

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

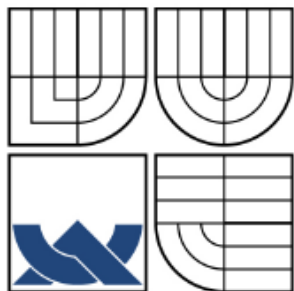
NAVIGAČNÍ SYSTÉMY VE VOZIDLECH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

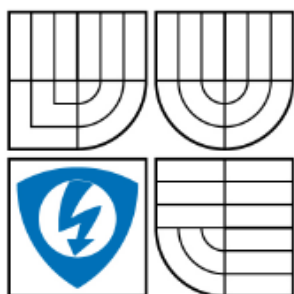
LUKÁŠ MIŠINGER

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY  
A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC  
ENGINEERING

## NAVIGAČNÍ SYSTÉMY VE VOZIDLECH

VEHICLE NAVIGATION SYSTEMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

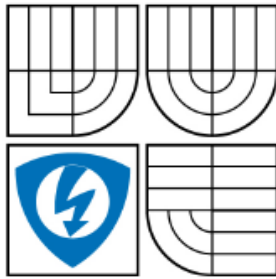
LUKÁŠ MIŠINGER

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. VÍTĚZSLAV HÁJEK, CSc.

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a  
elektroniky

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

**Student:** Mišinger Lukáš  
**Ročník:** 3

**ID:** 77838  
**Akademický rok:** 2007/2008

## NÁZEV TÉMATU:

**Navigační systémy ve vozidlech**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Zpracujte přehled informací o současném stavu vývoje navigačních systémů.
2. Popište způsoby využití ve vozidlech.
3. Navrhněte postup a vypracujte návod pro praktická cvičení z BAEB.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle pokynů vedoucího práce.

**Termín zadání:** 10.10.2007

**Termín odevzdání:** 6.6.2008

**Vedoucí práce:** prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc.

**doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.**

*předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

# LICENČNÍ SMLOUVA

## POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

### 1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Lukáš Mišinger  
Bytem: Škrdlovice 44, 59101, Škrdlovice  
Narozen/a (datum a místo): 30.11.1985, Nové Město na Moravě

(dále jen "autor")

a

### 2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií  
se sídlem Údolní 244/53, 60200 Brno 2  
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:  
doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.

(dále jen "nabyvatel")

## Článek 1

### Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- disertační práce
- diplomová práce
- bakalářská práce

jiná práce, jejíž druh je specifikován jako .....

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Navigační systémy ve vozidlech  
Vedoucí/školicel VŠKP: prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc.  
Ústav: Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky  
Datum obhajoby VŠKP: .....

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

- tištěné formě - počet exemplářů 1
- elektronické formě - počet exemplářů 1

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracování díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.

3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.

4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

## Článek 2

### Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
  - ihned po uzavření této smlouvy
  - 1 rok po uzavření této smlouvy
  - 3 roky po uzavření této smlouvy
  - 5 let po uzavření této smlouvy
  - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

## Článek 3

### Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: .....

.....

Nabyvatel

.....

Autor

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá přehledem navigačních systémů, které jsou v současné době využívány, nebo by v nejbližší době měly být v aktivním provozu. Je zde obsaženo základní rozdělení satelitních navigačních systémů, jejich funkce a vlastnosti, palubní jednotky navigačních systémů a jejich využití. Další část obsahuje oblasti využití navigačních systémů nejen ve vozidlech, ale i dalších službách s dopravou spojené. Poslední část se zabývá návrhem laboratorní úlohy se zaměřením na navigační systém pro předmět BAEB - Automobilová elektrotechnika.

## **Abstrakt**

This bachelor thesis consider contemporary navigation systems or systems that will be at work very soon. This work includes main parting of satellite navigation systems and their functions and characteristics, board units of navigation systems and their usage in vehicles. Next part is about another usage in transportation jointed sevice. Last part is about suggestion for laboratory practise with specialization on navigation systems for lessons of subject BAEB (Vehicle elektrotechnics).

## **Klíčová slova**

GPS; navigace; satelit; vozidlo

## **Keywords**

GPS; navigation; satellite; vehicle

## **Bibliografická citace**

MIŠINGER, L. *Navigační systémy ve vozidlech*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 47 s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc.



## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Navigační systémy ve vozidlech jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne .....

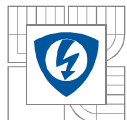
Podpis autora .....

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. VÍTĚZSLAVU HÁJKOVI, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne .....

Podpis autora .....



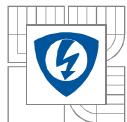
## OBSAH

<b>1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY .....</b>	<b>13</b>
<b>2 PŘEHLED NAVIGAČNÍCH SYSTÉMŮ .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 PRINCIPY DRUŽICOVÝCH NAVIGAČNÍCH SYSTÉMŮ .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 CHYBY PŘI ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU.....</b>	<b>14</b>
2.2.1 IONOSFÉRICKÁ REFRAKCE .....	14
2.2.2 MNOHACESTNÉ ŠÍŘENÍ.....	15
<b>3 DRUŽICOVÉ NAVIGAČNÍ SYSTÉMY .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 NAVSTAR GPS .....</b>	<b>16</b>
3.1.1 VÝVOJ GPS.....	16
3.1.2 KONCEPCE GPS .....	17
3.1.3 BUDOUCNOST GPS .....	23
<b>3.2 GNSS – GALILEO (GLOBAL NAVIGATION SATELITE SYSTÉM) .....</b>	<b>24</b>
3.2.1 KONCEPCE SYSTÉMU GNSS – GALILEO .....	25
3.2.2 BUDOUCNOST SYSTÉMU GNSS - GALILEO.....	27
<b>3.3 GLONASS.....</b>	<b>28</b>
3.3.1 KONCEPCE SYSTÉMU GLONASS .....	28
3.3.2 BUDOUCNOST GLONASS .....	31
<b>4 NAVIGAČNÍ SYSTÉMY VE VOZIDLECH .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 ZPŮSOBY VYUŽITÍ NAVIGAČNÍCH SYSTÉMŮ VE VOZIDLECH A V DOPRAVĚ.....</b>	<b>32</b>
4.1.1 NAVIGAČNÍ SIGNÁL PRO NAVIGACI .....	32
4.1.2 SLEDOVÁNÍ VOZIDEL .....	33
4.1.2.1 Sledování On – Line.....	33
4.1.2.2 Sledování Off - Line.....	34
4.1.3 ELEKTRONICKÝ MÝTNÝ SYSTÉM - EMS .....	34
4.1.3.1 Satelitní technologie EMS.....	35
4.1.3.2 Mikrovlnná technologie EMS .....	35
<b>5 PALUBNÍ MODULY A PŘIJÍMAČE GPS .....</b>	<b>36</b>
<b>5.1 STRUKTURA, USPOŘÁDÁNÍ PŘIJÍMAČE GPS.....</b>	<b>36</b>
<b>5.2 FUNKCE PALUBNÍ NAVIGAČNÍ JEDNOTKY .....</b>	<b>36</b>
<b>5.3 VYBRANÉ NAVIGAČNÍ FUNKCE.....</b>	<b>37</b>
<b>5.4 VÝBĚR PALUBNÍHO NAVIGAČNÍHO SYSTÉMU.....</b>	<b>39</b>
<b>6 NAVIGAČNÍ SYSTÉMY BUDOUCNOSTI .....</b>	<b>41</b>
<b>7 NÁVRH LABORATORNÍCH CVIČENÍ DO.....</b>	<b>43</b>
<b>PŘEDMĚTU BAEB .....</b>	<b>43</b>
<b>7.1 ZAKOUPENÍ VHODNÉHO NAVIGAČNÍHO SYSTÉMU A VYUŽITÍ VE VÝUCE .....</b>	<b>43</b>
<b>7.2 SIMULAČNÍ SW NAVIGAČNÍHO SYSTÉMU.....</b>	<b>43</b>
<b>7.3 SPOLUPRÁCE SE ŠKODA AUTO A.S. ....</b>	<b>44</b>
<b>8 ZÁVĚR.....</b>	<b>45</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>46</b>



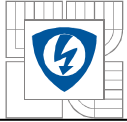
## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1	Chyby měření zdánlivé vzdálenosti systému GPS .....	15
Obrázek 2	Rozmístění orbit družic navigačního systému GPS.....	18
Obrázek 3	Modulace signálu systému GPS .....	19
Obrázek 4	Přehled spektra signálů využívaných v GPS .....	19
Obrázek 5	Ukázka lokalizace přijímače GPS.....	23
Obrázek 6	Palubní navigace GPS.....	37
Obrázek 7	Test vybraných palubních navigací .....	40
Obrázek 8	Budoucí podoba zobrazení navigace na čelním skle .....	41
Obrázek 9	Realistické 3D zobrazení navigační trasy .....	42



## SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Anglický název	Český název
GPS	Global Positioning System	Globální navigační systém
IOC	Initial Operational Capability	Počáteční operační stav
FOC	Full Operational Capability	Plný operační stav
SA	Selective Availability	Výběrová dostupnost
CDMA	Code Division Multiple Access	Digitální multiplex
SV	Space vehicle	Kosmický dopravní prostředek
MCS	Master Control Station	Hlavní řídicí stanice
GSM	Groupe Spécial Mobile Universal Mobile Telecommunication	Glob. Systém pro Mobilní komunikaci
UMTS	System	Universální. mobilní telekomunikační systém
ESA	European Space Agency	Evropská kosmická agentura
GNSS	Global Navigation Satellite System	Globální satelitní navigační systém
ERIS	External Region Integrity Systems	Externí regionální integritní systém
GCS	Ground Control System	Pozemní řídicí systém
GMS	Ground Mission Segment	Pozemní letový segment
TTC	Tracking, Telemetry and Command	Sledování, Telemetrie, Velení
OS	Open Service	Základní (otevřená) služba
SoL	Safety of Life service	Služba pro záchranu životů
CS	Commercial Service	Komerční služba
PRS	Public Regulated Service	Veřejně regulovaná služba
SAR	Search And Rescue service	Vyhledávací a záchranná služba
UTC	Universal Time Coordinated	Koordinovaný světový čas
SP	standard precision	Standardní přesnost
HP	high precision	Vysoká přesnost
AVL	Automatic Vehicle Location	Automatická lokace vozidla
SMS	Short message service	Krátká textová zpráva
SW	Software	Programové vybavení
PDA	Personal Digital Assistant	Osobní digitální asistent
EMS	-	Elektronický Mýtný Systém
OBU	On Board Unit	Palubní jednotka
EU	the European Union	Evropská unie
RPU	Receiver & Processor Unit	Přijímací a procesorová jednotka
CDU	Control & Display Unit	Řídicí a zobrazovací jednotka
DLS	Data Leader System	Zavaděč dat
TIR	Transports Internationaux Routiers	Transportní systém
POI	Point of Interest	Bod zájmu
Wi-Fi	Wireless fidelity	Bezdrátová komunikace
RDC	Radio Data System	Radiový datový systém
TMS	Traffic Message Channel	Kanál dopravních informací
HUD	Head Up Display	Projekční zobrazovač
BAEB	-	Automobilová elektrotechnika



## 1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

V posledních několika letech se velmi rozšířila dostupnost a použití satelitních navigací v silniční dopravě. U dnes používaných navigací převažují výhody před nevýhodami jejich použití. Asi největší nevýhoda může být jejich cena, která se však velmi rychle mění a nyní dražší přístroje mohou svoji cenu během několika měsíců snížit až na polovinu. Tyto navigace dnes však neslouží jen k určování polohy, ale s rychlým vývojem se rozrůstá i řada jejich funkcí jako real-timeové zprávy o silniční situaci, vyhledávání vozidel, dálková kontrola vozů mezinárodní dopravy atd.

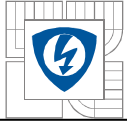
## 2 PŘEHLED NAVIGAČNÍCH SYSTÉMŮ

**Navigace** je souhrnný název pro postupy, pomocí kterých lze kdekoli na zeměkouli, na moři či ve vzduchu stanovit svou polohu (nebo polohu jiného přemísťovaného objektu) a nalézt nejvhodnější nebo nejkratší cestu k cíli. Doprava, vedení pohybujících se prostředků (lodí, letadla, automobilu) po dráze předem stanovené a určování jejich polohy různými metodami, zjištěním potřebných navigačních prvků výpočtem ze známých hodnot (řešením tzv. navigačního trojúhelníku, který je tvořen vektory rychlosti pohybu, rychlosti větru a výsledné rychlosti vzhledem k Zemi). Tím je dán kurs. Ten se udržuje pomocí nejrůznějších přístrojů.

Navigace může být prováděna například těmito způsoby:

- Osobním dorozumíváním (osoba znáá míst, průvodce, spolujezdec)
- Pomocí orientačního zařízení (dopravní značení, označování ulic, domů, vlastní značení atd.)
- Srovnávací navigací – porovnávání terénu a mapy
- Terrestriky (pozemně) pomocí kompasu (magnetický nebo gyroskopický), hloubkoměru, námořní mapy
- Astronomicky pomocí polohy slunce, Měsíce a hvězd – pomocí sextantu, kompasu a hodin
- Radionavigačními přístroji – pomocí radiomajáků (NDB, VOR) a radiokompasu
- Pozemním navigačním systémem – např. LORAN, OMEGA
- Družicovým navigačním systémem – např. GPS, GLONASS, Galileo

Protože v automobilové dopravě se využívá především navigace satelitní rozvedeme tuto problematiku v širší souvislosti.



## 2.1 Principy družicových navigačních systémů

V přijímačích rádiových družicových navigačních systémů mohou být jako měřené parametry signálů sloužící pro určení polohy využity:

- Dopplerův kmitočet
- zpoždění signálu přepočítané na vzdálenost

V prvním případě hovoříme o dopplerovské metodě určení polohy, ve druhém o metodě dálkoměrné. Obě metody mohou být také kombinovány. Dopplerův jev je založen na principu, kdy pohyb vysílače (družice) a přijímače je nenulový. Jestliže víme, že družice vysílá signál o známém kmitočtu a víme, že se vlivem Dopplerova jevu mění, může přijímač po příjmu dostatečného množství dat určit polohu. U této metody nelze nijak měřit nadmořskou výšku a tím určujeme pouze zeměpisnou šířku a délku, což je 2D navigace s přesností až 100 m. Dopplerův jev byl využit satelitním navigačním systémem TRANSIT, který byl v roce 1964 zprovozněn armádou USA. Původní vojenský systém byl později využíván i v civilní oblasti a zejména pro námořní účely. S nástupem dokonalejších dálkoměrných systémů byl systém TRANSIT koncem 90. let ukončen. Kvůli nízkému pokrytí signálem byla vyloučena nepřetržitá funkce systému a družice byly v dosahu asi jednou z hodinu. Podobný systém byl vytvořen v bývalém SSSR s názvem CIKAD

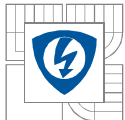
## 2.2 Chyby při zpracování signálu

### 2.2.1 Ionosférická refrakce

Signál z družice prochází na cestě k uživateli přes několik vrstev atmosféry. Největší vliv na satelitní signál má však ionosféra, ve které dochází k *ionosférické refrakci*. Signál dostávající se k uživateli jde po delší cestě než skutečně má. Refrakce se dá potlačit několika způsoby:

- zavedením modelu ionosférické refrakce přímo do přístroje
- měřením dvoukmitočtovou metodou - družice vysílá 2 signály na 2 frekvencích (řešením soustavy rovnic získáme požadované výsledky)
- diferenčním měřením

Ionosférická refrakce představuje největší přirozenou chybu systému GPS.







### 2.2.2 Mnohacestné šíření

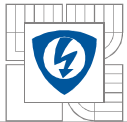
Signál jdoucí od družice k anténě přijímače se šíří přímou cestou za předpokladu že nenastal odraz od okolních předmětů (*multipath*). V tomto případě jde signál po cestě delší. Omezit mnohocestné šíření signálu lze:

- vhodnou anténou (*choke ring - odrazná či stínící deska*)
- v moderních přístrojích je kvalitní anténa doplněna zvláštním uspořádáním korelátoru přístroje

Multipath a Ionosférická refrakce představují nejzávažnější přirozené chyby GPS.

Segment	Zdroj chyby	Podíl na ekvív. chybě vzdálenosti $\sigma_d$ [m]
 Kosmický	Stabilita kmitočtového normálu družice	..... 3,0
	Predikce perturbací družice	..... 1,0
	Jiný	..... 0,5
 Řídicí	Chyba modelu predikce efemerid	..... 4,2
	Jiný	..... 0,9
  Uživatelský	Ionosférická refrakce	..... 5,0 - 10,0
	Troposférická refrakce	..... 2,0
	Šum a rozlišovací schopnost přijímače	..... 7,5
	Vícecestné šíření signálu	..... 1,2
	Jiný	..... 0,5
<b>Celková ekvivalentní chyba vzdálenosti <math>\sigma_d</math> [m]</b>		<b>... 10,8 - 13,9</b>

Obrázek 1 Chyby měření zdánlivé vzdálenosti systému GPS



## 3 DRUŽICOVÉ NAVIGAČNÍ SYSTÉMY

### 3.1 NAVSTAR GPS

**NAVSTAR GPS** - (*Navigation Signal Timing and Ranging Global Positioning System*)

GPS je původní vojenský navigační družicový systém provozovaný armádou USA, který dokáže s velmi dobrou přesností určit pozici kdekoli na Zemi. Přesnost GPS lze ještě zvýšit až na přibližně 1 cm s použitím metod jako je Diferenciální GPS (DGPS), ale tato metoda se dnes pro automobilovou navigaci nepoužívá. V roce 1983, kdy sovětská stíhačka ve vzdušném prostoru SSSR sestřelila korejské civilní dopravní letadlo, přičemž celá posádka zahynula, oznámil americký prezident Ronald Reagan, že po dokončení bude GPS k dispozici i pro civilní účely. V současné době se systém využívá v mnoha oborech lidské činnosti, které s armádou nesouvisí. Podle odborných názorů je GPS dosud nejdokonalejší fungující navigační systém, což odpovídá prostředkům, které jsou pro servis a vývoj vynakládány. Proto se tímto systémem budeme více zabývat.

#### 3.1.1 Vývoj GPS

##### **1. etapa – vývoj družic Blok I (1973-1979)**

Zpočátku probíhal pouze vývoj a zkoušky pomocí pozemních vysílačů, které představovaly družice pro zkoušky předpokládané technologie. Až ke konci této etapy v roce 1978 byly vypuštěny první 4 družice, které umožňovaly trojrozměrnou navigaci. Bylo vytvořeno první uživatelské zařízení a testovací polygon. Navigace byla obtížná při počtu pouze 4 družic a testování velmi omezené na dobu, kdy byl přijímač v dosahu všech družic. Družice tohoto období se označují jako tzv. Blok I a bylo jich vypuštěno celkem jedenáct.

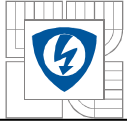
##### **2. etapa – rozvoj pozemního segmentu, družice Blok II (1979-1985)**

V této etapě byl zadán vývoj pokročilejších družic Bloku II o počtu 28 kusů a hlavně výstavba pozemních řídicích středisek. První prototypy přijímačů byly testovány v testovacím polygonu a při námořních aplikacích.

##### **3. etapa – dokončení a spuštění systému, Bloku II/IIA (1985-1994)**

Bylo vyrobeno 28 družic Bloku II, které postupně nahradily družice Bloku I. 18 nových družic bylo označeno jako Blok IIA, které měly rozšířené možnosti a mohly pracovat až 180 dní bez kontaktu s řídicím střediskem, např. při zničení během válečného konfliktu. Dále byla zadána výroba nových inovovaných družic IIR. V roce 1993 bylo dosaženo počátečního operačního stavu IOC (Initial Operational Capability), což znamená, že je možné přijímat navigační signál kdekoli na Zemi. Tento stav splňoval podmínku umístění 18 družic na oběžné dráhy. S tímto byla zanesena záměrná odchylka pro civilní signál proti zneužití, tzv. SA (Selective Availability).





#### **4. etapa – plná funkčnost systému, Blok IIR (1994 – současnost)**

V roce 1995 bylo umístěno všech 24 družic a tím bylo po důkladných testech dosaženo plného operačního stavu FOC (Full Operational Capability). Počet byl doplněn a částečně nahrazen družicemi IIR. Nejen, že byly také schopné operovat v autonomní činnosti až 180, ale mohou komunikovat mezi sebou a zjišťovat vzájemné polohy. Změny oproti IIA bylo v opětovném zlepšení odstínění před kosmickým zářením, zvětšení zásob paliva pro raketové motory a přeprogramovatelný palubní počítač. Nejdůležitější je ale schopnost samostatného fungování družice bez zásahu z pozemního řídicího střediska, schopnost komunikovat, sledovat svoje pozice a korigovat své dráhy. To je důležité třeba v civilní letectví. V roce 2000 byla zrušena odchylka SA, protože už bylo možno v nebezpečných situacích a válečných konfliktech rušit případnému nepříteli signál GPS lokálně.

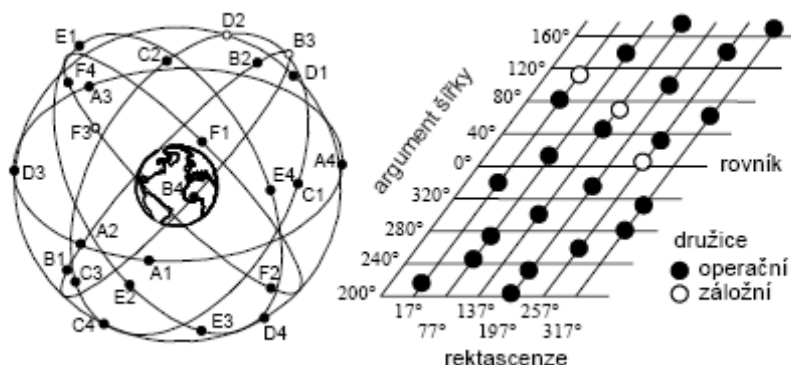
### **3.1.2 Koncepce GPS**

Pro samotnou navigaci nestačí pouze družice, ale je potřeba i další podpůrné a koncové prostředky. Systém GPS je tvořen třemi segmenty:

- kosmickým
- řídicí
- uživatelský

#### **Kosmický segment**

Kosmický segment je tvořen 24 družicemi z čehož jsou 3 připraveny jako záložní. Oběžné dráhy jsou kruhového tvaru umístěné 20 200 km nad povrchem Země. Jednotlivé orbity mají sklon s rovinou rovníku  $55^\circ$  a  $60^\circ$  vzájemně mezi orbitami. Jeden oběh družice trvá při rychlosti 11 300 km/h 11h 58min. Při této rychlosti oběhne družice dvakrát za den svoji dráhu, ale pozorovatel ji vidí každý den o 4 minuty dříve. Dráhy jsou označeny (A-F) a na každé je 5 pozic(1-5). Je zřejmé, že může být umístěno až 30 družic. Pro FOC je postačující 24 družic a dalších 6 pozic je pro rezervní družice. Rozložení je takové, aby na každém místě na Zemi bylo možné přijímat signál nejméně od 4 družic, což je minimální počet pro prostorovou 3D navigaci, tzn. i pro určení nadmořské výšky. Na území ČR je pokrytí v každém okamžiku nejméně 7 družicemi. Na počtu dosažitelných družic také samozřejmě záleží přesnost určované polohy. Více signálů je také třeba při uvažování rušících prvků jako jsou tunely, mosty, výškové budovy ve městech, odrazy a další. Při těchto rušeních a útlumech může být celkový výsledek velmi nepřesný nebo žádný. Na palubě družic NAVSTAR jsou 3 až 4 velmi přesné ( $10^{-13}$ ) atomové hodiny (nezbytné pro funkci systému), s cesiovým a rubidiovým oscilátorem a dále pak detektory kontrolující dodržování zákazu zkoušek nukleárních zbraní. Navigační signál je vysílán v pásmu L (1000-2000 MHz). Jako zdroj el. energie slouží sluneční kolektory.



Obrázek 2 Rozmístění orbit družic navigačního systému GPS

### Signály šířené systémem GPS

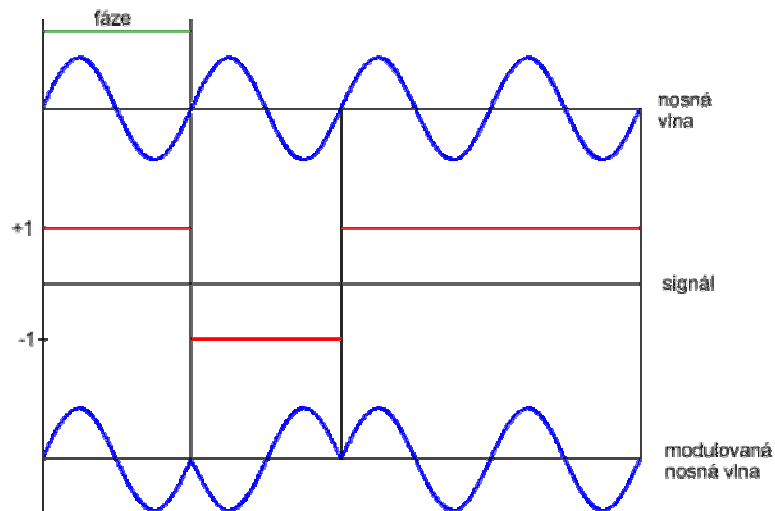
Srdce každé družice tvoří velmi přesné atomové hodiny. Na palubě jsou troje až čtvery, s cesiovým nebo rubidiovým standardem. Starají se o dlouhodobou frekvenční stabilitu vysílaného signálu, jehož relativní přesnost dosahuje  $10^{-13}$  až  $10^{-14}$  za 1 den. Takto je vytvářena základní frekvence L pásma  $f_0 = 10,23$  MHz. Koherentně odvozeny jsou nosné frekvence signálů L1 a L2, které vznikají vynásobením základní frekvence hodnotami 154 a 120, což dává  $L1 = 1\,575,42$  MHz a  $L2 = 1\,227,60$  MHz. Nosná vlna je modulována fázovou modulací, tzn. že kdykoliv dojde ke změně vysílaného binárního kódu, posune se zároveň její fáze o jednu polovinu vlnové délky. Binární nula je reprezentována hodnotou  $-1$ , binární jednička odpovídá hodnotě  $+1$ . Systém GPS je zpracován pro souřadný systém WGS 84.

Pro modulaci nosné vlny se používá několik pseudonáhodných, tzv. PRN kódů, které jsou pro každou družici unikátní a zajišťují přijímači GPS jednoznačnou identifikaci družice vysílající daný kód.

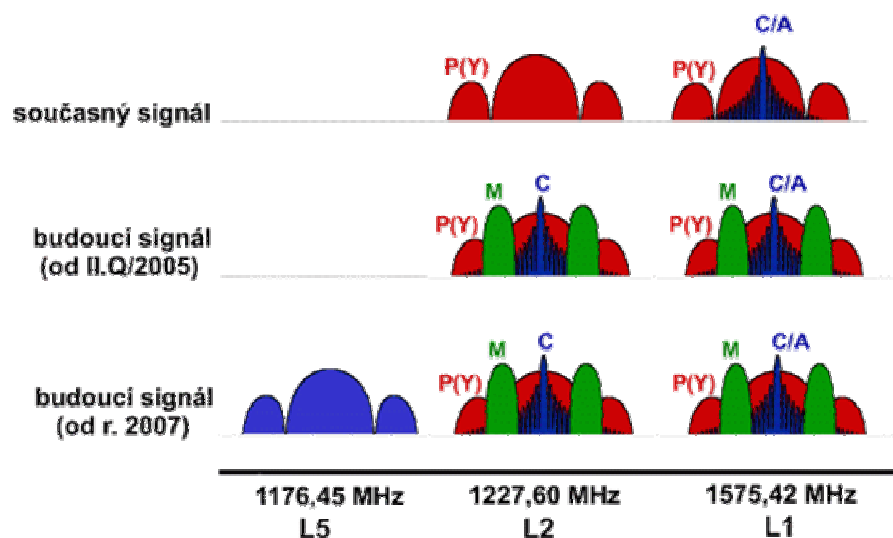
Družice vysílají na několika kmitočtech, které jsou zvoleny záměrně, aby byly odolné vůči meteorologickým vlivům.

- L1 (1575,42 MHz), kde je vysílán C/A kód je dostupná pro civilní uživatele systému GPS. Horizontální přesnost určení polohy pomocí C/A kódu se pohybuje v řádech jednotek metrů
- L2 (1227,62 MHz), kde je šířen vojenský P/Y kód, který je šifrovaný. Tento signál je přístupný pouze pro tzv. autorizované uživatele (např. vojenské služby USA).
- L3 (1381,05 MHz) obsahuje signály, které souvisí s další funkcí systému GPS, odhalováním startů balistických raket (čímž doplňuje satelity náležící k Defense Support Program), jaderných výbuchů a dalších vysokoenergetických zdrojů v infračerveného záření

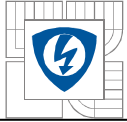
- L4 (1841,40 MHz) se využívá pro měření ionosferického zpoždění. Průchod signálu ionosférou způsobuje totiž přidání dodatečného zpoždění ke zpoždění způsobenému vzdáleností, které se promítne do chyby polohy. Toto ionosférické zpoždění lze eliminovat, jestliže měříme zpoždění na dvou kmitočtech
- L5 (1176,45 MHz) se plánuje jako civilní SoL (*safety-of-life*) signál. Tato frekvence spadá do mezinárodně chráněné oblasti letecké navigace, ve které je malé nebo žádné rušení za všech podmínek



Obrázek 3 Modulace signálu systému GPS



Obrázek 4 Přehled spektra signálů využívaných v GPS



### Parametry signálů družic GPS

Každá družice vysílá signály na dvou základních frekvencích:

- $L_1 = 1575,42$  MHz (vlnová délka cca 19 cm)
- $L_2 = 1227,60$  MHz (vlnová délka cca 24,4 cm)

Jde o nosné vlny modulované kódy  $C(t)$ ,  $P(t)$  a navigační zprávou  $D(t)$ . Kódy a data nabývají hodnot  $+1, -1$  a jedná se tedy o modulaci s binárním fázovým klíčováním (BPSK). Minimální výkon signálu GPS na výstupu lineárně polarizované antény se ziskem 3 dB bude na Zemi  $-160$  dBW za předpokladu ztrát v atmosféře 2 dB a při chybě směrování družice 0,5 stupně. Minimální úroveň signálu závisí na elevaci družice. Maximální hodnota signálu nepřekročí  $-153$  dBW

Data  $D(t)$  slouží k přenosu parametrů drah družic (efemerid) z nichž se v přijímačích určuje ploha družic ( $x, y, z$ ). Efemeridy jsou dvojího druhu:

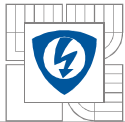
- broadcast (přibližné) - vysílané v kódu  $D(t)$
- precise (přesné) - poskytuje je IGS a jsou nutná pro přesná geodetická měření na větších územích

Kódy  $C(t)$  a  $D(t)$  jsou pseunáhodné posloupnosti číslic ( $+1/-1$ ). Kódy umožňují:

- přesné měření pseudovzdáleností
- oddělení signálů jednotlivých družic, které pracují na stejné frekvenci (kódový multiplex CDMA)
- zvyšují odolnost proti rušení

### C/A kód

Goldův kód. Jeho základní vlastností je ostré minimum autokorelační funkce zajišťující měření vzdáleností. Vzájemné korelační funkce dvou různých kódů mají malé hodnoty čímž je docíleno dobré oddělení signálů družic. Perioda kódu je 1 ms a obsahuje 1023 bitů (bitová rychlost 1,023 Mbit/s). Je též označován jako C/A kód - Coarse Acquisition (kód pro hrubé měření). V přijímači jej lze generovat bez spolupráce se správcem systému a je tedy přístupný všem. Odtud plyne jiné vysvětlení C/A - Clear Access (volný přístup). Jeho přesnost v poloze ve vodorovné rovině činí 53 m. Jelikož je systém vojenský, přesnost 53 m dostačující pro ničení strategických raket a proto vláda USA používala do konce dubna 2000 režim tzv. Selective Availability - výběrová dostupnost. Spočívala v záměrném zhoršování přesnosti měření manipulováním se signálem družic.



### **P kód**

Je označován jako přesný kód (*Precision* nebo *Protected*). Jeho bitová rychlost je desetinásobná oproti kódu C/A a činí 10,23 Mbit/s. Kód P je pseudonáhodná posloupnost maximální délky s periodou přibližně 266 dnů (23 017 555,5 s). Perioda obsahuje  $235,46959 \cdot 10^{12}$  bitů, ale využívá se z ní pouze sedmidenní část. Kód se nuluje do výchozího stavu o půlnoci ze soboty na neděli. Rychlejší a delší P kód umožňuje větší kmitočtové rozptnění signálu a tudíž i přesnější měření. Je též možné měřit na obou frekvencích L1 a L2 a tím podstatně omezit vliv ionosférické refrakce. Chyba měření polohy v horizontální rovině je maximálně 21 m.

### **Y kód**

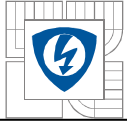
Vzhledem k tomu, že užitím P kódu lze určit polohu s přesností 3 m, byl algoritmus generování P kódu utajován. Na počátku 90. let byl algoritmus P kódu uvolněn a publikován. Zneužití vysoké přesnosti se vyřešilo překódováním P kódu na Y kód, jehož dekódování je možné pouze při znalosti šifry dostupné jen autorizovaným uživatelům. Zakódování je označováno A-S (Anti-Spoofing). Tato ochrana znemožňuje i imitování družice nepřitelem. A-S byl zaveden 31.1.1994.

- PPS - precision positioning service ==> chyba 21 m
- SPS - standart positioning service ==> chyba 64 m (dříve 100 m)

### **Navigační zpráva**

Pro určení polohy přijímače GPS je nutné znát přesnou polohu vysílacích družic. Souřadnice pozice se vypočítávají z parametrů dráhy, která družice převádí na data a vysílá jako navigační zprávu. Navigační zpráva je vysílána frekvencí 50 Hz. Obsahuje informace o telemetrii, dráze jednotlivých družic a nejrůznější korekční data. Celá zpráva se dělí do pěti částí. První část navigační zprávy obsahuje údaje o týdnu GPS, stavu družice (*jinak také SV – Space Vehicle*) a další parametry jako například odhad zpoždění vysílaného signálu, nebo kontrolní údaje atomových hodin. Druhá a třetí část jsou vyhrazeny pro vysílání efemerid. Zatímco první tři části navigační zprávy jsou pro každou družici unikátní, data ze čtvrté a páté části jsou u všech družic stejná. Čtvrtá část je rezervována především pro vojenské údaje, kromě nich však obsahuje data o stavu ionosféry a provizorně i almanach nejnovějších družic, které přesahují počet tvořící FOC. Tím byl vyřešen problém, jak zajistit vysílání almanachu pro dvacátou pátou a následující družice, se kterými se při vzniku GPS počítalo jen jako se zálohami a přesto jsou v současnosti plně funkční. Poslední část navigační zprávy tvoří almanach pro nejdéle sloužících 24 družic.

Almanach – je součástí navigační zprávy a nese data o polohách ostatních družic a informace o jejich stavu (méně přesné než efemeridy). Všechny družice vysílají stejný almanach, který je každý týden aktualizován z MCS (Master Control Station). To umožňuje na základě příjmu signálu jediné družice vyhledávat signály ostatních viditelných družic.



Efemeridy – část navigační zprávy, která udává velmi přesná data o pozici družice na její dráze. Pozemní stanice zaznamenávají polohy družic a data předávají pro zpracování do MSC pro korekci výpočtu drah. Každou hodinu jsou tyto výpočty odvyšlány zpět k družici. [2][3]

### **Řídící segment**

Hlavním úkolem řídicího segmentu je sledování drah družic a stavu jejich atomových hodin. Stará se o provádění korekcí v dráze letu i vysílaném signálu družic a zajišťuje synchronizaci atomových hodin. Řídící část je tvořena hlavní řídicí stanicí MCS, pěti monitorovacími stanicemi a čtveřicí pozemních vysílačů pro komunikaci s družicemi. Monitorovací stanice se nacházejí v rovnoměrném rozložení po obvodu Země v blízkosti rovníku. Nacházejí se na Havajských ostrovech, na atolu Kwajalein, na Marshallových ostrovech v západním Tichomoří, na ostrově Ascension ve středním Atlantiku, na ostrově Diego Garcia uprostřed Indického oceánu a v Colorado Springs v USA.

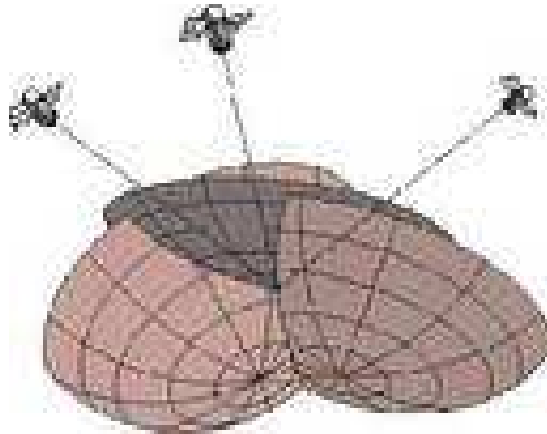
Pozemní vysílače jsou umístěny na ostrovech Ascension, Diego Garcia, na atolu Kwajalein a na Havaji. Hlavní řídicí středisko sídlí na Schrieverově letecké základně v Colorado Springs v Coloradu [5]. Všechny monitorovací stanice s vlastními velmi přesnými atomovými hodinami slouží jako přesné přijímače GPS, přičemž jsou bezobslužné a dálkově ovládány z MCS. Monitorovací stanice pasivně sledují družice a přijímají data, která vysílají. Tyto data jsou odeslána na zpracování do MCS, kde jsou provedeny korekce všech dosavadních odchylek a přes komunikační stanice jsou odeslány zpět do družic [2].

V době zapnuté selektivní dostupnosti bylo úkolem kontrolního segmentu zajistit pomocí modifikace družicového signálu požadovanou míru degradace přesnosti určení polohy. Dále je kontrolní segment zodpovědný i za nejrůznější provozní opatření, z nichž nejdůležitější jsou správa a údržba stávajících družic (například změny oběžných drah a pozic družic, stahování vysloužilých družic z oběžné dráhy, aj.) a podílí se i na přípravě vypouštění nových družic.

### **Uživatelský segment**

Tento segment zahrnuje veškerá zařízení pro příjem signálů z družic GPS. Protože pokrytí signálem je po celé planetě a bezplatný, není využití nijak omezeno, s výjimkou využívání autorizovaných signálů, které jsou pouze pro zvláštní účely jako vojenské aplikace, obrana a ochrana, atp. Přijímače GPS po příjmu zpráv o čase, pozici a rychlosti od nejméně 4 satelitů pro prostorovou navigaci vyhodnotí výsledek. Poloha se určuje metodou protínání, kdy přijímač dostane od každé družice pozici na kružnici, popř. na polohové kouli při 3D určení polohy. Výsledek z těchto informací bude průsečík, který bude udávat zeměpisnou šířku, délku, a nadmořskou výšku.



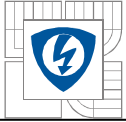


Obrázek 5 Ukázka lokalizace přijímače GPS

### 3.1.3 Budoucnost GPS

Hnacím motorem vývoje v podstatě jakékoli technologie, je požadavek na její vojenské, nebo kosmické využití. V případě GPS to platí dvojnásob. Nemale výhody však získají i běžní uživatelé. V první řadě dojde ke zvýšení vysílacího výkonu, čímž se dosáhne většího odstupu signálu od šumu a kvalitnějšího příjmu signálu i v oblastech s horším výhledem na oblohu a ztíží se i možnost záměrného rušení signálu. Bude zaveden nový vojenský M kód s mnohem silnějším šifrováním, který by měl zamezit možnému podvržení signálu nepřítelem. Zároveň dojde ke zdokonalení metod umožňujících odepření přístupu k signálům GPS na vybraném (například nepřátelském) území. Prvním krokem bude zavedení nového civilního C kódu, který bude modulován na frekvenci L2 společně se stávajícím P kódem. Díky tomu budou moci i civilní uživatelé zahrnout do svých měření opravy o troposférické a ionosférické refrakce. Dalším krokem modernizace bude zahájení vysílání M kódu na frekvencích L1 a L2, a nové frekvence L5 = 1176,45 MHz, která bude určena především pro využití v oblasti bezpečnosti letecké přepravy, zejména při přiblížování a přistávání letadel a v bezobslužných pozemních vozidlech.

Kromě dvojice analogových atomových hodin s rubidiovým standardem budou mít jako první družice GPS na palubě i dvoje digitální atomové hodiny – oboje s cesiovým standardem. Jejich časová odchylka je maximálně 8 nanosekund za den. Procesorem řízené cesiové hodiny dokáží kompenzovat měnící se podmínky okolního prostředí, upravit své vnitřní parametry a zajistit tak co nejpřesnější chod. Samy si provádí i nejrůznější diagnostické testy. To je jedinečná výhoda oproti klasickým analogovým hodinám, které jsou vyladěny při výrobě a poté se vlivem stárnutí materiálu, teplotním výkyvům a změnám v magnetickém poli Země jejich frekvenční stabilita neustále snižuje.



Přestože na oběžné dráze není a ještě mnoho měsíců nebude žádná družice čtvrté generace, již se pracuje na projektování modernějších družic. Pátá generace Blok III. Podle současných odhadů by družice pro Blok III měla být vyhotovena kolem roku 2020 a plně funkční by měla zůstat minimálně do roku 2030. Zvažováno je mnoho variant vývoje, včetně kompletní revize technologie GPS.

Požadováno je mj. i další zesílení šifrování a nárůst vysílacího výkonu – existuje například požadavek na dosažení zisku +20 dB oproti dřívějšímu M kódu.

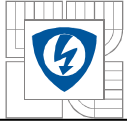
Cíl je tedy jasný – zajistit spolehlivý, moderní a zároveň co nejúspornější globální polohový systém, splňující všechny budoucí požadavky na jeho vojenské i civilní využití. Jednou z nejzajímavějších otázek do budoucnosti je vztah k ostatním družicovým navigačním systémům – nově vznikajícímu projektu Evropské Unie Galileo a stávajícímu ruskému GLONASS.

### 3.2 GNSS – GALILEO (Global Navigation Satellite System)

Galileo je globální družicový navigační systém, který bude plně vytvořen a provozován Evropou a jeho uvedení do provozu je plánováno na rok 2010. Do této doby budou evropské státy závislé na systémech spravovaných USA (NAVSTAR GPS) a Ruskem (GLONASS). Protože oba tyto programy byly vytvořeny jako vojenské systémy, nikdo nezaručí jejich civilní využití pro případ vzniku ozbrojeného konfliktu, nebo jiných krizových situací. Mohlo by dojít k opětovné zavedení odchylky, nebo úplnému zrušení civilně zpracovatelného signálu. Bude využívat stejného principu jako nynější americký systém GPS a ruský GLONASS, se kterými se bude vzájemně doplňovat. Původně byl záměr spolupracovat s těmito systémy, ale opět nebyly záruky, že programy nebudou přerušeny, či úplně zrušeny. Počátkem 90. let 20. století Evropská Unie vypracovala studie, které ukazovaly na vytvoření vlastního navigačního systému pro civilní využití. Poté se přijalo rozhodnutí vytvořit vlastní systém, který bude novější, lépe rozšiřitelný a bude garantovat provoz pro civilní využití v krizových situacích. Další oblast, kterou bylo nutno se zabývat, bylo vytvoření nosného systému rakety Ariane, vysokokapacitního dopravního letadla Airbus a dalších součástí nezbytných k uskutečnění projektu takových rozměrů. V roce 1999 bylo rozhodnuto o vytvoření navigačního systému GNSS a tím získání nezávislosti na ostatních systémech. V roce 2000 byl zpracován velmi rozsáhlý projekt a v roce 2001 byla po rozsáhlých diskusích zahájena další část budování systému a jeho vývoje. Významnou výhodou bude, že tento systém bude moci pracovat se stávajícími systémy NAVSTAR GPS i GLONASS. Bude využívat moderní telekomunikační mobilní technologie GSM a UMTS a přitom bude pracovat zcela sám a nezávisle.

Celý tento projekt řídí ESA (European Space Agency), která má na starosti jak vývoj, tak i dodávku technologií.





### 3.2.1 Koncepce systému GNSS – Galileo

Systém Galileo se bude skládat z globální, regionální a několika lokálních složek.

**Globální** složka bude jádrem celého systému a bude tvořena satelity a nezbytným pozemním segmentem (popsaný níže).

**Regionální** složka systému Galileo by se měla být složena z mnoha Externích Regionálních Integrovaných Systémů (External Region Integrity Systems, ERIS), vytvořené a provozované soukromým sektorem, státy nebo skupinami států mimo území EU. Tyto systémy budou zajišťovat hlášení o integritě systému nezávisle na hlášení systému Galileo, aby např. uspokojily požadavky vztahující se ke garanci systému těch daných států nebo institucí.

**Lokální** složky by měly sloužit pro vylepšení lokálního příjmu signálu Galileo, jako například zajištění navigačního signálu v oblastech, kde signály z družic nemohou být přijaty. Tyto lokální složky budou vytvořeny a provozovány soukromými společnostmi.

#### **Globální složka**

Globální složka systému Galileo bude tvořena vesmírným segmentem, tedy družicemi systému Galileo. Každá družice bude vysílat navigační časové signály spolu s navigačními daty. Tyto data budou obsahovat korekce hodin a efemerid nezbytné pro navigaci, ale také signály o integritě a stavu systému, které tak zaručí globální "službu" vylepšující vlastnosti celého systému. Vesmírný segment bude doplňován pozemním segmentem, který bude tvořen ze dvou kontrolních center a globální sítě vysílajících a přijímajících stanic.

#### **Vesmírný segment**

Vesmírný segment systému Galileo bude tvořen třiceti družicemi ve Walkerově konstelaci ve třech oběžných rovinách se sklonem  $56^\circ$  k rovině rovníku. Na každé orbitě bude umístěno devět aktivních družic, které budou na této orbitě rovnoměrně rozloženy po  $40^\circ$ . Rozložení družic by mělo být takové, že by výsledné pokrytí signálem mělo být lepší než oba konkurenční systémy.

Při selhání kterékoliv dosud aktivní družice, bude použita polední desátá, která bude neaktivní a náhradní. V případě poruchy jedné z družic může být problém vyřešen tak, že se náhradní „čekající“ družice přemístí na místo porouchané družice. Tento manévr může být uskutečněn během několika dní, což je o dost rychlejší než vypuštění nové družice (v řádu několika měsíců). Moduly družic byly navrženy tak, aby byly kompatibilní s množstvím kosmických dopravních systémů, a také aby se daly vypouštět po dvou a více kusech.



Výška orbity byla stanovena tak, aby co nejvíce eliminovala vlivy gravitačního pole a také zajišťuje vysokou viditelnost družic. Výška oběžné dráhy byla stanovena na 23 222 km a má tu vlastnost, že vždy po deseti dnech se bude opakovat stejné rozmístění družic kolem Země. V desetidenním cyklu oběhne každá družice Zemi sedmáctkrát. Po dokončení všech kalibrací a optimalizací se doufá, že by po celou dobu životnosti nemělo být třeba žádných usměrňovacích manévřů. Tolerance odklonění jednotlivých družic od "ideálních" oběžných drah je podmíněna potřebou udržet neměnnou konstelaci. Povolené odchylky jsou takové, že každá družice by se měla pohybovat ve vzdálenosti  $\pm 2^\circ$  vzhledem k sousedním družicím ve stejné oběžné rovině a taktéž ne více jak  $\pm 2^\circ$  daleko od roviny dráhy.

### **Pozemní segment**

Srdcem celého pozemního segmentu budou dvě řídicí centra. Každé řídicí centrum se bude starat o kontrolní a řídicí funkce podporované specializovaným pozemním řídicím systémem (Ground Control System, GCS) a "letové" funkce, podporované specializovaným pozemním „letovým“ segmentem (Ground Mission Segment, GMS). GCS se bude zabývat údržbou polohy družic, zatímco GMS bude mít na starost kontrolu navigační funkce celého navigačního systému. GCS bude využívat globální síť pěti TTC (Tracking, Telemetry and Command) stanic ke komunikaci s každou družicí a to podle schématu kombinujících pravidelné, plánované kontakty spolu s dlouhotrvajícími testy a kontakty nahodilými.

Evropský civilní družicový navigační systém GALILEO bude poskytovat celkem 5 druhů služeb :

- 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 záchraná služba (Search And Rescue service - SAR )

Všechny služby, které jsou obsažené ve skupině OS budou přístupné bez omezení všem uživatelům. Jeho signály budou využívat 2 pásma: 1164–1214 MHz a 1563–1591 MHz. Přijímače budou mít horizontální přesnost lepší než 4 m a vertikální lepší než 8 m (nebo horizontálně méně než 15 m a vertikálně méně než 35 m při použití jednoho pásma). Při kompatibilitě s americkým systémem, budou moci přijímače využívat i GPS.

Šifrovaný Commercial Service (CS) bude zpoplatněn a poskytne přesnost lepší než 1 m. V kombinaci s pozemními stanicemi může dosáhnout přesnosti až desítky centimetrů. Bude využívat tři pásma - dvě použitá OS a navíc 1260–1300 MHz

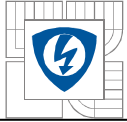


Šifrované Public Regulated Service (PRS) a Search And Rescue service (SAR) poskytnou přesnost podobnou CS. Tyto služby budou velmi odolné proti rušení. V případě problému jej lze zaznamenat do 10s od vyslání nouzové zprávy. Využití bude především ve vojenském sektoru, letectví a v oblasti činností ohrožující lidské životy.

Galileo má jako další funkci poskytovat služby nouzové lokalizace v rámci celosvětové družicové záchranné služby Sarsat/Kospas. Družice budou důležitou součástí tzv. MEOSAR systému (**M**edium **E**arth **O**rbital **S**earch and **R**escue system, vyhledávací záchranný systém využívající družice na střední oběžné dráze). Družice budou schopny přijímat nouzové signály z lodí, letadel nebo dokonce od osob a okamžitě je posílat do národních záchranných center. Záchranná centra tak získají přesné určení polohy místa nehody. Protože má být v každém místě na Zemi viditelná alespoň jedna družice, bude nouzový signál zpracován téměř okamžitě. V některých případech může být vysílači odeslána zpětná zpráva (tento "feedback" bude zajišťován pouze družicemi Galileo)

### 3.2.2 Budoucnost systému GNSS - Galileo

Využití tohoto systému by mělo být ze 75% v dopravě a dalších odvětvích jako zemědělství, geografie, měření a monitorování mraků, exhalací a oblaků radioaktivních látek aj. Dále se počítá s významným ekonomickým a sociálním přínosem. Při projektu takového rozměru najde práci asi 140 000 lidí. Jenom při nasazení v lodní a letecké dopravě je index ekonomické návratnosti velmi příznivý. Další přínosy vzniknou z využívání v silniční dopravě, zlepšení osobní bezpečnosti, ochrana proti kriminalitě, řízení záchranných akcí, výběru poplatků a poklesu znečištění vlivem dopravních úspor. Díky využití dat o poloze vozidel k on-line informacím o dopravní situaci, nebo pro vlastní řízení silničního provozu je možné předcházet kritickým dopravním situacím kongesce, což je neprůjezdnost jízdní dráhy a další. Již 10 let po zavedení systému by mělo být aktivních více než 2,5 miliardy příjemců a s tím spojený obrát desítek miliard Euro ročně.



### 3.3 GLONASS

**GLONASS** (ГЛОНАСС - ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система)  
Globální navigační družicový systém.

GLONASS je dálkoměrný, radiový družicový navigační systém provozovaný dříve Sovětským svazem, nyní je provozován ruskou vládou úřadem ruských vojenských a vesmírných sil ruského ministerstva obrany. Tento systém je obdobou amerického GPS a evropského navigačního systému Galileo. Systém GLONASS se začal vyvíjet v polovině 70. let. Obdobně jako systém GPS je systém GLONASS vyvíjen tak, aby nepřetržitě poskytoval přesnou polohovou a časovou informaci kdykoliv a kdekoli na světě.

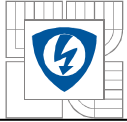
#### 3.3.1 Koncepce systému GLONASS

Systém se skládá ze tří segmentů obdobně jako systém GPS:

- kosmický segment
- sledovací a řídicí segment
- uživatelský segment

##### **Kosmický segment**

Stejně jako u GPS se kompletní GLONASS konstelace skládá z 24 družic, z nichž 21 bude v provozu a 3 budou záložní (každá v jedné ze tří oběžných rovin). V každé rovině je osm družic, identifikovatelné pomocí pozičního čísla. Číslo určuje odpovídající rovinu oběžné dráhy a pozici v rámci této roviny: 1-8, 9-16, 17-24. Roviny oběžných drah jsou vzájemně posunuty o  $120^\circ$  podél roviny rovníku, družice v jedné rovině jsou vzájemně posunuty o  $45^\circ$ . Oběžné dráhy jsou přibližně kruhové se sklonem k rovině rovníku  $64,8^\circ$  a hlavní poloosou o délce 25 440 km. Družice systému GLONASS obíhají Zemi ve výšce 19 100 km (pro srovnání GPS družice ve výšce cca 20 000 km). Každá družice oběhne Zemi každých 11 hodin, 15 minut. Uragan družice budou rozmístěny na oběžných drahách tak, aby minimálně 5 jich bylo kdykoli viditelné z jakéhokoli místa na Zemi. Charakteristickým znakem GLONASS konstelace je její identické opakování rozmístění družic kolem Země každých osm dní. Každá orbitální rovina obsahuje 8 družic, po jednom hvězdném dni v ní dochází k neidentickému opakování (non-identical repeat, to znamená, že jiná družice zaujme stejné místo jako předchozí) rozmístění družic. Tímto se GLONASS liší od GPS, kde dochází k identickému opakování (identical repeat) během periody rovnající se jednomu hvězdnému dni.



Při nejvyšším stupni dokončení systém poskytoval standardní určení polohy a času (coarse-acquisition nebo C/A) charakterizované takto: horizontální polohová přesnost 57-70 metrů, vertikální přesnost do 70 metrů, přesnost vektoru rychlosti do 15 cm/s a určení času do 1  $\mu$ s. Tyto údaje platily, pokud měření bylo výsledkem příjmu signálů od 4 družic najednou. O dost přesnější signál (precision nebo také P(Y)) byl k dispozici jen ruské armádě.

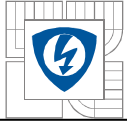
### Signály šířené systémem GLONASS

Systém GLONASS používá dva signály L1 a L2. Pro civilní uživatele je určen méně přesný signál L1 s deklarovanou přesností cca 57-70 m v horizontální poloze, 75 m ve vertikální poloze, 0,15 m/s v rychlosti, 1  $\mu$ s v systémovém čase a 5  $\mu$ s v určení času v UTC. Signál L2 poskytuje vyšší přesnost a využití je určeno pro ruské vojenské uživatele. Přesnost systému pro vojenské uživatele je utajována. Družice Uragan vysílají dva typy signálů: o standardní přesnosti (standard precision (SP)) a vysoké přesnosti (high precision (HP)). SP signál na frekvenci L1 používá schéma FDMA (Frequency Division Multiple Access scheme). Každá družice vysílá na různé nosné frekvenci. Ve schématech FDMA je přidělená frekvence rozdělena do pásem a každé z nich je přiřazeno určité družici.

Tímto platí, že  $L1 = 1602 \text{ MHz} + 0.5625n \text{ MHz}$ , kde  $n$  je číslo frekvenčního kanálu družice ( $n=0,1,2,\dots$ ). Kódy se označují také jako C/A a P, z nichž C/A-kód je přístupná všem civilním uživatelům a P-kód pouze vojenským uživatelům. Všechny družice používají stejné kódy.

### Navigační zpráva

je vysílána rychlostí 50 bitů za sekundu a je dělena na rámce, podrámce a slova. Rámec trvá 150 s a dělí se na pět podrámců. Každý podrámec obsahuje 15 slov. Každé slovo obsahuje 100 bitů a trvá 2 sekundy. Celá zpráva pak obsahuje 7 500 bitů a její vysílání trvá 2,5 minuty. Data v každém podrámci jsou dělena do dvou sekcí, z nichž první obsahuje souřadnice a parametry palubních hodin a druhá sekce obsahuje parametry almanachu pro všechny družice na drahách. Na rozdíl od GPS jsou palubní efemeridy vysílány ve formě pravoúhlých prostorových souřadnic X, Y, Z, rychlostí družice v jednotlivých souřadnicích X', Y', Z' a zrychlení X'', Y'', Z''.



Navigační zpráva obsahuje tyto součásti:

- Efemeridy družice
- Posun atomových hodin družice k systémovému času GLONASS
- Korekce družicového času na čas GLONASS
- Číslo družice v systému
- Příznak stavu družice – příznak indikuje správnou funkci družice
- Almanach GLONASS [3]

### **Řídící segment**

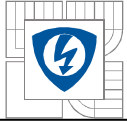
Sledovací a řídicí segment systému GLONASS se skládá z:

- Pozemní řídicí centrum v Moskvě,
- centrální synchronizátor času v Moskvě,
- sledovací stanice v Petrohradu, Jenisejsku, Komsomolsku na Amuru,
- fázový řídicí systém navigačního signálu v Moskvě,
- kvantově-optická stanice v Komsomolsku na Amuru,
- navigační polní řídicí zařízení je v Moskvě, Komsomolsku na Amuru

Na rozdíl od GPS se řídicí segment nachází pouze na ruském území, lze odesílat kontrolní data o poloze družicím pouze dvakrát za den.

### **Uživatelský segment**

Uživatelský segment je složen ze všech přijímačů pro systém GLONASS. V principu fungují podobně jako v případě GPS. Pro Dlouhodobé omezení v civilním využití ruskou vládou a neúplnost systému spadá hlavní využití pro armádní a vesmírné složky. Kvůli omezením není systém v širším měřítku využíván a není mnoho výrobců přijímačů pro systém GLONASS. Až v roce 2007 ruský prezident povolil využívat systém v plném rozsahu i pro civilní sektor s jistým omezením, aby nedošlo ke zneužití mimo vojenskou sféru.



### Časový a souřadnicový systém pro GLONASS

Časový systém GLONASS je vztažen k času *UTC* a v časovém okamžiku jsou zahrnuty také přestupné sekundy časového systému *UTC*. Souřadnice družice a výsledné souřadnice přijímače jsou v geodetickém systému *PZ 90* (Parametry Zemlji 1990). Jedná se o geocentrický systém pevně spojený se Zemí. Referenční elipsoid je definován těmito parametry:

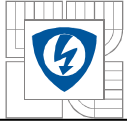
- velká poloosa: 6 378 136 m
- druhý zonální koeficient:  $108\,263 \times 10^{-8}$
- geocentrická gravitační konstanta:  $3\,986\,004,4 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$
- úhlová rotace:  $7\,292\,115 \times 10^{-11} \text{ rad/s}$

### 3.3.2 Budoucnost GLONASS

Kvůli dlouhodobé nestabilní situaci v Rusku nebyl systém dosud plně dokončen a pracoval pouze v omezeném rozsahu. Už nyní, kdy ruský prezident uvolnil využití pro civilní sektor, se snaží ruská strana dokončit systém na plně funkční, tj. 24 družic do konce roku 2008, nejdéle však do roku 2011. Ruská vláda podepsala smlouvu s Indií a společném budování systému a využitím indických prostředků pro přesun materiálu na oběžnou dráhu. Vývoj systému přináší stále nové inovace a plní soudobé požadavky na nové generace družic například tím, že nové družice by měly dosahovat životnosti až 12 let a poloviční hmotnosti nynějších parametrů. Tím se značně sníží dopravní náklady a potřebné finanční prostředky lze přesunout do výstavby nových částí.

Do roku by se měly vyměnit starší družice na typ GLONASS-M. Tyto družice budou na takové úrovni, kdy se mohou vzájemně kontrolovat a korigovat své dráhy i mimo dosah řídicího segmentu. Plánováno je také v letech 2008-2025 další výměna družic pokročilé generace na typovou řadu GLONASS-K. Tato řada by měla sloužit nejen pro armádní účely a navigaci, ale i pro využití v záchranných službách, bezpečnosti námořní a letecké dopravy, kartografii, geodézii, synchronizace času mezi odlehlými místy a další.





## 4 NAVIGAČNÍ SYSTÉMY VE VOZIDLECH

V současné době lze přijímat signál několika navigačních systémů. Důležité však je, kde a jak se bude vozidlo pohybovat. Pokud to bude pouze na území státu, který vlastní navigační družicový systém, který využívá geostacionárních družic, lze jej snadno využít. Pokud se však vozidlo bude pohybovat v mezinárodním prostoru je třeba využít navigační systém globální. Do této kategorie můžeme v současné době zařadit pouze dva a to GPS a GLONASS. Z běžného komerčního využití lze hovořit pouze o GPS, protože ruský systém GLONASS není tolik rozšířen a ani v uživatelském sektoru se dosud nedostal do širšího vědomí. Do dnešní doby je pouze několik málo výrobců přijímačů pro tento systém. V nejbližší době by však mohla nastat změna, kdy provozovatel tohoto systému plánuje renovaci, rozšíření a širší využití i pro komerční oblast. V budoucnu se můžeme těšit ještě na systém Galileo, který by měl být hotov v příštích několika letech. Tento systém by měl mít největší potenciál pro využití satelitní navigace v dopravě.

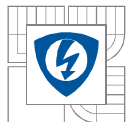
### 4.1 Způsoby využití navigačních systémů ve vozidlech a v dopravě

Vývoj technologií v dopravě jde tak rychle, že dnešní navigační systémy se nepoužívají pouze na aktuální určení polohy, ale i k jiným aplikacím, které ulehčují a zefektivňují cestování, popř. zvyšují bezpečnostní situaci.

#### 4.1.1 Navigační signál pro navigaci

Základní princip navigačního systému je příjem signálu pro určení polohy na Zemi. Pokud budeme mít pouze přijímač pro určení polohy, tedy zeměpisné délky a šířky, zobrazí se na přístroji pouze souřadnice. V tomto případě je nutné mít mapu s odpovídajícím souřadným systémem, jehož pomocí můžeme polohu určit. Toto řešení není pro automobilovou navigaci příliš vhodné. Další řešení je takové, že se integrovala digitální mapa do přijímače, což už nevyžaduje mapu papírovou, nebo pomoc spolujezdce. Na rozdíl od předchozího řešení, zde řidič přímo na přístroji vidí, kde je na mapě jeho pozice. Toto řešení už více přispívá k vyšší bezpečnosti a většímu pohodlí.





## 4.1.2 Sledování vozidel

Dalším využitím navigačního systému je automatické sledování vozidel (AVL – Automatic Vehicle Location). AVL slouží k nepřetržitému monitorování vozidla. Tato koncepce spadá spíše do obchodní sféry s využitím v logistických společnostech, obecně však ke sledování firemních vozidel. Sledování vozidel s využitím GPS může sloužit ke kontrole řidičů a k automatizaci administrativy spojené s provozem vozidel. Pokud k tzv. Off-Line sledování přidáme nějakou formu On-Line dálkové komunikace, lze informace o poloze vozidel využít k dispečerskému řízení jejich provozu v reálném čase a případně i k různým bezpečnostním funkcím, jako je dohledání zcizeného vozidla a ochrana posádky.

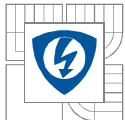
Fleet management je činnost která využívá monitorování vozidel k efektivnější dispečerské činnosti při řízení vozového parku. Dispečer tak může lépe organizovat časový harmonogram, řešit optimalizaci nákladů ve spedici, redukovat prostoje a lépe využívat dostupných prostředků.

### 4.1.2.1 Sledování On – Line

Pro sledování On-Line je nutný dálkový přenos dat. Podle konkrétních požadavků provozovatele se dá využít různých způsobů komunikace. Z možností lze využít rádiovou síť, síť GSM a družicového spojení. V praxi je nejvyužívanější GSM v rámci služby SMS, nebo GPRS.

Pro bezpečnostní funkce je vhodné (nikoli nutné) do řetězce zahrnout dispečink některého bezpečnostního operátora. Systémy On-Line sledování umožňují:

- Přenášet aktuální polohu vozidel na dispečink.
- Přenášet podrobnou historii polohy vozidel na dispečink k dalšímu Off-Line zpracování.
- Polohu přenášet na vyžádání, nebo automaticky podle předem nastavených kritérií (vzdálenost, čas, start, alarm, a pod.)
- Dálkově z dispečerského pracoviště konfigurovat zařízení v autě.
- Sledovat aktuální polohu vozidel z jednoho, nebo z několika dispečerských pracovišť, nebo od zákazníka .
- Sledovat a zaznamenávat spotřebu pohonných hmot, otevření nákladového prostoru a pod.
- Rozlišit soukromou a služební jízdu.
- Zaznamenané hodnoty statisticky vyhodnotit - (maximální a průměrnou rychlost, délku jízdy, průměrnou spotřebu paliva, atd.)
- Průběh každé jízdy dodatečně přehrát nad kvalitními mapovými podklady různých měřítek s bohatými možnostmi filtrace záznamů podle zvolených kritérií.
- Zaznamenané hodnoty exportovat do SW knihy jízd.
- S připojeným notebookem, PDA navigovat vozidlo k cíli.
- Automaticky informovat dispečink o časové, nebo délkové odchylce od plánu trasy, o opuštění předem určené zóny, o přiblížení se ke státní hranici a podobně.
- Informovat dispečink o automaticky/ručně spuštěném alarmu.
- Monitorovat dění v kabině a případně dálkově zasáhnout do provozuschopnosti vozidla.
- Pronásledovat a dohledat odcizené vozidlo.



#### 4.1.2.2 Sledování Off - Line

Do vozidla je namontován přijímač GPS doplněn pamětí pro dlouhodobý záznam dat. Data jsou po ukončení jízdy, nebo po stanoveném intervalu exportovány do počítače v kontrolním centru, kde jsou dále zpracována a vedena. Systémy Off-Line sledování umožňují:

- Přesně zaznamenat průběh jízdy vozidla - polohu, čas a rychlost.
- Automaticky sledovat a zaznamenávat spotřebu pohonných hmot, otevření nákladového prostoru a pod.
- Zaznamenat údaje vložené řidičem - například číslo zakázky,...
- Rozlišit soukromou a služební jízdu.
- Zaznamenané hodnoty statisticky vyhodnotit - (maximální a průměrnou rychlost, délku jízdy, průměrnou spotřebu, atd.).
- Průběh každé jízdy přehrát nad kvalitními mapovými podklady různých měřítek s bohatými možnostmi filtrace záznamů podle zvolených kritérií.
- Zaznamenané hodnoty exportovat do SW knihy jízd.
- S připojeným notebookem, PDA navigovat vozidlo k cíli.

#### 4.1.3 Elektronický mýtný systém - EMS

Další možnost využití navigačního systému je při výběru elektronického mýtného. Je to další způsob výběru poplatku za použití dálnic, nebo jiných zpoplatněných úseků rychlostních komunikací. Vedle časového poplatku, neboli dálniční známky má elektronické mýtné několik výhod. U EMS se platí za skutečně projetí úsek. Tímto faktem je tento systém mnohem flexibilnější, efektivnější a přesnější. V ČR se využívá EMS pouze pro vozidla nad dvanáct tun a autobusy. EMS lze v současné době realizovat na základě dvou systémů a to pomocí mikrovlnné a satelitní technologie. Nutnou podmínkou je, že všechny vozidla, která spadají do zpoplatněné kategorie musí mít palubní jednotku EMS, neboli OBU (On Board Unit). Systém elektronického mýtného může být kombinován se systémem poplatků hrazených pomocí dálničních známek a s financováním prostřednictvím silniční daně. Oba systémy lze využít i k dalším účelům, k nimž může posloužit sledování vozidel.



#### 4.1.3.1 Satelitní technologie EMS

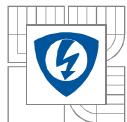
Satelitní technologie umožňuje celoplošné sledování vozidel nejen na speciálně vybavených komunikacích. Pro lepší kontrolu se používá doplňku mikrovlnného kontrolního systému. Tato technologie má výhodu, že v případě rozšíření placených komunikací není třeba rozšiřovat počet bran, ale stačí v řídicím centru rozšířit digitální mapu s novými údaji o nové úseky. Základem je palubní jednotka OBU, která přijímá navigační signál z GPS. Tyto data jsou předány kontrolním snímačům EMS. Toto sledování vozidel je tak podrobné, že v některých případech může dojít až k hranici omezování svobody.

Ochránci soukromí prosadili, že do systému nebude předávána informace o veškerém pohybu, ale jen o průjezdu kontrolními body. Majitel samozřejmě může zaznamenávat a kontrolovat vše.

To ostatně může i dnes podle tachografu. Výběr mýtného je realizován dvěma způsoby. Po ujetí příslušné vzdálenosti na zpoplatněné síti komunikací post-pay způsobem. V tomto případě není v jednotce zaznamenána ujetá vzdálenost. Po ujetí úseku je průjezd zaznamenán v centrálním řídicím systému, kde je vše zaznamenáno a platba probíhá ve stanovených intervalech. Druhý způsob je řešen předplacením a nabitím jednotky kreditem tzv. pre-pay způsobem. Uložený kredit je odečítán podle využití placených komunikací. Je nutné mít vždy dostatečný kredit, protože při jízdě bez kreditu následují při kontrole velké pokuty.

#### 4.1.3.2 Mikrovlnná technologie EMS

Vozidla jsou sledována pomocí mýtných bran, které tvoří snímač mikrovlnného signálu a kamerový systém. Kontrola zaplacení mýtného je tříступňová. Základem jsou stacionární kontrolní brány, které tvoří asi 20% ze všech bran. Další část je tzv. přenosný enforcement, což je dalších deset kontrolních zařízení, která jsou v pravidelných intervalech přemísťována na standardní mýtné brány. Třetím pilířem kontroly jsou pak mobilní hlídky, které provádí odchyt neplaticích řidičů přímo v terénu, nebo si aktualizují data o neplaticích z kontrolních bran. Poslední kontrolní funkcí mýtného systému je, že sám vyhodnocuje pohyb palubních jednotek po zpoplatněné síti. Systém zpětně upozorňuje, pokud se některé kamiony v síti chovají nestandardně, například pokud řidič zakrývá svou palubní jednotku a zase odkrývá. Tento systém je zaveden ve většině zemí EU



## 5 PALUBNÍ MODULY A PŘIJÍMAČE GPS

### 5.1 Struktura, uspořádání přijímače GPS

Uživatelské zařízení, přijímač GPS, zpracovává signály družic a na jeho výstupu dostáváme souřadnice o poloze. V mapovém přístroji je výstup přímo bod v mapě.

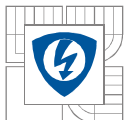
Přijímač tvoří:

- Anténa
- Blok anténní elektroniky
- Navigační přijímač, navigační počítač (RPU – Receiver & Processor Unit)
- Řídící a zobrazovací jednotka (CDU – Control & Display Unit)
- Zaváděč dat (DLS – Data Leader System)

Přijímač přijme a zpracuje signály, ze kterých dekóduje navigační zprávy z dostupných družic. Pokud máme přijímač vícekanálový, přijímač přijímá a zpracovává tolik signálů kolik je kanálů a dostupných signálů. Na rozdíl od jedno-kanálových je zpracování mnohem rychlejší, protože u jedno-kanálového je třeba přepínat mezi jednotlivými signály, což je značně zdlouhavé. Dnes se jedno-kanálové přijímače téměř nevyskytují. Výpočetní část zpracuje dostupná data a jednoznačně určí polohu. Dále už následuje samotné zobrazení na display. Zaváděč dat slouží ke komunikaci navigací. Může být tvořena jako slot pro paměťové karty, konektor pro připojení kabelem, nebo bezdrátovou technologií Bluetooth a Infraport.

### 5.2 Funkce palubní navigační jednotky

Palubní jednotka má především za úkol najít pomocí navigačního signálu vlastní polohu a po zadání uživatelských dat dovést vozidlo do cíle podle všech nastavených parametrů. Většina jednotek obsahuje dotykový display pro jednodušší ovládání. Některé moduly už disponují i ovládáním hlasovým. Po nastavení cíle trasy modul vybere nejvhodnější cestu a na display zvýrazní profil této cesty. Během jízdy lze nastavit i hlasovou navigaci, kdy na řidiče modul mluví a podává informace jak se na trase pohybovat. Oznamuje veškerá odbočení, rychlostní limity a další dostupné omezení, upozornění a doporučení. Mapové podklady se stále vyvíjí a stále roste rozsah informací v nich obsažených. Již jsou dostupné i speciální mapové podklady pro spediční firmy, kdy se na moduly zvolí režim TIR. Při zvolení tohoto režimu řidič do navigace zvolí veškeré parametry vozidla, nákladu a jeho vlastností a na tomto základu navigace vybere takovou trasu, která bude nejvhodnější a nejšetrnější k provozu kamionu a nákladu.



To znamená, že eliminuje veškeré cesty s nevyhovující velikostí výšky a zatížením mostů, nevhodné poloměry zatáček a převýšení. Volí takový průjezd městy, aby zbytečně nezatěžoval městskou dopravu a využil okruhů, či obchvatů a dalších. Navigační modul také může sloužit jako CD přehrávač, přehrávač videosekvencí, radiopřijímač, hodiny, rozhraní pro další elektronické periferie jako mobilní telefon, přenosný počítač a další.

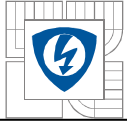


Obrázek 6 Palubní navigace GPS

## 5.3 Vybrané navigační funkce

### POI

POI (Point of Interest) neboli body zájmu. Databáze obsahuje seznamy čerpacích stanic, hradů, hraničních přechodů, obchodních center i Wi-Fi přístupových bodů. Navigace vás podle přání dovede k nejbližšímu bankomatu, zobrazí informace o zřícenině kterou míváte, nebo vás upozorní, že projíždíte místem, kde se měří rychlost. Tyto databáze však většinou nejsou součástí základní výbavy a je třeba je ručně doinstalovat. Nejjednodušším způsobem je aktualizací z internetu – na webu se nacházejí desítky databází POI. Databáze jsou velmi kvalitní a obsáhlé, jejich použití lze jen doporučit. Někteří výrobci mají databázi POI rozdělenou až na 80 kategorií.



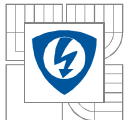
### **RDS-TMC**

RDS-TMC (Radio Data System – Traffic Message Channel). RDS je služba, která na autorádiu zobrazuje název naladěné stanice, nebo která dokáže automaticky přeladit autorádio při jízdě mezi vysílači. TMC je pak součástí této služby. Informace vysílané přes TMC informují o aktuální dopravní situaci, především o nehodách, kolonách a uzavírkách. Jakmile navigace tyto informace získá, dokáže automaticky změnit trasu. Ideální představa jak by tato funkce měla pracovat je například taková, že pokud by se před vozidlem na dálnici tvořila kolona, navigace ve spolupráci s RDS –TMC najde okamžitě alternativní trasu, svádí vozidlo na nejbližším sjezdu z dálnice a ukazuje nový směr, mezitím se ještě vyhýbá mostu na kterém probíhá oprava.

Tato služba je již v ČR v provozu. Bohužel její aktuálnost je zatím nevyhovující. Nové nehody a kolony se zobrazují se značným zpožděním a mnohem horší je, že zůstávají aktivní ještě dlouhé hodiny po zprůjezdnění trasy. Informace je tedy třeba ještě nějaký čas brát spíše jako orientační. K používání je však někdy třeba nainstalovat externí anténu. Interní antény nebývají tak citlivé. Pak stačí na navigaci naladit správnou rádiovou stanici a ihned se vám zobrazí informace o dopravní situaci. V Praze šíří RDS s TMC Český rozhlas Regina (92,6 MHz), ve zbytku republiky pak Český rozhlas 1 Radiožurnál a to na frekvenci odpovídající místnímu vysílači. Ne všechny přístroje obsahují funkci RDS – TMC, ale může být zastoupena alespoň sítí GSM.

### **MAP SHARE**

Tuto funkci obsahují dosud pouze některé přístroje. Je to funkce, kdy řidič dojede například k neznámé a neprůjezdné překážce. V tuto chvíli příslušně označí a popíše místo problému a uloží do paměti. Pokud je dostupný internet například přes mobilní telefon, navigace aktualizuje centrální databázi a přitom aktualizuje vlastní databázi s dopravními omezeními. Pokud tuto funkci využívá co nejvíce řidičů, lze zvýšit plynulost provozu, úsporu času a snížit ekologické zatížení.



## 5.4 Výběr palubního navigačního systému

### Přídavné funkce

Před nákupem je potřeba si rozmyslet, jaké funkce se budou nejvíce využívat. Funkci „Points Of Interest“ obsahují dnes již všechny navigace, některé však poslouží i jako Bluetooth handsfree, MP3 přehrávač, nebo dokonce přehrávač filmů a fotografií. Za funkce navíc je však nutné si připlatit

### Hlasitost

V osobním automobilu jsou použitelné všechny schválené navigace. Je-li však přístroj určen do dodávky nebo pro kamion, bylo by vhodné nechat si v obchodě přístroj předvést, jak hlasitě a zřetelně může navigace pracovat s využitím hlasové navigace, aniž by došlo k rušení v reproduktoru.

### Aktuálnost map

Aktuálnost map je problémem všech navigací – neustále se stavějí nové dálnice a otevírají se nové cesty. Bude možné po nákupu snadno a levně nahrát nové mapy? Kdo si přístroj zakoupí již teď, automaticky získá update na nejnovější mapy. Pokud nemůže výrobce zaručit aktualizaci, je vhodné se těmito přístroji vyhnout.

### Rozsah map

Rozmyslete si, zda vám stačí jen pár států, nebo zda požadujete třeba i mapu jedné země. Dokoupit mapy není levná záležitost. Pozor je třeba dát na označení „Evropa“. Někdy jsou totiž ve státech zahrnuty jen hlavní silnice a dálnice, ulice chybí úplně. Informace o pokrytí musí být u přístroje vždy uvedena.

### Nejen do auta

Některé navigace obsahují i pěší mód, který ignoruje zákazy vjezdu a jednosměrné ulice. Často je k dispozici i cyklistický mód, který vás zase nezavede na dálnici. Jen nejlepší navigace mají mód TIR, při kterém se navigace snaží používat obchvaty a trasa se vyhýbá centru. Existují i speciální navigace pro motocykly, někdy však stačí dokoupit vhodný nosič.



Pořadí	1. MÍSTO	2. MÍSTO	3. MÍSTO	4. MÍSTO	5. MÍSTO	6. MÍSTO	7. MÍSTO
Název	TomTom One II	TomTom One XL	Navigon 3110	Garmin ruňvi 660	Route 66 Chicago 9000	Navigon TS 7000T Europe	Actis 3
Cena vč. DPH	6 150 Kč	8 910 Kč	7 953 Kč	16 418 Kč	10 000 Kč	9 762 Kč	7 738 Kč
Celkové hodnocení	90	87	85	85	83	82	81
Navigation v praxi (25 %)	100	89	92	83	86	90	96
Vybavení (25 %)	81	89	91	88	100	89	85
Navigační funkce (20 %)	95	100	75	81	64	75	85
Ergonomie (20 %)	86	77	78	92	84	71	65
Dokumentace/služby (10 %)	84	72	85	77	70	85	53
Poměr cena/výkon	výborný	velmi dobrý	velmi dobrý	dostatečný	uspokojivý	dobry	velmi dobrý
<b>Vlastnosti</b>							
Nalezení GPS signálu	16 sekund	56 sekund	23 sekund	43 sekund	33 sekund	32 sekund	61 sekund
Výpočet trasy	<b>2 sekundy</b>	5 sekund	5 sekund	9 sekund	3 sekundy	7 sekund	6 sekund
Mapy	CZ, SK, PL	CZ, SK, PL, jižní Evropa	Evropa	Evropa	Evropa	Evropa	Evropa
Dopravní informace	přes GSM	TMC/RDS	TMC/RDS	TMC/RDS	TMC/RDS	TMC/RDS	-
Čipset	Sirfstar III	G.L. Hammerhead	Sirfstar III	Sirfstar III	Sirfstar III	Sirfstar III	Sirfstar III
Výdrž akumulátorů [h:min]	3:49	<b>2:27</b>	5:25	2:58	2:39	2:53	3:46
Rozměry [mm]	96 × 83 × 29	119 × 85 × 31	107 × 83 × 22	125 × 115 × 23	132 × 91 × 22	132 × 91 × 25	90 × 82 × 21
Velikost displeje [mm]	70 × 53	<b>95 × 54</b>	70 × 53	<b>95 × 54</b>	<b>95 × 54</b>	<b>95 × 54</b>	71 × 54
Hmotnost [g]	185	214	158	190	213	231	190
Připojení/karta	USB, BT/SD	USB, BT/SD	USB/SD, MMC	USB, BT/SD	USB/SD, MMC	USB/SD, MMC	USB/SD

Obrázek 7 Test vybraných palubních navigací



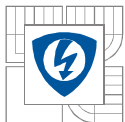
## 6 NAVIGAČNÍ SYSTÉMY BUDOUCNOSTI

Navigační systémy najdou cestu bezpečně už nyní. V současnosti se sblíží i s mobilními telefony a pomocí internetového propojení budou podstatně chytřejší.

Přístroje musejí být vybaveny novými funkcemi: jedná se především o lepší obsluhu a realistické zobrazování. Vývojové firmy už pracují na 3D mapách. Navigační systémy mají mapy zobrazovat velmi realisticky podobně jako na automobilovém simulátoru: z pohledu řidiče a s plastickými budovami. V budoucnu má být dokonce možné vylepšit samotnou realitu dodatečnými informacemi. Už nyní instalují některé společnosti do svých modelů Head-Up Displeje (HUD), navigační symboly promítá na přední sklo a umožňuje tak řidiči nespustit oči z vozovky. Až dosud se informace objevovaly pouze ve 2D provedení, další generace systémů mají navigační informace přímo „položít“ na silnici. Vývoj navigačních systémů se však neomezuje jen na vizuální vylepšení. Při úspěšném výzkumu by budoucí navigace měly být schopny dramaticky snížit čas výpočtu nové trasy a měly by počítat až stonásobně rychleji než dnes. Nezní to nijak spektakulárně, může to však pomoci v případě, kdy se odchýlíte z vypočítané cesty, příjemný ženský hlas vás nebude minuty vyzývat k tomu, abyste se otočili, ale pouze vás upozorní a dále bude okamžitě reagovat a tím vypočítá novou trasu.



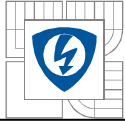
*Obrázek 8 Budoucí podoba zobrazení navigace na čelním skle*



Navigace bude neodmyslitelnou vlastností všech nových vozidel. V budoucnosti má systém cestu transparentně promítat přes skutečnou silnici. Na přání nahraje GSM modul důležité „Points of Interest“, vystaví mluvená spojení, nebo pošle navigačnímu systému tyto body na cestě jako cíl. V budoucnosti se bude za tyto služby více platit, naopak ceny za přístroje a standardní software budou klesat. Některé výrobky nabízí odněkdávna mapy a výpočty cest dokonce zdarma – zaplatit musí uživatel jenom za „turn by turn“ routing, tedy za údaje o cestě, které byly dodány prostřednictvím symbolů či řeči.



Obrázek 9 Realistické 3D zobrazení navigační trasy



## 7 NÁVRH LABORATORNÍCH CVIČENÍ DO

### PŘEDMĚTU BAEB

Využití navigačních systémů ve výuce je velmi zajímavé téma. Bohužel zde nastává situace, která tento úkol ztěžuje a to je nutnost přímého výhledu na oblohu při užití fyzické satelitní navigace. V případě simulátoru satelitní navigace tento problém odpadá.

#### 7.1 Zakoupení vhodného navigačního systému a využití ve výuce

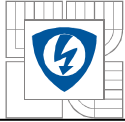
Z faktu dostupnosti výhledu na oblohu je nutné, aby potenciální učebna byla vhodně situována. To znamená, aby byla možnost vytvořit prostor pro úlohu v učebně blízko okna. Relativně důležitým parametrem bude hustota a blízkost okolní zástavby, která by mohla bránit příjmu signálu. Při nesplnění těchto hlavních podmínek by došlo k velmi omezenému použití a v nejhorším případě by nemuselo dojít k žádnému příjmu navigačního signálu. V této možnosti by si studenti zkusili nastavení a ovládání přístroje. Další možnost využití je za vhodného počasí zkusit systém mimo školní budovy. V tomto případě je mnohem větší pravděpodobnost vyzkoušení systému v praxi. Jestliže by na tato úloha byla dotována standardní dobou pro laboratorní cvičení, bylo by vhodné opustit areál školních budov a testovat systém v širším prostoru, kde by bylo lépe vidět jak navigace skutečně pracuje v pohybu.

V úloze s navigačním systémem by bylo možné řešit tyto problémy:

- Seznámení s přístrojem a prostudování jeho funkcí a ovládání
- Zkusit zadat cílový bod v okolí a pomocí navigace se dostat do této pozice
- Provést několik měření polohy a nadmořské výšky s danou pravděpodobností určit odchylky a porovnat naměřené hodnoty s parametry výrobce

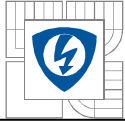
#### 7.2 Simulační SW navigačního systému

Další varianta je počítačová simulace navigačního systému. Bylo by třeba obstarat vhodný simulační software, který by byl totožný s fyzickým navigačním systémem a umožnil co nejrealističtěji napodobit reálné podmínky. V této situaci by odpadal problém s dostupností navigačního signálu. Také studenti by měli větší prostor na testování, protože v případě simulačního sw by nebyl problém umístění na více počítačů.



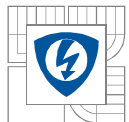
### 7.3 Spolupráce se ŠKODA AUTO a.s.

Při spolupráci s Vývojovým centrem Škoda AUTO a.s. vznikla řada možností jak by se dala realizovat úloha. Pro realizaci úlohy s navigačními zařízeními, která jsou používána ve vozech Škoda vzniká mnoho komplikací. Pro fungující systém navigace a její použití nestačí pouze přijímač GPS, ale jsou třeba i další přístroje pro vyhodnocování informací ze snímačů, jednotka pro zpracování a zobrazení dat, komunikační rozhraní a další. Jedna část bez ostatních je prakticky nevyužitelná. Další problém vzniká s pohybem zařízení. Tento systém nepodporuje offline režim pro simulace a tudíž by se nedal použít. Jediná možnost řešení tohoto problému je použití generátoru signálu družic. To by pak systém uvažoval vlastní pohyb. Avšak nereálnost tohoto řešení je v nákladném pořízení generátoru signálů. Další problém je uvést systém do funkčního stavu, což není jednoduchá a krátkodobá záležitost, zvláště pro jednotlivce. Nezanedbatelným faktorem je pořizovací cena systému, která dosahuje částky v tisících euro. Společnost Škoda by byla ochotna spolupracovat a poskytnout (zaprodát) své systémy, ale v tomto případě by se jednalo možná až o několikaletý projekt, na kterém by se postupně pracovalo.



## 8 ZÁVĚR

V této práci byl vytvořen přehled satelitních navigačních systémů, které jsou klíčovou částí pro elektronické navigační systémy ve vozidlech. Jednotlivé systémy byly jednoduše popsány z hlediska jejich funkce a využití. Nebyly zde popsány všechny možné satelitní a pozemní navigační systémy, ale pouze ty, které připadají v úvahu pro globální satelitní navigaci. Další část byla věnována navigačním systémům ve vozidlech a jejich využití v dopravě. Dnešní navigační systémy už neslouží pouze k lokalizaci a dovedení vozidla do určeného cíle, ale i pro zvýšení bezpečnosti, plynulosti dopravy díky prostředkům komunikace, databázovým centrům a dalším. Touto efektivitou klesá počet zbytečně ujetých kilometrů a čas mezi výchozím místem a cílem. Těmito prostředky tak lze snížit ekologické zatížení způsobené stále rostoucím provozem. Je zde nastíněno jaký by mohl být postup při výběru modulu satelitní navigace do vozidla a další využití navigačního systému ve vozidle. V poslední části byl popsán návrh laboratorního cvičení pro předmět BAEB – Automobilová elektrotechnika. Satelitní navigace mají stále větší potenciál využitelnosti a soudobý vývoj stále rozšiřuje jejich možnosti. Tyto moderní satelitní soustavy zasahují do téměř všech oborů lidské činnosti a stále se rozšiřují. Vývoj stále pokračuje a je jen otázkou času a pokroku technologií, kam až budou tyto systémy zasahovat.

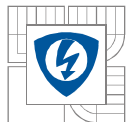


## LITERATURA

- [1] HRDINA, Z.; PÁNEK, P.; VEJRAŽKA, F.: *Rádiové určování polohy (Družicový systém GPS)*, Praha, ČVUT, 1999
- [2] JALOVECKÝ, M.; ABRAHÁM, J.: *Navigace ATPL(A)*, CERM, Brno, VUT 2002
- [3] ŠTAFFA, J.: *Navigační systémy ve vozidlech*, Brno, VUT 2006
- [4] KTLEGA, V.; CHIP 09/2007, *Lepší trasou: 15 navigací v testu*, s. 62-65 VOGEL, Praha 2007

### Internetové zdroje:

- [5] Globální navigační systémy, [online], 2007  
<<http://www.gouma.net/23-gps-galileo-a-glonass-bitva-tri-navigacnich-systemu.php>>
- [6] Globální navigační systémy, [online], 2007  
<[http://www.gpsdaily.com/reports/US\\_plans\\_GPS\\_satellite\\_navigation\\_upgrade\\_to\\_rival\\_EU\\_99.html](http://www.gpsdaily.com/reports/US_plans_GPS_satellite_navigation_upgrade_to_rival_EU_99.html)>
- [7] Globální navigační systém GLONASS, [online], 2007  
<<http://www.czechspace.cz/cs/galileo/aktuality-GPS-Glonass/GLONASS>>
- [8] Globální navigační systém GLONASS, [online], 2007  
<[http://www.spaceandtech.com/spacedata/constellations/glonass\\_consum.shtml](http://www.spaceandtech.com/spacedata/constellations/glonass_consum.shtml)>
- [9] Globální navigační systém GLONASS, [online], 2007  
<<http://www.glonass-ianc.rsa.ru/pls/htmldb/f?p=201:1:12051404385680165729>>



- [10] Globální navigační systém GLONASS, [online], 2007  
< <http://en.rian.ru/business/20041201/39774624.html>>
- [11] Globální navigační systém GNSS Galileo, [online], 2007  
< <http://www.czechspace.cz/cs/search/node/galileo>>
- [12] Globální navigační systém GPS, GNSS, [online], 2007  
< <http://www.gpsworld.com/gpsworld/product/productList.jsp?categoryId=1395>>
- [13] Globální navigační systém GPS, [online], 2007  
< [http://www.aldebaran.cz/bulletin/2005\\_02\\_gps.php](http://www.aldebaran.cz/bulletin/2005_02_gps.php)>
- [14] Elektronické mýtné, [online], 2007  
<<http://www.premid.cz/index.php?id=46&L=3>>
- [15] Elektronické mýtné, [online], 2007  
< [http://www.kapsch.at/TrafficCom/de/files/KTC\\_CZ-SuccessStory\\_CZ.pdf](http://www.kapsch.at/TrafficCom/de/files/KTC_CZ-SuccessStory_CZ.pdf)>
- [16] Elektronické mýtné, [online], 2007  
< [http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektronick%C3%A9\\_m%C3%BDtn%C3%A9](http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektronick%C3%A9_m%C3%BDtn%C3%A9)>
- [17] Elektronické mýtné, [online], 2007  
<[http://auto.idnes.cz/mytna-brana-rychlost-nemeri-d11-automoto.asp?c=A071112\\_152957\\_automoto\\_fdv](http://auto.idnes.cz/mytna-brana-rychlost-nemeri-d11-automoto.asp?c=A071112_152957_automoto_fdv)>
- [18] Sledování vozidel, [online], 2007  
<<http://www.gpsweb.cz/dopravci/vstupte.htm>>
- [19] Encyklopedie Wikipedia, [online], 2007 < <http://en.wikipedia.org/>>