, aby dodávky byly rychlé, efektivní a včasné. S tímto systémem mohou snadno a rychle zjistit, kde se vozidlo nachází, jakou rychlostí jede a co v daný den konalo za činnosti. Např. s navigačním systémem Garmin je možné vozidlo navigovat až ke každému klientovi. Levná dvoustranná komunikace mezi vozidlem a dispečerem znamená, že je vždy přehled o tom, jaké úkoly dané vozidlo provedlo a jaké ještě musí provést. Když je třeba dodávku změnit, může to dispečer udělat z jakéhokoliv počítače a vydat vozidlu nové pokyny. Všechna tato data se ukládají, což umožňuje následné podrobné vykazování. Takže je možné zpětně vygenerovat činnost každého vozidla. Tento systém umožňuje zlepšovat efektivitu společnosti, jelikož tato

internetová služba umožňuje snadno optimalizovat trasy vozidel a rotaci cest vozidel. To je důležité pro dosažení úspor paliva a času.

c) Společnosti zajišťující kurýrní služby

Každý zákazník těchto společností je závislý na včasnosti a správnosti dodávek. K tomu, aby tyto vlastnosti dodávek mohly být splněny, je nutné vozidla monitorovat a operativně jim sdělovat jasné pokyny a navigovat vozidla do jejich míst určení. Pomocí aktivní jednotky a navigačního systému může dispečer každému vozidlu naplánovat pracovní den a navigovat je do různých míst. Pokud se plán změní, lze tuto změnu posádce vozidla snadno a levně změnit. To má za následek efektivní využití vozového parku a znovu úsporu paliva a času. Systémy umožňují těmto společnostem vytisknout na požádání výkazy o dodávkách zásilek jednotlivým klientům v určitý den nebo pravidelně. Vedle toho může společnost svým klientům, subdodavatelům nebo partnerům poskytnout přístup k údajům jednotlivých vozidel. Tento výstup ze systému je zachycen v příloze č.1. Nastane-li nouzová situace nebo se objeví nová zakázka, dispečer může okamžitě spárovat informaci o poloze dané zakázky s informací o poloze vozidla, které je nejlépe umístěno pro vyzvednutí zakázky.

V příloze č.3 můžeme vidět, že dispečer zadá do systému adresu místa, kde se nachází nová zakázka. Během několika vteřin se mu objeví tabulka, kde má seřazena vozidla vzestupně od nejbližšího. Ihned může vydat povel, aby toto nejbližší vozidlo novou zakázku vyzvedlo.

B. GPS a námořní doprava

Družicový navigační systém (GPS) změnil významně i námořní a lodní dopravu. Zvláště co se týče orientace na otevřeném moři, určení polohy včetně záchrany a vyhledávání trosečníků. GPS nám dokáže poskytnout nejrychlejší a nejvíce přesné metody pro námořníky, jak navigovat, určení rychlosti a určení polohy. Tato technologie umožnila celosvětově zvýšit úroveň bezpečí a efektivnosti. V námořní navigaci je důležité pro námořního kapitána znát přesnou polohu lodě jak na širém moři, tak v zaplněném přístavu a také při námořní komunikaci mezi ostatními plavidly. Zatímco na moři jsou přesné informace o poloze, rychlosti i hloubce moře důležité pro bezpečné, rychlé a co nejekonomičtější dosažení cíle. Potřeba co nejpřesnější polohy je ještě důležitější, pokud loď odjíždí nebo přijíždí do

Využití satelitní navigace v dopravě

přístavu. Komerční rybářské flotily zase využívají GPS pro navigaci k optimálním rybářským lokalitám, pro určení drah, kudy se hejna ryb stěhují, a také pro určení oblasti s povolením k lovu. Velký význam má GPS i pro pobřežní operace – umístění signálních bójek a rozsáhlých úpravách břehu (například bagrování). [10]

III. Další využití satelitní navigace – výběr mýta

V mnoha evropských zemích se již po několik desetiletí vybírají poplatky za používání jistých druhů komunikací. Jednotlivé systémy se od sebe výrazně liší. V některých zemích musíme zaplatit za každý průjezd dálnice (např. Španělsko, Itálie, Francie), v jiných jsou zase dálnice zpoplatněny paušálním poplatkem (např. Česká republika, Rakousko, Švýcarsko). Řidič je nucen si zakoupit dálniční známku s různou dobou platnosti (např. desetidenní, měsíční, roční). Toto zpoplatnění se nazývá časové. V současnosti existence velkého počtu sítí úzce specializovaných dodavatelů způsobuje neustálý růst nákladní dopravy. Tento druh dopravy nám „zahušťuje“ provoz na komunikacích. To s sebou nese potřebu velkých finančních investic do výstavby nových dálnic, tunelů a mostů na straně jedné a růst vynakládaných finančních prostředků na údržbu a opravu již stávajících komunikací na straně druhé. Tyto důvody vedou státy k výběru mýta podle skutečného využití komunikací (tzv. výkonové zpoplatnění). V současnosti se pro výběr výkonového mýta využívají dva systémy: mikrovlnný systém (rakouský model) a satelitní systém s rozprostřenou inteligencí (německý model). Dnes se již stále více mluví o satelitním systému s centrální inteligencí, který by měl být v budoucnu vybudován.

A. Mikrovlnný systém (rakouský model)

Automobily, které se pohybují po zpoplatněných komunikacích, musí mít instalované speciální palubní jednotky OBU (on-board unit). Prostřednictvím této jednotky komunikuje pomocí DSRC (Dedicated Short Range Communication)⁸ s přístroji umístěnými na mýtných branách. Při průjezdu branou dojde k přenosu čísla palubní jednotky do výpočetního centra. Tento proces umožňuje zjistit dílčí délku ujetou vozidlem. Ve výpočetním centru jsou tato data vyhodnocena a podle nich je vypočtena výše mýtného .

Platba mýtného může být uskutečněna dvěma způsoby. Předem (stejný princip jako u kartových telefonů), nebo až po skončení jízdy.

Kontrola je zajištěna třemi způsoby. Stacionárně – na mýtných branách jsou umístěny přístroje, které dokážou rozpoznat typ projíždějícího vozidla (např. kolik má náprav) a zkontrolovat, jestli platí správně příslušnou mýtní sazbu. Dalším typem je

⁸ DSRC je technologie, která využívá pro určení pozice vozidla komunikaci krátkého rozsahu v pásmu 5,8 GHz.

mobilní kontrola. Kontrolní přístroje jsou umístěny na speciálních vozidlech, které se pohybují po zpoplatněných úsecích. Navazují spojení před DSRC s palubní jednotkou a kontrolují, zda je mýto placeno správně. V případě nesprávné platby má posádka vozidla pravomoc podezřelé vozidlo zastavit a provést kontrolu. Třetím druhem je kontrola na parkovištích a odpočívadlech podél zpoplatněné komunikace.

Mikrovlnný systém v EU můžeme považovat za dočasný, do roku 2012 (podle směrnice 2004/52/ES) by se měla mikrovlnná technologie utlumovat. Měl by se pak používat výhradně satelitní systém, který bude založený na evropském navigačním systému Galileo. To ale neznamená, že současné mikrovlnné systémy se odstraní a bude vybudován úplně nový systém. Proto státy, které v blízké minulosti zaváděly nebo budou zavádět mikrovlnný systém výběru mýta, dbají na stavbě systému, který se skládá z jednotlivých modulů. Tyto subsystémy musí být relativně samostatné a musí být mezi nimi přesně definované příslušné rozhraní.

B. Satelitní systém (německý model)

Německý systém využívá pro výběr mýta satelitní navigační systém GPS a přenosovou technologii GSM. Na některých úsecích je i kombinován s mikrovlnným systémem (DSRC).

V tomto modelu si poplatník může zakoupit palubní jednotku, a tím platí mýto automaticky pomocí elektronického výběru, nebo si ji nezakoupit a platit mýto manuálně (dualita systému). Při automatickém výběru se pomocí GPS kontroluje, zda se automobil pohybuje na komunikaci podléhající mýtu. Pokud ano, systém změří celkovou ujetou vzdálenost a odesílá informaci o výši pohledávky pomocí GSM přenosové technologie do výpočetního centra. Zde je zpracována a ponechána až do úhrady. Pro uživatele, kteří využívají zpoplatněné komunikace méně často, je určen manuální systém výběru mýta. Poplatník si nemusí zakupovat palubní jednotku a před jízdou může příslušnou částku zaplatit prostřednictvím internetu, mobilního telefonu a nebo platebního terminálu, který je umístěn na téměř každé benzinové pumpě v Německu. Při tomto způsobu placení se informace do výpočetního centra zasílají prostřednictvím pevných komunikačních sítí.

Kontrola je prováděna stacionárně, mobilně a u speditéra. Stacionární kontrola funguje na stejném principu jako v mikrovlnném systému. Navíc u vozidel, které zaplatily mýto manuálně, je naskenována státní poznávací značka a odeslána do výpočetního centra. Centrum následně podá informaci, jestli bylo mýtné uhrazeno.

Mobilní kontrola - u vozidel s palubní jednotkou probíhá stejně jako u stacionárních bran. Vozidla, která palubní jednotku nemají, mohou být zastavena a musí předložit doklad o manuálním zaplacení mýta. Kontrola u speditéra je následná kontrola, která spočívá v tom, že kontrolní orgán může nahlížet do knih jízd a následně to porovnávat s platbou mýtného.

C. Porovnání systémů

Systémy můžeme porovnat podle celé řady kritérií. Pro tuto práci jsem zvolil následující kritéria: pořizovací a provozní náklady, efektivita výběru, interoperabilita, monitorování dopravy, celoplošnost a vícenásobné využití.

1. Pořizovací a provozní náklady

Nejmenší pořizovací náklady vykazuje mikrovlnný systém. Mikrovlnný systém je možné vybudovat v poměrně krátkém čase. Např. Rakousko realizovalo systém za 18 měsíců. Za dalších 8 měsíců byla investice z vybraného mýta zaplacená. Roční náklady nepřevyšují 12% z vybrané částky. Ale platí, že čím větší síť zpoplatněných dálnic, tím se systém prodražuje. Je tedy výhodný pro menší státy, jako jsou např. Česká republika, Rakousko nebo Slovensko, nikoliv však např. pro Německo. [15]

Výhodou pro plátce je i to, že palubní jednotka se dá pořídit o hodně levněji než jednotka pro satelitní systém, je jednodušší a její instalace trvá řádově minuty.

2. Efektivita výběru

Nejvyšší procento platících uživatelů využívající zpoplatněné komunikace vykazuje opět mikrovlnný systém (Rakousko - 99,6%)⁹. To je způsobeno hlavně dualitou systému a vysokou poruchovostí palubních jednotek v satelitním systému. Jinak problémem obou systémů je nízká efektivita výběru zpoplatněných vozidel k celkovému počtu vozidel. Velké procento vozidel objíždí zpoplatněné komunikace po vedlejších (nezpoplatněných) trasách. Zde může nastat i situace, kdy škody způsobené na vedlejších komunikacích a životním prostředím budou vyšší než výběr mýta.

⁹ Zdroj: www.kapsch.cz

3. Celoplošnost

Celoplošnost vede k odstranění neefektivnosti předchozího bodu. Mikrovlnný systém celoplošnost neumožňuje. Při dnešní hustotě silniční sítě není reálné vybudovat potřebnou infrastrukturu a pak ji propojit. Navíc by to bylo velice ekonomicky náročné. Zato satelitní výběr mýta nám tuto celoplošnost může zajistit.

Nyní se v České republice debatuje o projektu celoplošného výběru mýta. Stávající mikrovlnný systém by měl doplnit systém satelitní. Otázkou je jak se tyto dva systémy dají úspěšně propojit.

4. Interoperabilita

Interoperabilita systémů jednotlivých zemí je přáním všech zemí. Oba systémy umožňují vybudovat v budoucnu celoevropský systém mýtného. Mikrovlnný systém bude možný využívat pouze na dálniční síti. Satelitní systém je pro tento projekt ještě výhodnější. Umožňuje celkem jednoduše podle potřeb měnit rozsah i další parametry propojení.

5. Monitorování dopravy

Oba systémy dávají přehled o statistice jízd po zpoplatněných komunikacích. Satelitní nám může dávat navíc i poměrně přesné informace o dopravě na nezpoplatněných úsecích (objíždění placených úseků). Tyto statistické údaje se dají následně využít pro rychlé, kvalitní a hlavně efektivní rozhodování státních orgánů.

6. Vícenásobné využití

Mikrovlnný systém je určen pouze pro výběr mýta bez dalšího využití. V automobilech neustále přibývá počet zařízení, které komunikují ze satelitním navigačním systémem (zabezpečení vozidel, digitální tachografy, sledování vozidel atd.). Satelitní systém nám umožňuje tyto funkce koordinovat a vyrábět multifunkční palubní jednotky.

IV. Závěr

Ve své práci jsem se pokusil přiblížit a představit jednotlivé systémy satelitní navigace a popsat jejich různé využití v oblasti dopravy.

Pro rozvoj systémů navigace je velice důležité, že jednotlivé systémy si nesnaží konkurovat, ale naopak se spolu snaží spolupracovat.

Dnes dynamicky se rozvíjející satelitní technologie se stávají nedílnou součástí našeho všedního života. Stejně jako v jiných oblastech techniky se určitě chystá celá řada dalších zdokonalení jednotlivých systémů. Patří sem zcela určitě i propojení systémů s mobilními telefony, digitálními fotoaparáty, videokamerami nebo přenosnými počítači, aby mohly vzniknout univerzální prostředky pro komunikaci a navigaci. Prodej i kvalita přijímačů neustále roste a stávají se čím dál více dostupnější i pro ekonomicky slabší vrstvy obyvatelstva.

Co se týče elektronického výběru mýta, budoucnost patří určitě satelitním systémům. Ty mají nejlepší předpoklady pro vytvoření celoevropského systému výběru mýta. Velkým krokem dopředu bude také spuštění evropského satelitního systému Galileo, na kterém by měl být celoevropský systém výběru mýta založen.

V. Seznam zkratk

C/A – coarse-acquisition

CZEPOS – Česká síť permanentních stanic pro určování polohy

EC – European Commission

EGNOS – European Geostationary Navigation Overlay Service

ERIS – External Region Integrity Systéme

ESA – European Space Agency

FOC – Full Operational Capability

GLONASS – Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistema

GMS – Ground Mission Segment

GNSS – Global Navigation Satellite System

GPRS – Genaral Packet Radio Service

GPS – Global Position System

GSC – Ground Control System

GSS – Galileo Sensor Stations

IM – Instant Messaging

NAVSTAR – Navigation Signal Timing And Ranging

OBU – On Board Unit

PDA – Personal Digital Assistant

P(Y) – Precision

RDS – TMC – Radio Data System – Traffic Message Channel

S-JTSK – Systém Jednotné Trigonometrické Sítě Katastrální

SMS – Short Message Service

SPS - Standard Positioning Service

TTC – Tracking, Telemetry and Command

WGS84 – World Geodetic System 1984

VI. Seznam klíčových zdrojů

A. Literatura

- [1] Hrdina, Z., Pánek, P., Vejražka, F. *Rádiové určování polohy (Družicový systém GPS)*. ČVUT, 1995, ISBN 80-01-01386-3
- [2] Owings, R. *GPS Mapping*. Ten Mile Press, 2005, ISBN 0-9760926-3-8
- [3] Černý, J., Steiner, I., *GPS od A do Z*. eNav s.r.o., 2006, ISBN 80-239-7516-1
- [4] Rapant, P., *Družicové polohové systémy*. VŠB Ostrava, 2002, ISBN 80-248-0124-8
- [5] Hrdina, Z., *Transformace souřadnic ze systému WGS-84 do systému S-JTSK*. ČVUT, 1997

B. Webové odkazy

- [6] GPS Navigace Shop, <http://www.gps-navigace-shop.cz>
- [7] Česká kosmická kancelář, <http://www.czechspace.cz>
- [8] Federalnoje kosmičeskoje agencstvo, <http://www.glonass-ianc.rsa.ru>
- [9] Global Positioning System, <http://www.gps.gov>
- [10] Navigation Center, <http://www.navcen.uscg.gov>
- [11] European Space Agency, <http://www.esa.int>
- [12] Český úřad zeměměřičský a katastrální, <http://www.cuzk.cz>
- [13] GPS-Buddy, <http://www.gps-buddy.com>
- [14] České body zájmu, <http://www.poi.cz>
- [15] Kapsch Telecom spol. s r.o., <http://www.kapsch.cz>

VII. Seznam obrázků

Obr. 1 – Rozmístění družic GPS [7]	11
Obr. 2 – Družice GPS [7].....	11
Obr. 3 – Pokrytí signálem Glonass [8].....	14
Obr. 4 – Družice Uragan-K [7]	16
Obr. 5 – Oběžné dráhy systému GALILEO [7].....	18
Obr. 6 – Družice Giove-A [7].....	19
Obr. 7 – Družice Beidou 2A [7].....	21
Obr. 8 – Schéma cesty signálu v systému Beidou[7].....	22

Příloha č.1: Výkaz o doručení dodávky v systému GPS - Buddy[13]

Locations Report

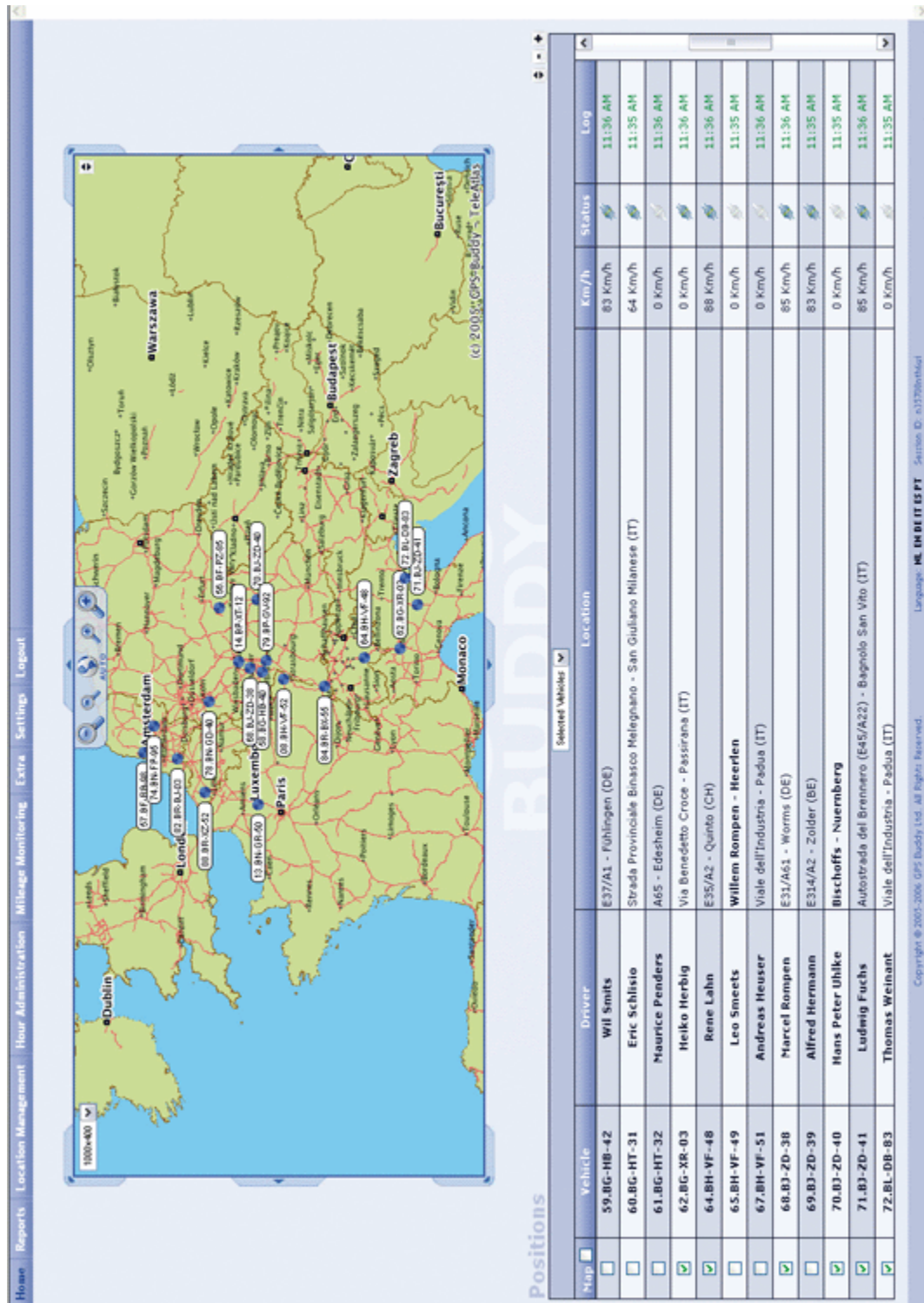
Creation Date	8/21/06 3:20 PM
Start Date	7/1/06 12:00 AM
Stop Date	8/31/06 11:59 PM
Stop Time Threshold	0:03h
Location	EnRo
Address	--
User Name	DEn
Customer Name	EN Groep BV
Report Description	KDA

Vehicle: Putten, Erik van

Id	From	To	Duration
1/8	7/12/06 6:57 AM	7/12/06 8:40 AM	1:42h
2/8	7/20/06 7:27 AM	7/20/06 9:19 AM	1:52h
3/8	7/21/06 6:57 AM	7/21/06 5:26 PM	10:28h
4/8	7/26/06 12:27 PM	7/26/06 4:25 PM	3:57h
5/8	7/27/06 7:17 AM	7/27/06 8:00 AM	0:42h
6/8	8/4/06 12:39 PM	8/4/06 4:24 PM	3:44h
7/8	8/10/06 7:21 AM	8/10/06 10:37 AM	3:16h
8/8	8/11/06 8:12 AM	8/11/06 8:24 AM	0:12h
			25:57h

Využití satelitní navigace v dopravě

Příloha č.2: Informace o poloze vozidel v systému GPS – Buddy [13]



Využití satelitní navigace v dopravě

Příloha č.3: Zobrazení nejbližších vozidel v systému GPS - Buddy[13]

Home > Reports > Location Management > Hour Administration > Mileage Monitoring > Extra > Settings > Support > Logout

Home > Extra > GEO Buddy Search

Search with a location | Search with an address

Please select a search location

Location:

Street:

Number:

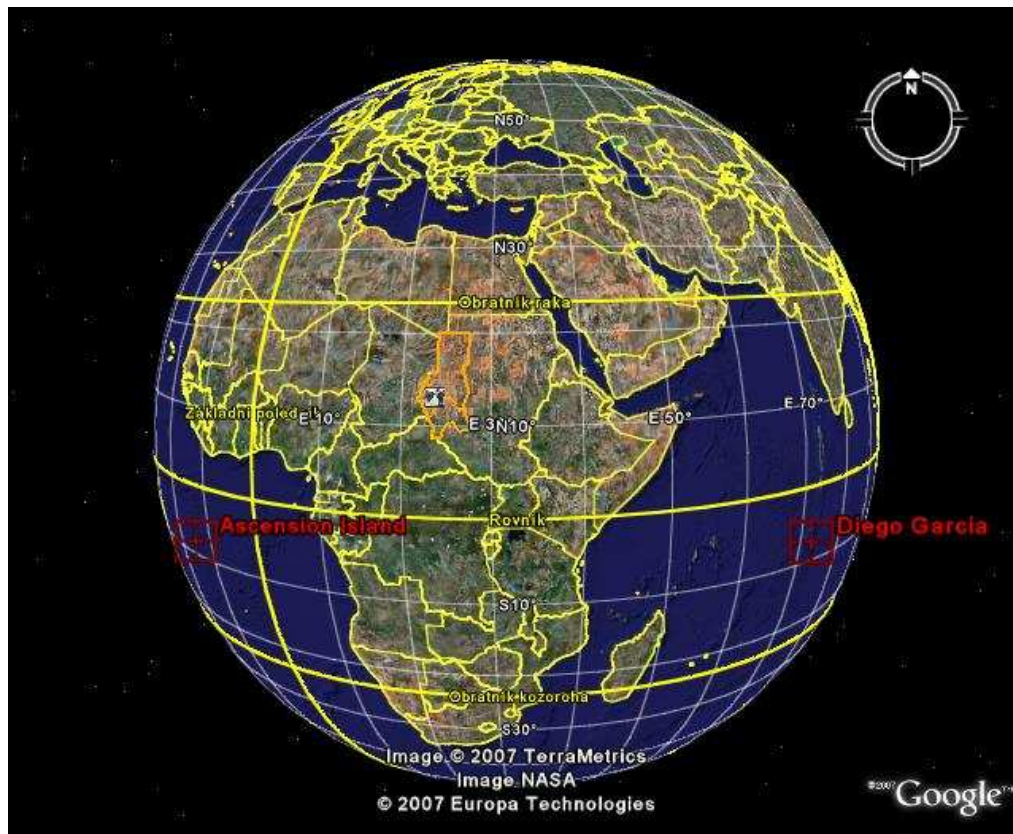
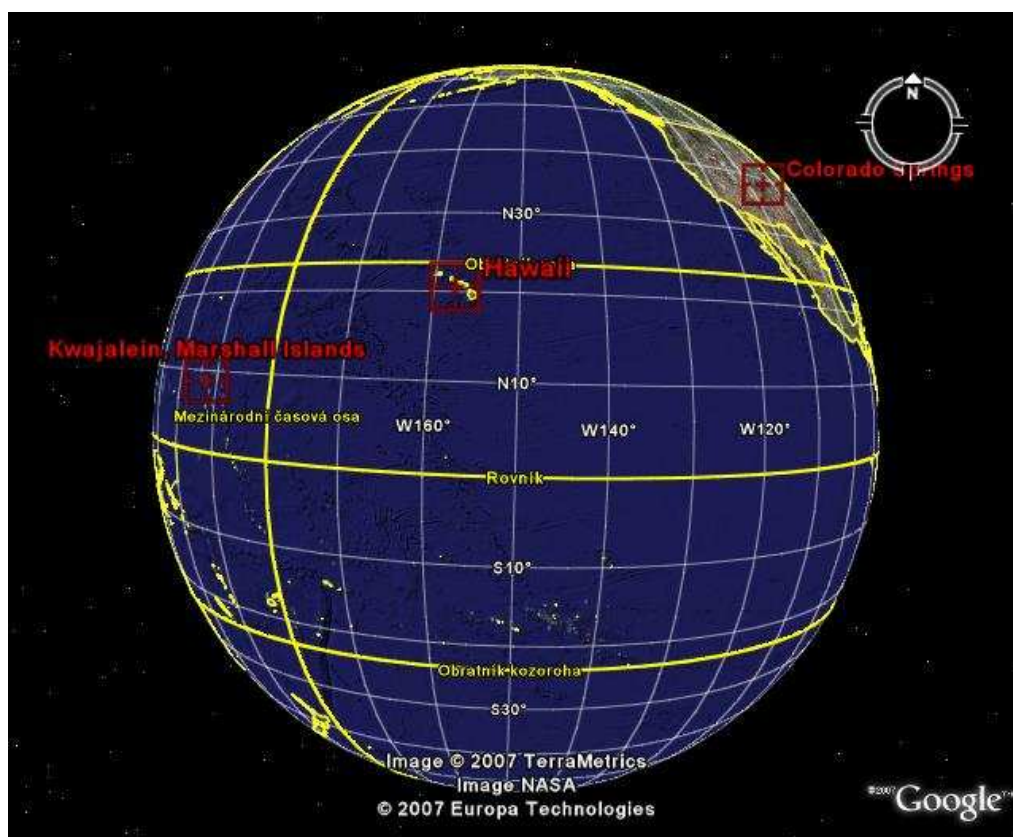
Zip:

City:

Country:

Nr	GPS-buddy	Current location	Distance (km)
1	Brech, Erik	Adriaan van Oostadestraat - Woerden (NL)	32.0 km
2	Haah, John den	Van der Waalstraat - Bleswijk (NL)	46.9 km
3	Coppens, Karel	Wilhelmskade - Rotterdam (NL)	59.3 km
4	Engelen, Theo	Otto Reuchlinweg - Rotterdam (NL)	59.4 km
5	Putten, Aad van	Otto Reuchlinweg - Rotterdam (NL)	59.5 km
6	Kreischer, Jos	Hof van Spaland - Schiedam (NL)	60.6 km
7	Kolen, John	Vulcaanweg - Vlaardingen (NL)	63.9 km
8	Jong, Nol de	Vulcaanweg - Vlaardingen (NL)	63.9 km
9	Doorn, Dick van	Vulcaanweg - Vlaardingen (NL)	63.9 km
10	Pensier, Herman	Wagenaarstraat - Oss (NL)	81.5 km
11	Keijzers, Harrie	Isabellalaan - 's-Hertogenbosch (NL)	82.2 km
12	Jacobs, Sjaak	Brabantlaan - 's-Hertogenbosch (NL)	83.0 km
13	Herk, Dennis van	Slingerveg - Breda (NL)	87.8 km
14	Brouwer, Paul	Ringbaan Oost - Tilburg (NL)	90.5 km
15	Smits, Johan	E312/A59 - Roosendaal (NL)	96.9 km
16	Bekelaar, Sjoers	Heirweg - Roosendaal (NL)	99.2 km
17	Kroon, Geert	Heirweg - Roosendaal (NL)	99.2 km
18	Brisko, Nico	Watermolen - Gemert (NL)	105.6 km
19	Alagic, Zlatan	Burgerhout - Bergen op Zoom (NL)	105.8 km
20	Heijden, Ronnie van...	Kruisakkers - Bergen op Zoom (NL)	105.9 km
21	Stelmijk, Chris	Brekerheide - Beek en Donk (NL)	107.6 km
22	Verhagen, Etienne	Beekerheide - Beek en Donk (NL)	107.7 km
23	Ottan, Jos	Van Cooftstraat - Bozmeer (NL)	108.8 km
24	Arrindell, Charles	Hoge Brake - Nuenen (NL)	110.8 km
25	Bukkens, Gerrie	De Run - Veldhoven (NL)	112.7 km
26	Klompshouwer, Hans	De Run - Veldhoven (NL)	112.7 km
27	Kol, Peer van	De Run - Veldhoven (NL)	113.2 km
28	Engelen, Toon van	De Plaatsse - Veldhoven (NL)	113.7 km
29	Reserve	Kanaalwijk Nulsterbroek - Nuenen (NL)	113.7 km
30	Staats, Jos	Spaarpot - Geldrop (NL)	113.8 km
31	Lodewijks, René	Spaarpot - Geldrop (NL)	113.8 km
32	Roefs, Piert	Spaarpot - Geldrop (NL)	113.8 km
33	Wolters, Jan	Spaarpot - Geldrop (NL)	113.8 km
34	Toussaint, Paul	Paalweg - Geldrop (NL)	113.8 km

Příloha č.4: Rozmístění monitorovacích stanic systému GPS - NAVSTAR¹⁰



¹⁰ Vytvořeno v Google Earth