

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

PROVOZNĚ EKONOMICKÁ FAKULTA  
KATEDRA INFORMAČNÍHO INŽENÝRSTVÍ



**Bakalářská práce**

**Monitoring pohybu vozidel s využitím GPS a GSM sítě**

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Vojtěch Merunka, Ph.D.

Autor bakalářské práce: Michal Kučera

© 2012 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Monitoring vozidel s využitím GPS a GSM sítě" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze, dne 20. 3. 2012

---

Michal Kučera

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Vojtěchu Merunkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při tvorbě této bakalářské práce.

# Monitoring pohybu vozidel s využitím GPS a GSM sítě

---

## Vehicle movement monitoring using GPS and GSM network

### Souhrn

Tato bakalářská práce v teoretické části prezentuje základní principy fungování systémů pro rádiové určování polohy objektu a zasílání dat přes mobilní síť. Dále pak popisuje možnosti využití těchto systémů ve prospěch monitorování vozidel pomocí příslušného software, vyhodnocení získaných dat a jejich využití. V praktické části je zde uveden příklad softwaru v objektově orientovaném prostředí, který zachycuje danou situaci monitorování vozidla a zjišťuje překročení rychlosti v regionu, které vozidlo projelo.

### Klíčová slova

GPS, GSM, BTS, AVL, Objektové programování, Určování polohy, Monitorování vozidel, Černé jízdy

### Summary

This bachelor's work presents, in theoretical part, basic principles of functioning systems for radio determining of object position and sending data through mobile network. Further it describes options of use these systems to improve monitoring vehicles with relevant software, evaluation of these data and their utilization. In practical part there is an example of software in object-oriented environment, which captures certain situation of monitoring vehicle and detects higher speed then is allowed in region, where the vehicle rode.

### Keywords

GPS, GSM, BTS, AVL, Object programming, Positioning, Monitoring of vehicles, Prohibited drives

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce a metodika</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Přehled řešené problematiky</b> .....	<b>5</b>
3.1	Rádiové určování polohy .....	5
3.1.1	NAVSTAR/GPS .....	11
3.1.2	A-GPS .....	17
3.1.3	Ostatní systémy družicové navigace .....	18
3.2	Telekomunikační služby a sítě .....	20
3.2.1	GSM.....	23
3.2.2	UMTS .....	26
3.3	Monitoring vozidel - AVL .....	27
3.3.1	Segmentace AVL.....	29
3.3.2	Složení AVL .....	33
3.3.3	Souhrn využití AVL.....	33
3.3.4	Nevýhody a možnosti zneužití systému AVL .....	34
3.4	Objektově orientované programování .....	35
<b>4</b>	<b>Vlastní práce</b> .....	<b>37</b>
4.1	Úvod do praktické části.....	37
4.2	Představení situace .....	37
4.3	Návrh vlastního SW v systému Daskalos .....	41
4.3.1	Zpracování dat .....	41
4.3.2	Použitá data.....	43
4.3.3	Popis struktury navrhnutého SW .....	44
4.3.4	Zdrojové kódy metod.....	46
<b>5</b>	<b>Zhodnocení výsledků</b> .....	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>49</b>
<b>7</b>	<b>Seznam použitých zdrojů</b> .....	<b>50</b>
<b>8</b>	<b>Seznam obrázků</b> .....	<b>53</b>
<b>9</b>	<b>Seznam tabulek</b> .....	<b>54</b>

# 1 Úvod

Zajistit bezpečnost osobního vozu proti krádeži, či mít přehled o svém vozovém parku je dnes stále lehký nadstandard, ale díky neustále dostupnějším novým technologiím se jistě brzy stane běžnou součástí každého vozidla. Možnosti zvýšení nejen zabezpečení majetku, ale i snížení nákladů, času a dokonce i zvýšení zdraví lidí při autonehodě, je možné pomocí systému sledování vozidel tzv. AVL (*Automatic Vehicle Location*). Ten umožňuje z jakéhokoli vzdáleného místa sledovat/monitorovat mobilní objekt (vozidlo) a shromažďovat o něm důležité jízdní parametry 24 hod denně, nepřetržitě, podle potřeby zákazníka. Výhody systému AVL již dnes využívají společnosti s velkým vozovým parkem. Ovšem využijí je i malé společnosti a dokonce i soukromé osoby. Instalaci zařízení do vozidla a samotný monitoring provádí v ČR několik firem. Montáž je možná prakticky do všech typů vozidel. Od motorek, osobních, nákladních, přepravních vozů po vozy speciální nebo jinou techniku (např. mobilní jeřáby, buldozery, kombajny...).

Jádrem AVL je software, který interpretuje textově nebo graficky na obrazovku počítače nebo jiného zařízení získaná data z jednotky umístěné ve vozidle. Tyto data mohou být využita ve prospěch ryze ekonomického či bezpečnostního charakteru.

K fungování celého systému je však zapotřebí několika na sobě nezávislých systémů. Jedná se o zejména systém pro určování polohy vozidla a systémem pro přenos získaných dat skrze mobilní síť na server či mobilní zařízení. Proto se tato bakalářská práce bude zabývat nejprve představením těchto systémů a teprve pak samotnému systému pro zpracování a interpretaci dat.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **Cíl práce**

Cílem této Bakalářské práce je představení systémů GPS a GSM a jejich společné využití k monitoringu vozidel. Poukázat také na ostatní nebo novější systémy stejného zaměření a jejich vzájemnou kompatibilitu. Představit příkladné použití monitoringu vozidel ve firmách, či možných jiných využití v dopravě apod. A také poukázat na nedostatky a možnosti zneužití.

Dalším cílem je návrh ukázkového SW v objektovém jazyku a jeho využití ke kontrole dodržování rychlostních limitů v určitém regionu.

### **Metodika**

K vypracování bakalářské práce byl použit sběr informací z odborné literatury a článků na webových stránkách, týkající se problematiky určování polohy, monitoringu, přenosu dat v mobilní síti a objektovému modelování. Dále jejich následné analyzování, uspořádání a zobecnění.

V první části jsou představeny obecné principy různých metod rádiového určování polohy objektu s matematickým vyjádřením. Dále je detailněji rozvedena družicová metoda systému GPS, která je podrobně analyzována. Od vývoje, po principiální až technickou část. Dále jsou uvedeny další existující systémy jako GALIEO a GLONAS a jejich vzájemná kompatibilita.

Ve druhé části je představen telekomunikační systém pro přenos dat v mobilní síti. Podrobně je analyzován systém GSM. Popisuje se zejména rozdělení kmitočtového spektra a buňková architektura systému. Dále pak je uveden modernější systém UMTS a jeho následné porovnání s GSM.

Ve třetí části je rozebrán přímo systém AVL. Jedná se o analýzu, popis a zobrazení interpretace softwaru pro monitoring vozidel.

Ve čtvrté části je stručně představené Objektově orientované programování (OOP). To je pak v další (praktické) části použito k návrhu vlastního software.

V praktické části této bakalářské práce je představena alternativa softwaru v programu Daskalos analyzující data polohy vozidla při průjezdu definovaného regionu a zjištění překročení rychlostního limitu v daném regionu.

## 3 Přehled řešené problematiky

### 3.1 Rádiové určování polohy

Rádiové určení polohy vozidel by mohlo probíhat přes pozemní stanice jako: VOR/DME, ILS, MLS. Tyto systémy jsou již desítky let využity v letectví. V prvním případě k určování vzdálenosti mezi radiomajáky a palubním dotazovačem v letadle. V následujících dvou slouží k přesnějšímu přiblížení k přistávací dráze. Pozemní stanice nejsou rozmístěna celoplošně a vzhledem k umístění stanic jsou tyto systémy neefektivní k monitoringu vozidel.[1,14]

Družicová navigace má ovšem celoplošné pokrytí Země-globální a je vysoce přesná. Zrod započal v 60. letech po vypuštění Sputniku-I jako první umělou družicí Země. O pár let později se zrodilo několik prvních družicových navigačních systémů. Později se ukázalo, že se dá i dobře využít i samotné určení polohy daného objektu bez navigace. Tím vzniklo družicové určování polohy (globální družicový polohový systém).

Globální družicový polohový systém GNSS (*Global Navigation Satellite System*) patří tedy pod tzv. systém rádiového určování polohy. Častou chybou je zaměňovat tento systém se systémem rádiové navigace. Rádiové určování polohy nezabezpečují vedení po trati, ale pouze alokují v souřadnicovém systému svoji polohu.[1,4]

#### Družicové určování polohy

Stejně jako v případech rádiové navigace přes pozemní stanice, kde pozemní stanice a palubní systémy objektu jsou majákem, je v družicovém systému majákem pouze samotná družice. Výhodou družicového systému je určování polohy v souřadném systému v globálním pojetí-tedy pro celou Zemi. Další výhodou je nezávislost na počasí a nepřetržitá dostupnost po celou roční dobu.[1]

#### Metody určování polohy

V družicové navigaci při určování polohy objektu existuje několik typů metod.:

- Úhломěrná metoda
- Dopplerova metoda
- Dálkoměrná pasivní metoda



- Dálkoměrná aktivní metoda
- Interferometrická (diferenciální) metoda
- Interferometrické měření na nosné

### Úhломěrná metoda

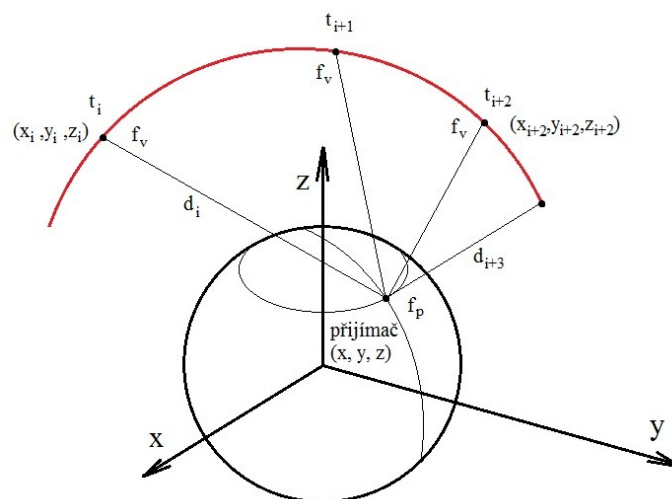
Tato metoda je jedna z prvních, je málo přesná a celkem technicky obtížná k realizaci z důvodu instalace složitých směrových antén k přesnému měření.

Princip metody spočívá v nalezení objektu, ze kterého je možné určit jeho polohu. Zaměří se několik družic, nebo ta samá v časovém rozestupu a jejich/jí elevační úhel s geometrickým bodem bude tvořit kužely s vrcholy v místě měřených/é družic/e. V průsečnici kuželů se Zemským horizontem vznikne průsečík kuželů. V něm se nachází hledaný objekt.

### Dopplerova metoda

Je založena na minimálně třech rovnicích o třech neznámých. Každé rovnici odpovídá jedno samostatné měření. Jednotlivé rovnice určují souřadnice hledaného objektu  $(x,y,z)$ . Dále pak se musí znát parametry dráhy dané družice.

Obr.č.1 – Dopplerovská metoda určování polohy



Zdroj: [1]

Družice vysílají signál se stabilní frekvencí  $f_v$ , která je zaznamenávána pasivním přijímačem v hledaném objektu. Tento signál obsahuje navíc tzv. časové značky,

kteře jsou vysílány v okamžicích:  $t_i, t_{i+1}, t_{i+2}, \dots, t_{i+n}$  a v časovém intervalu:

$$T = t_{i+1} - t_i \quad (3.1)$$

Díky Dopplerovu jevu se tento kmitočet mění z kmitočtu  $f_v$  na kmitočet  $f_p$ . Přijímač, který obsahuje oscilátor naladěný na frekvenci  $f_0$  tento kmitočet  $f_p$  přijímá. Po průchodu přes oscilátor vznikne kmitočet rovnající se rozdílu kmitočtu  $f_0$  a  $f_p$ , resp.:  $f_0 - f_p$ . V přijímači je obsažen i čítač (spouštěn podle časových značek), který počítá jednotlivé periody kmitočtu  $f_0 - f_p$ .

V případě neměnné polohy mezi družicí a přijímačem, tak bude počet sečtených period čítačem:

$$N_i = T(f_0 - f_p) \quad (3.2)$$

Pokud se vzdálenost mezi družicí a přijímačem bude měnit. Tím se změní doba mezi časovými značkami na:  $t_i + \Delta_i$ , kde v  $\Delta_i$  je započtena doba potřebná k tomu, aby signál urazil potřebnou vzdálenost:  $d$  a rychlost šíření signálu:  $c$ . Čítač, který čítá periody signálu (s rozdílným kmitočtem v důsledku změny vzdálenosti mezi družicí a přijímačem), změří změnu fáze mezi časovými značkami signálu:

$$N_i = \int_{t_i + \Delta_i}^{t_{i+1} + \Delta_{i+1}} (f_0 - f_p) dt = T f_0 + (d_{i+1} - d_i) \frac{f_0}{c} - T f_v \quad (3.3)$$

Po označení:  $F = f_0 - f_v$  a zavedení souřadnic  $(x_i, y_i, z_i)$  jako souřadnice družice,  $(x, y, z)$  jako souřadnice přijímače a úpravách, se dostane rovnice:

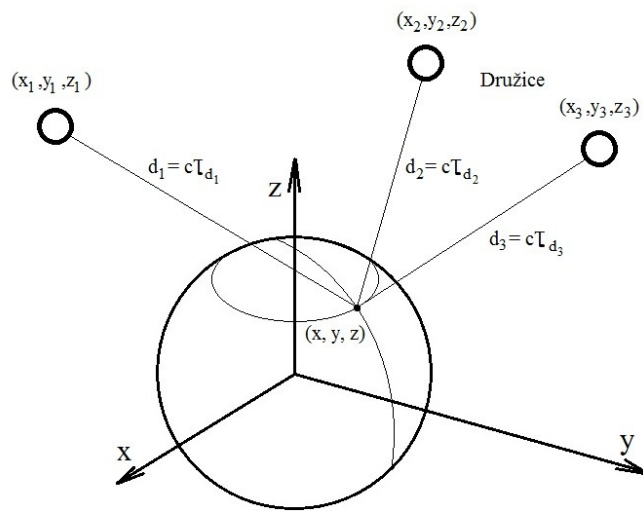
$$N_i = TF + \frac{f_0}{c} \left[ \sqrt{(x_{i+1} - x)^2 + (y_{i+1} - y)^2 + (z_{i+1} - z)^2} - \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2} \right] \quad (3.4)$$

Pokud budou minimálně tři rovnice  $N_i, N_{i+1}$  a  $N_{i+2}$ , tak je pak možné určit polohu přijímače.

## Dálkoměrná pasivní metoda

Zde družice vysílají nepřetržitě signál. Při příjmu tohoto signálu přijímačem se zjišťuje doba  $\tau_{d_i}$  která uplynula při postupu signálu z družice do přijímače. Z této doby se zjistí vzdálenost  $d_i$  mezi družicemi a přijímačem. Aby se zjistila přesná poloha přijímače v souřadnicovém systému, je nutné znát polohy družic při vyslání signálu, který byl přijat v přijímači. To se zjistí buď z pozemních stanic, nebo z družic, které tuto informaci mají obsaženou ve vysílaných signálech.

Obr.č.2 – Dálkoměrná metoda určování polohy



Zdroj: [1]

Nastává zde ale problém. Hodiny (CLK) v družicích a přijímači nejsou spolu synchronní. Tím jsou hodiny v přijímači posunuty o neznámý interval  $\Delta t$  oproti hodinám v družicích, ze kterých byly přijaty signály. Po úpravě můžeme tento časový posuv vyjádřit ve vzdálenosti. Vzniká tím navíc neznámá  $b$ , kde:

$$b = c\Delta t \quad (3.5)$$

Pro zjištění přesné polohy přijímače se musí disponovat signály nejméně ze 4 družic, ty jsou tvořeny 4 rovnicemi:

$$d_i = D_i + b = c(\tau_{m_i} + \Delta t) = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2} \quad (3.6)$$

V následujících výpočtech dochází k složitějším připočítáváním tzv. pseudovzdáleností ze 4 družic. Je potřeba vytvořit kopii přijímaného signálu a sesynchronizovat ji s přijatým signálem. To se provádí přes tzv. korelátory, resp. diskriminátor zpoždění a pseudonáhodným kódem, který je možné generovat pomocí kódu. Ten se dá zakódovat pomocí algoritmu. Při dlouhé periodě kódu je zaručena větší přesnost měření, ovšem se musí znát algoritmus - pokud je zakódovaný. Toho se může využít ve vojenských účelech. Vznikne tedy tak tzv. „dálkoměrný signál“. Ten se musí rozdělit, aby se zjistily jednotlivé signály jednotlivých družic. To se provádí:

- Kmitočtovým multiplexem (každá družice vysílá svůj signál na svojí frekvenci nosné vlny)
- Kódovým multiplexem (družice vysílají signál na nosné vlně se stejnou frekvencí, ale s jiným kódem)

Tím se získají veškeré parametry k výpočtu 4 rovnic (2.6) a tudíž k zjištění polohy přijímače.

### **Dálkoměrná aktivní metoda**

U této metody dochází také jako v předchozím případě v měření vzdálenosti přijímače od družic. Přijímač musí být ale vybaven i tzv. „odpovídačem“ - vysílací částí. Dále musí být v dosahu pozemních stanic, které odpovídači přidělí identifikační číslo, podle kterého se prostřednictvím družic zjistí vzdálenost (doba procházení signálu pozemní ze stanice do přijímače/odpovídače). Tuto dobu-resp. výpočet vykoná ale opět pozemní stanice (signál je poslán z odpovídače do pozemní stanice). Ten je tvořen souřadnicemi družic a přijímače/odpovídače, kde  $\tau_{d_i}$  je měřená doba letu signálu a  $d_i$  vzdálenost přijímače/odpovídače od družic:

$$\tau_{d_i}c = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2} \quad (3.7)$$

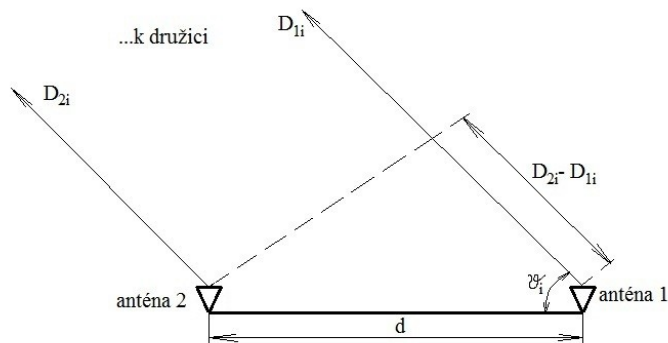
Výsledek zašle jako data o poloze přijímače/odpovídače pozemní stanice, čili (signál je zaslán zpět z pozemní stanice do přijímače).

### Interferometrická (diferenciální) metoda

Zde je nutné mít přijímač, který je vybaven dvěma anténami. Vzdálenost mezi anténami je  $d$ . Změří se vzdálenost družice od první a současně druhé antény. Lze pak určit úhel  $\vartheta_i$ , který svírá základna se spojnicí středu základny resp. družice:

$$\vartheta_i = \arccos\left(\frac{D_{2i} - D_{1i}}{d}\right) \quad (3.8)$$

Obr.č.3 – Interferonické měření

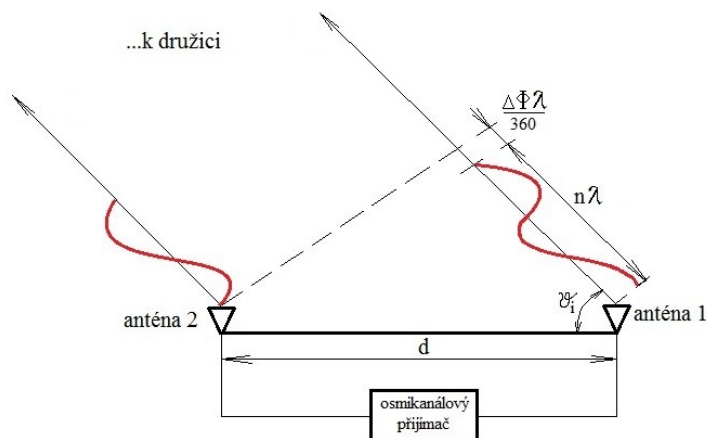


Zdroj: [1]

### Interferometrické měření na nosné

Podobně jako v předchozím případě, akorát se zde měří rozdíl ve fázích vlny přijímaného signálu do jedné a druhé antény. Samozřejmě signál patří jedné družici a měření na obou anténách probíhá ve stejný čas.

Obr.č.4 – Interferonické měření na nosné



Zdroj: [1]

Tento způsob měření je velice efektivní, jelikož na malých vlnových délkách platí, že malou změnou vzdálenosti se docílí velké změně fáze. Pro měřený úhel tedy platí:

$$\vartheta_i = \arccos\left(\frac{\lambda}{d}\left(n + \frac{\Delta\Phi}{360}\right)\right) \quad (3.9)$$

[1]

### 3.1.1 NAVSTAR/GPS

GPS je zkratkou pro globální polohový systém (*Global Positioning System*). Původně však byl název trochu delší-NAVSTAR-GPS (*Navigation Signal Timing and Ranging Global Positioning System*). Dnes již je pojmenování zkrácené na samotné GPS. Tento systém umožňuje určit polohu GPS přijímače (tedy např. i automobilu) kdekoli na povrchu Země a její blízkosti v jednotném referenčním systému za jakýchkoli povětrnostních podmínek a v jakoukoli časovou dobu. GPS patří mezi pasivní dálkoměrné systémy.[1,24,25]

#### Historie GPS

Družicová navigace byla budována jako čistě vojenský systém od počátku 60. let vzhledem ke studené válce. Podíl na ni měly americké vzdušné síly a americké námořnictvo. Úplně první funkční navigací pro určování polohy byl dopplerovský systém Transit. Uveden v činnosti byl v roce 1958 a v roce 1967 byl uvolněn pro civilní využití.

17. 4. 1973 byly sloučeny dva zkušební programy družicové navigace Timation a 621B jako NAVSTAR-GPS. Timation byl specializován na družice pro přesné určování času-na tomto principu je i založen NAVSTAR-GPS.[19] Od 1. 7. 1973 řídí rozvoj toho sloučeného programu mimo americké články armády a programové skupině kosmické divize i NATO a Austrálie. Vývoj nadále pokračoval ve 3 fázích:

- 1. fáze (1973-1979, vypuštění 11 družic bloku I)
- 2. fáze (1979-1985, budování řídicích středisek, vývoj 28 družic bloku II)
- 3. fáze (1985-1994, vypuštění 9 družic bloku II, 19 družic bloku IIA a 20 družic bloku IIR) [1]

Kongres Spojených států schválil využití systému GPS i v civilní sféře a to v roce 1983 po tragické události, kdy bylo sestřeleno civilní letadlo sovětskou stíhačkou kvůli odchýlení od kurzu do zakázaného sovětského vzdušného prostoru. Ovšem pro omezení neúčinnosti, bylo až do 1. 5. 2000 zavedeno záměrné zhoršování přesnosti-tzv. P/Y kódu.[19]

Až ve 3. fázi-v roce 1993 byla možná 3 - rozměrná navigace po celé Zemi 24hod denně. Družice bloku IIR byly zdokonalené o vzájemnou komunikaci (v předpokladu, že budou všechny družice bloku IIR nebo IIF) a mohou nezávisle na řídicím středisku operovat 180 dní. Družice z novějších bloků mají ještě další vylepšení-lepší ochranu proti radioaktivnímu záření, zvětšené zásoby paliva atd. Vývoj však nekončí. Do 1. 3. 1995 bylo vypuštěno 33-35družic GPS. V roce 1996 byl zahájen vývoj družic bloku IIF (ty společně s blokem IIR tvoří hlavní a nejmodernější část družic systému GPS). Poslední družice bloku IIR byla vypuštěna v roce 2004. První družice bloku IIF vypuštěny v roce 2010 a 2011.

Budoucnost systému se plánuje minimálně do roku 2030, kdy budou dosluhovat družice bloku III, které se plánují vypustit v roce 2020. Mezitím se plánuje vzájemné propojení s ostatními začínajícími systémy (GALILEO, GLONASS).[1,20,21,22]

Celý systém GPS se dělí na 3 tzv. segmenty:

- Kosmický (*Space Segment-SS*)
- Řídicí (*Control Segment-CS*)
- Uživatelský (*User Segment-US*)

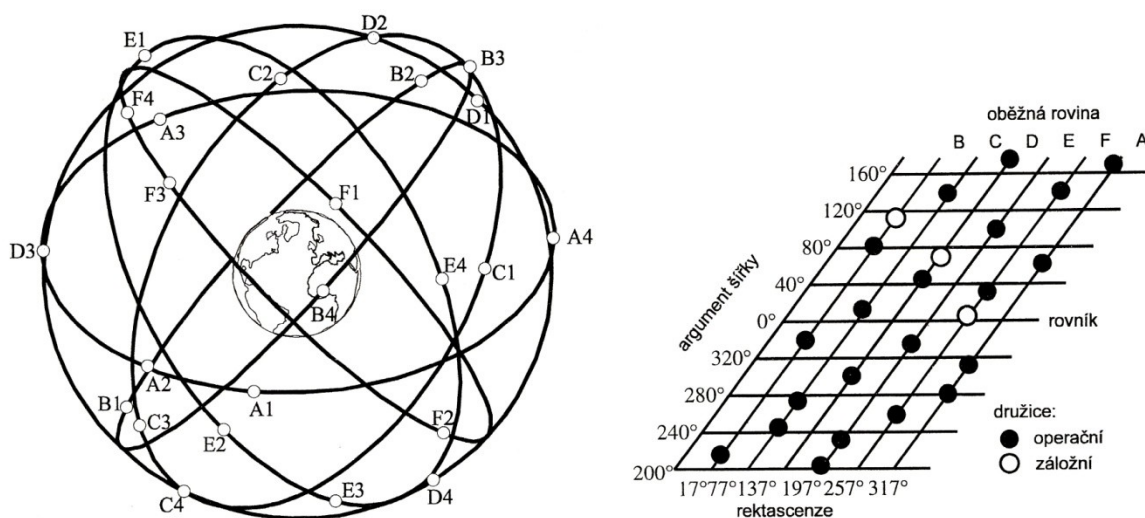
### **Kosmický segment**

Je tvořen minimálně 24 družicemi. Ty jsou rozmístěny v šesti oběžných drahách po čtyřech kusech (obr.č.5). Oběžné dráhy (roviny) jsou tvořeny tak, aby téměř z každého místa na Zemi bylo dostupných 6 družic. Oběžné dráhy mají sklon k rovníku (inklinaci) pod úhlem 55° a jsou navzájem k sobě posunuty o 60°. Výška oběžných drah činí 20 190 km od povrchu Země. Rychlost družic je cca 11 300 km/hod a doba oběhu je tedy 11 hod a 58 min. Družice je tedy na samém místě o 4 min dříve než v předchozí den.

Jednotlivé družice jsou neustále nahrazovány novými, jelikož starší dosluhují. Tento proces je v podstatě neměnný. Ovšem jsou družice, které jsou umístěny jako páte v oběžné dráze. Ty tak tvoří nesouměrnost rozmístění družic. Tyto družice jsou plně

zapojeny do provozu a činí tak systém GPS přesnějším, v případě výpadku některých z 24 družic je s nimi počítáno jako záložními. Pro správný chod systému GPS-resp. plně operační schopnosti FOC (*Full Operational Capability*) je tedy zapotřebí minimálně 24 družic, ale počítá se s doplněním na družic 30, což je maximální počet.[1,19,21]

Obr.č.5 – Oběžné dráhy družic GPS



Zdroj: [1]

Každá družice obsahuje atomové hodiny (3-4ks). Ty mají zajistit stabilitu oscilátoru, který je potřebný k modulaci signálu. Základní frekvence  $f_0=L$  činí 10,23 MHz. Vynásobením této frekvence o hodnoty 154 a 120 se vypočítá nosná frekvence signálů  $L_1$  a  $L_2$ .

Každá družice vysílá tyto dva signály, kde  $L_1=1\ 575,42$  MHz a  $L_2=1\ 227,6$  MHz. Frekvence  $L_1$  a  $L_2$  lze zapsat rovnicemi, kde  $a_p$ ,  $a_c$  a  $b_p$  jsou amplitudy signálů. Pro signál  $L_1$  platí:

$$L_1(t) = a_p P(t) D(t) \cos 2\pi(f_1 t) + a_c C(t) D(t) \sin 2\pi(f_1 t) \quad (3.10)$$

A pro signál  $L_2$  platí:

$$L_2(t) = b_p P(t) D(t) \cos 2\pi(f_2 t) \quad (3.11)$$

[2]



Nosné jsou modulované kódy  $C_{(t)}$  a  $P_{(t)}$  a daty  $D_{(t)}$ . Modulace je typu BPSK (s binárně fázovým klíčováním). Kódy  $C_{(t)}$  a  $P_{(t)}$  slouží k měření vzdálenosti a data  $D_{(t)}$  k přenosu efemerid družic z hlavní monitorovací stanice (řídícího centra). Následující tabulka (tab.č.1) ukazuje jakou frekvenci mají jednotlivé složky signálu, které družice vysílají.

Tab.č.1 – Přehled složek družicového signálu

Složka	Frekvence [MHz]
Základní frekvence	$f_0 = 10,23$
Nosná vlna $L_1$	$f_1=154 f_0 = 1575,42 (\lambda_1 \doteq 19,0 \text{ cm})$
Nosná vlna $L_2$	$f_2=120 f_0 = 1227,60 (\lambda_2 \doteq 24,4 \text{ cm})$
P-kód $P_{(t)}$	$f_0 = 10,23$
C/A-kód $C_{(t)}$	$f_0/10 = 1,023$
Navigační zpráva $D_{(t)}$	$f_0/204600 = 50*10^{-6}$

Zdroj: [2]

Kódy  $C_{(t)}$  a  $P_{(t)}$  jsou prakticky tzv. pseudonáhodné posloupnosti číslic +1 a -1. Jsou vysílány z několika důvodů a to:

- Odolnost proti rušení (přenos s rozprostřeným spektrem)
- Vyšší přesnost měření
- Družice mohou pracovat na stejné frekvenci (rozdělení pomocí kódu-kódový multiplex)

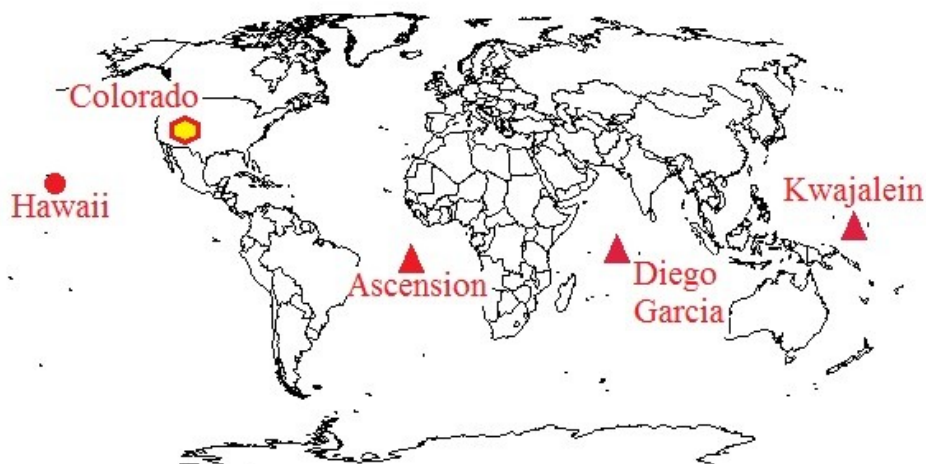
Kód  $C_{(t)}$  (*Coarse Acquisition*) je kód, který zajišťuje přesné měření vzdálenosti na principu maxima autokorelační funkce. Perioda kódu činí 1 ms a bitová rychlost je 1,023Mb/s. Dříve znamenal hrubé měření vzdálenosti-resp. použití pro neautorizované uživatele (*Clear Access*), protože se z něj pak přejít na přesnější měření - kód  $P_{(t)}$ .

Kód  $P_{(t)}$  (*Precision / Protected*) Ten byl určen pro autorizované uživatele (např. v americké armádě). Jedná se o pseudonáhodnou posloupnost s délkou periody  $23,017555*10^6$  s (čili cca 266 dní). Kód se resetuje vždy o půlnoci mezi sobotou a nedělí. Bitová rychlost je navíc desetkrát větší než u kódu  $C_{(t)}$ . [1,21,24]

## Řídící segment

Je tvořen pěti monitorovacími stanicemi (obr.č.6). Ty jsou rozmístěny co nejbližší rovníku. Dělí se na: hlavní monitorovací stanici, monitorovací stanice a stanice pro komunikaci s družicemi.

Obr.č.6 – Rozmístění řídicích středisek GPS na mapě



Zdroj: [31]

Hlavní monitorovací stanice MCS (*Master Control Station*) se nachází na Schrieverově letecké základně v Colorado Springs v Coloradu v USA. Zde jsou vypočítávány parametry oběžných drah družic (efemeridy) a sledování stavu atomových hodin (s přesností do  $1\mu\text{s}$ ). Provádí korekce drah družic a aktualizace jejich hodin. MCS je umístěn ve speciálním bunkru v horách. Je to pro případ válečného konfliktu, aby nedošlo k vyřazení systému GPS. Navíc družice od bloku II a více jsou chráněny proti elektromagnetickému impulsu při jaderném kosmickém výbuchu ze stejných důvodů.

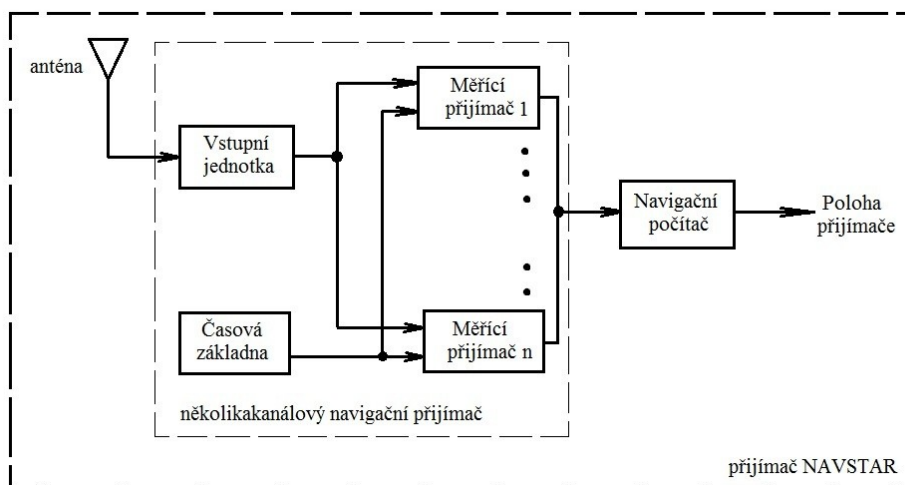
Všechny informace se sbírají v monitorovacích stanicích a zasílají se do MCS. Monitorovací stanice jsou umístěny na Hawajských ostrovech, atolu Kwajalein na Marshallových ostrovech v západním Tichomoří, na ostrově Diego Garcia uprostřed Indického oceánu, na ostrově Ascension ve středním Atlantiku a také v Colorado Springs v Coloradu. Lze také využít základnu v Cap Canaveral, odkud jsou také většinou družice vypouštěny.

Stanice pro komunikaci s družicemi jsou umístěny současně s monitorovacími stanicemi na atolu Kwajalein, ostrově Diego Garcia a na ostrově Ascension.[1,19,21]

## Uživatelský segment

Pro příjem signálů z GPS družic byly vyvinuty přijímače. Jsou to pasivní přístroje, čili nic nevysílají. Toho se využívá zejména ve vojenské sféře-proti zaměření nepřítelem. Uživatelské přijímače se obecně skládají z několika základních prvků: antény, bloku anténní elektroniky, přijímače a počítače (procesoru), vysoce stabilních hodin, řídicí a zobrazovací jednotkou (displejem) a zavaděčem dat.

Obr.č.7 – Zjednodušená struktura přijímače GPS



Zdroj: [1]

Přijímače dokážou zachytit signál vyslaný z družic, dekodovat jej a interpretovat uživateli výsledek v podobě polohy na mapovém podkladu, či jednoduše v podobě souřadnicového systému. Přijímače mohou být dále vybaveny příjmem diferenciálních korekcí. Přijímače se dělí obecně do 3 skupin:

- Přijímače bez kódu
- Přijímače s C/A-kódem
- Přijímače s P-kódem (používají současně i C/A-kód)

Podle počtu zpracovávaných frekvencí na:

- Jedno-frekvenční přijímače (zpracovávají pouze signál  $L_1$ )
- Dvou-frekvenční přijímače (zpracovávají signál  $L_1$  i  $L_2$ )

A nakonec dělení podle počtu družic, ze kterých lze současně přijímat signál:

- Jednokanálové přijímače
- Vícekanálové přijímače

[1,5,19,21,24]

### 3.1.2 A-GPS

System A-GPS vznikl za účelem zlepšení a zkvalitnění služeb systému GPS za co nejnižší náklady, avšak zachovat bezpečnost Spojených států. Tato myšlenka vznikla po té, co stoupl počet uživatelů v civilní sféře.

Dle zdroje [1] můžeme tvrdit, že se jedná pouze o rozšíření systému GPS (*Augmented GPS*). System je globální a kvůli bezpečnosti se signál kóduje podobně jako u GPS.

I struktura A-GPS je stejná jako u systému GPS:

- Kosmický segment
- Pozemský segment
- Uživatelský segment

Rozdíl v systému A-GPS oproti GPS spočívá v komunikaci mezi segmentem kosmickým a pozemským. V kosmické části je 5-6 družic, které pokrývají celý Zemský povrch a zpřesňují tak samotné měření nutné pro výpočty k zjištění polohy.[1]

Nejen podle zdroje [24] je A-GPS považováno za (*Assisted GPS*). Princip spočívá v urychleném zjištění polohy družic nad přijímačem. Čili je třeba zjistit aktuální almanach a efelidy družic GPS. Tyto data se získají z asistenčního serveru. Je tedy nutné připojení na internet.

Díky rychlému zjištění polohy družic se přijímač „uzamkne“ na dané družice pohybující se nad ním (v dosahu) a přijímač se tak zabývá už měřením polohy. Dále se Assisted GPS uplatní v hustě zastavěné oblasti, kde by i při kvalitnějším přijímači docházelo vlivem budov k rušivým vlivům a delší prodlevě zjištění poloh družic GPS.

### 3.1.3 Ostatní systémy družicové navigace

Družicových polohových systémů vzniklo hned několik (NAVSTAR-GPS, GALILEO, GLONASS, DORIS, PRARE, TRANSIT, GEOSTAR, LOCSTAR, GRANAS, NAVSAT, STARFIX, OMNITRACS, EUTELTRACS, CYKLON, CIKAD, CIKAD-M...atd.). Většina z nich zanikla, nebo je ve stádiu testování. Stabilní a světově uznávané systémy můžeme v roce 2012 řadit tři. A to již zmíněný NAVSTAR-GPS, dále evropské GALILEO a ruský GLONASS.[1,14] Uvažuje se, že tyto systémy budou po svém dokončení spojeny a umožní mnohem přesnější, rychlejší a spolehlivější určení polohy se 100 % pokrytím Země. Musí se ovšem předpokládat, že v případě vojenského konfliktu budou tyto systémy pro civilní sféru vypnuty, nebo jinak modifikovány. Ke spojení ale nemusí z bezpečnostního, ekonomického a technologického hlediska vůbec dojít. V následující tabulce (tab.č.2) jsou zobrazeny přesnosti jednotlivých systémů.

Tab.č.2 – Přehled vlastností družicových navigačních systémů

	GPS (SPS/PPS)	GALILEO	GLONASS
Horizontální přesnost	100/17,8 m	4 m	70 m
Vertikální přesnost	156/27,7 m	7,7 m	70 m
Přesnost času	167/100 ns	30 ns	1 $\mu$ s
S pravděpodobností	95%	95%	99,7%

Zdroj: [14]

U GPS hodnot jsou z důvodu primárně vojenského zaměření uváděny dvě hodnoty-SPS a PPS. Kde SPS (*Standard Positioning Service*) slouží běžnému civilnímu sektoru-tzv. neautorizovaným uživatelům. A PPS (*Precise Positioning Service*) pro sektor vojenský-tzv. autorizovaným uživatelům.[13,18]

#### GLONASS

GLONASS (*Globalnaja Navigacionnaja Sputnikovaja Sistema*) je navigační pasivní dálkoměrný systém, založený na podobném principu jako GPS. Vyvíjí ho Rusko, aby získalo nezávislost na americkém GPS. Podobnost s GPS je hl. v drahách družic, které jsou ve třech rovinách, v kruhových drahách ve výšce 19 100km, oběžnou dobou 11hod

15min a s inklinací 64,8°. Naopak rozdílem je kmitočtové (u GPS kódové) dělení v pásmu: 1 602,5625 – 1 615,5000 MHz a 1 246,4735 – 1 257,3640 MHz.

Výhodou GLONASS je modernější systém, který oproti GPS umožňuje menší odchylku (cca do 1m) a nevysílá jako GPS signál SA (záměrné zhoršování signálu). Fakt, že disponuje novějšími satelity oproti GPS je dost relativní-vzhledem k neustálé nutné obměně satelitů GPS kvůli jejich průměrné životnosti na 10-20let.

Systém GLONASS má i své nevýhody. A to zejména v nesynchronní časové základně s časovou základnou GPS. Dále pak nutnost rozdílných konstrukcí vzhledem k rozdílným kmitočtům (GPS-GLONASS) a v neposlední řadě rozdílný souřadnicový systém (pro GLONASS SGS-85, pro GPS WGS-84). I přes některé komplikace se spolehlivostí a při budování systému GLONASS (např. ke konci roku 2010 se při startu zřítela raketa, vynášející na oběžnou dráhu 3 satelity), se očekává alespoň částečné spuštění v roce 2012.

Na rozdíl od GPS je GLONASS přihlášen jako civilní systém, ovšem s přihlédnutím, že vysílá signály k vojenskému využití. GLONASS bude možné využívat po celé Zemi, a pokud bude dokončen, je plánováno ho v civilní sféře spojit se systémem GPS.[1,17]

## **GALILEO**

Další z řady GNSS stejně jako GPS je GALILEO, avšak pod taktovkou Evropy. Tento systém stejně jako systém GPS je vojenský. Čili může být kdykoli z taktických/bezpečnostních důvodů vypnut. Název je čistě odvozen od italského vědce jménem Galileo Galilei.

Počátek systému GALILEO je v období 90. let. Jako kompletní by měl obsahovat celkem 30 družic (27 operační + 3 záložní) obíhající ve třech rovinách, v kruhových drahách ve výšce středního orbitu 23 500km. Všechny roviny budou mít inklinaci 56°. GALILEO je prvním společným projektem EU reprezentované Evropskou komisí (EC) a Evropskou kosmickou agenturou (ESA). Odchylka v přesnosti systému by měla být zhruba stejná jako u systému GLONASS (cca do 1m). Kmitočtové dělení má být v pásmu: 1164-1214 MHz a 1563-1591 MHz.

System GALILEO by měl poskytovat 5 tzv. služeb:

- Základní služba OS (*Open Service*)
- Kritická služba SoL (*Safety of Life Service*)
- Komerční služba CS (*Commercial Service*)
- Veřejně regulovaná služba PRS (*Public Regulated Service*)
- Vyhledávací/Záchraná služba SAR (*Search and Rescue Service*)

Byla také ustanovena dohoda s kompatibilitou se systémem GPS. Budoucí přijímače budou tedy moci využívat oba systémy. V roce 2005 byla vypuštěna první testovací družice Giove-A z Bajkonuru. V roce 2008 ji následovala Giove-B rovněž z Bajkonuru. System GALILEO by měl být dokončen v roce 2014.

Zajímavostí pro Český stát je fakt, že administrativní část systému GALILEO bude sídlit v České republice v Praze Holešovicích v bývalé budově České konsolidační agentury. Zbytek (asi třetina) bude sídlit v Bruselu. Jedná se o Úřad pro dohled nad evropskou částí GNSS-resp. GSA (*European GNSS Supervisory Authority*).[19,22,23]

## 3.2 Telekomunikační služby a sítě

### Rozdělení kmitočtového spektra

Radiokomunikace spočívá v přenosu informací od vysílače k přijímači pomocí rádiových vln. Rádiová vlna je elektromagnetické vlnění v kmitočtovém pásmu od 10 kHz do 3000 GHz (resp. vlnové délce 30 km až 0,1 mm).

Vztah mezi vlnovou délkou  $\lambda$  a kmitočtem  $f$  je dán vztahem:

$$\lambda = \frac{c}{f} ; \text{ kde } c \text{ je rychlost šíření el.mag. vln ve volném prostoru } (c \cong 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}) \quad (3.13)$$

Rádiová vlna se nejlépe šíří volným prostředím. Městská zástavba a přírodní terén způsobují překážky, čili rušivé faktory.

Národní kmitočtová tabulka (NKT) upravuje užívání kmitočtového spektra od 9 kHz do 105 GHz. Kmitočtová tabulka specifikuje jednotlivé oblasti pro použití kmitočtových pásem a jejich specifické využití. Specifikace je velice důležitá, aby nedošlo

k rušení ostatních rádiových systémů. Na Zemi rozlišujeme celkem 3 oblasti. Na území Českého státu je pověřen správě telekomunikací ČTÚ (*Český Telekomunikační Úřad*).

Pro efektivní rozdělení kmitočtového spektra, které je omezené, se využívá tzv. celulární systém. V praxi se mnohonásobně (teoreticky nekonečně mnohokrát) používá jednoho samého kmitočtu v celé (nekonečné) oblasti.[6] Více v kapitole Buňková struktura sítě GSM.

Pro síť GSM jsou vyhrazena kmitočtová pásma v rozsahu 880-1990 MHz.

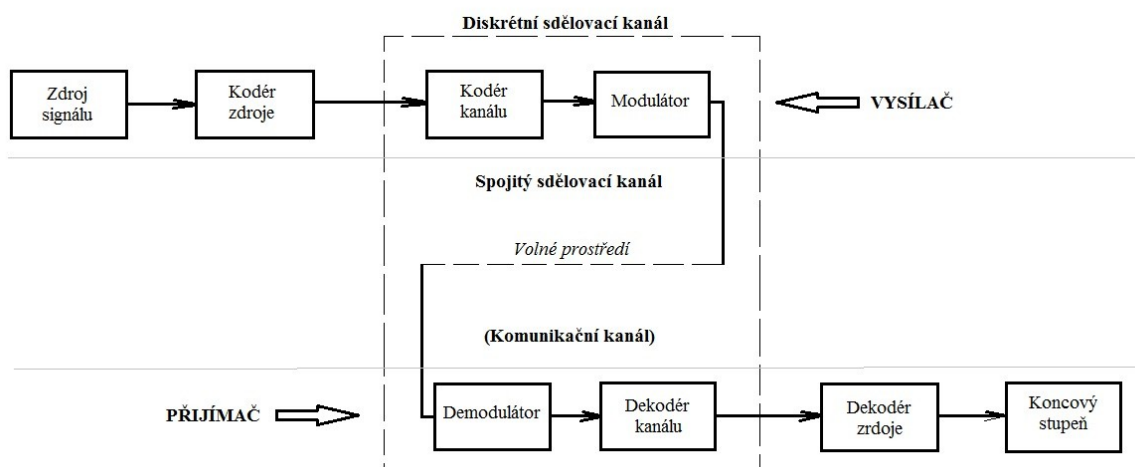
Pro modernější UMTS je kmitočtové pásmo v rozsahu od 1770-2690 MHz.

### Princip radiokomunikačního systému

Základní radiokomunikační systém (obr.č.8) se skládá z vysílače a přijímače. Signál mezi vysílačem a přijímačem prochází tzv. rádiovým komunikačním kanálem pomocí rádiových vln.

Rádiové vlny jsou zabezpečeny pomocí paritních kódů, konvolučních kódů, Fireho, nebo blokovým Reed-Solomonovým kódováním. Modulace a demodulace signálu na nosnou se provádí pomocí fázového nebo kmitočtového klíčování (PSK/FSK) a to v různých modifikacích (QPSK, O-QPSK,  $\pi/4$  QPSK, GMSK, atd.). Zařízení může obsahovat i A/D převodník (analog-digital či opačně).

Obr.č.8 – Zjednodušená struktura digitálního radiokomunikačního systému



Zdroj: [6]

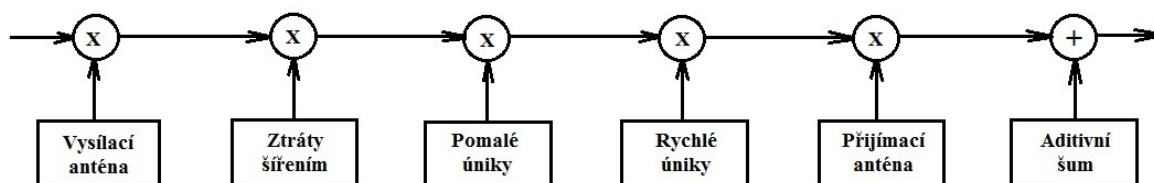


## Šíření vln v prostoru

Chování elektromagnetických vln vychází z vlnové délky (resp. frekvence). Délka vlny a rozměry překážek v signálové cestě navzájem determinují. Nejvhodnější frekvence pro malé ztráty šířením v prostředí, vysoká odrazivost, ohebnost a pronikání překážek je frekvence UHF (300 MHz až 3 GHz).

V případě statické anténní základnové stanice a mobilního spoje (monitorované vozidlo) dochází ke kolísavé hodnotě signálu. To je způsobeno fyzikálními mechanismy odrazů signálu apod. Blokové schéma výkonové bilance je na následujícím obrázku.

Obr.č.9 – Mechanismus modelování výkonové bilance rádiového přenosu

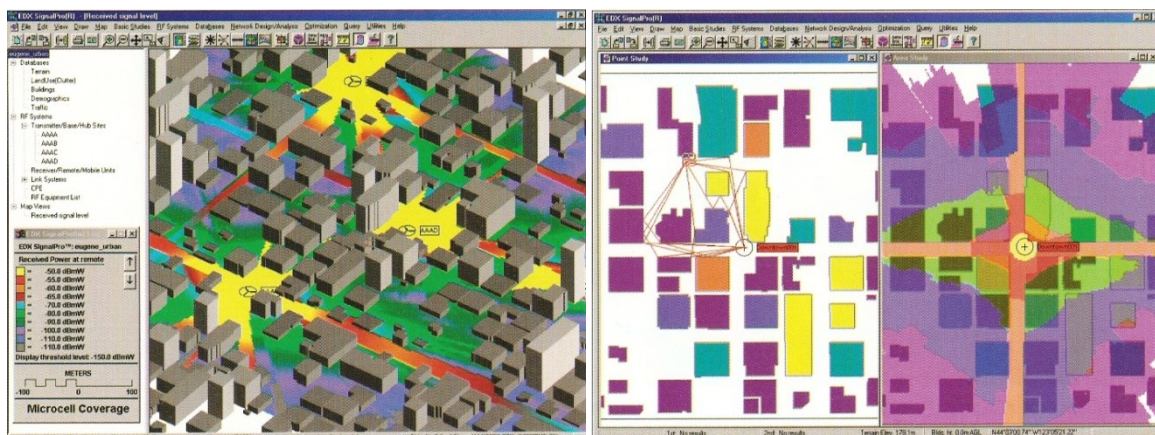


Zdroj: [9]

Na přijímací straně je navíc tzv. aditivní šum, který je způsoben interferencemi a šumem přijímače. Útlum signálu v prostředí je dán:

- Ztráty v šíření (závislý na délce spoje a typu prostředí)
- Pomalé úniky (stínění překážkami-kopce, budovy)
- Rychlé úniky (vzniká pohybem antény mobilní části, či okolních objektů) [9]

Obr.č.10 – Plošné pokrytí mikrobuněk a šíření vlny včetně odrazů a difrakce v zástavbě



Zdroj: [9]

### 3.2.1 GSM

Síť GSM (*Global System for Mobile Communication, Group Special Mobile*) [6] patří pod síť mobilní. Podle zdroje [6] ji lze charakterizovat jako digitální buňkový mobilní radiotelefonní systém pracující v kmitočtovém pásmu 890-1990 MHz..

#### Historie GSM

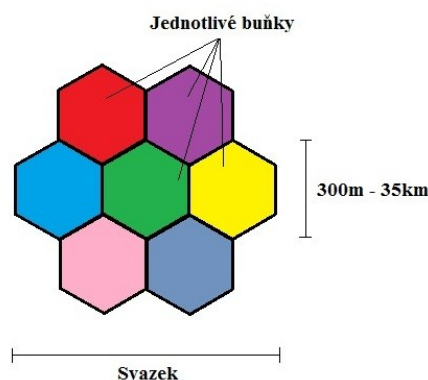
Telekomunikační systémy zažívají velký vzestup od 80. let 20. století. V Evropských státech vzniklo několik vzájemně nekompatibilních celulárních systémů. Ty bylo zapotřebí sloučit pro možnost funkčnosti jednoho zařízení v celé oblasti Evropy. Pro toto sjednocení kompatibility nastal vznik GSM, který byl v roce 1990 vyhlášen jako standard. V roce 1993 existovalo 36 GSM sítí ve 22 zemích. Kompatibilita systému se netýkala jen Evropské části, ale i jiných světadílů.[10]

V prvním období existovaly analogové systémy 1. generace, ty sloužily nejen k přenosu hovorů, ale i datových toků, následovala implementace systémů GPRS,HSCD apod. Dále byla 1. generace nahrazena 2. generací systémů digitálních. Následovala 2,5. a 3. generace (3G), ta už ale spadá do kategorie UMTS.[6]

#### Buňková struktura sítě GSM

Buňková struktura neboli celulární struktura je sektorizace území např. státu, města, kanceláře, či jiné oblasti do tzv. buněk. Shluk buněk tvoří svazek (obr.č.11), který řídí jednotka BSC (*Base Station Controller*). Jednotka BSC je obsažena v BTS a jejich řízení provádí centra radiotelefonních ústředen MSC (*Mobile Switching Centre*).

Obr.č.11 – Buňková struktura

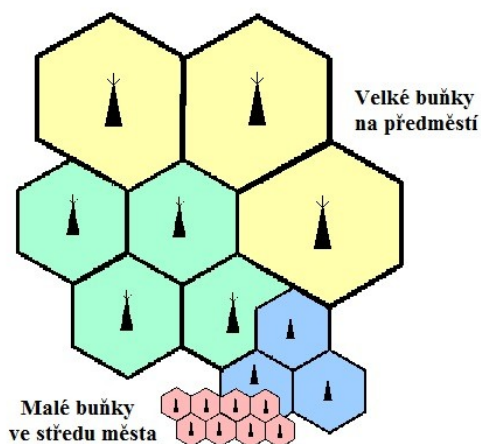


Zdroj: [3]

Velikost buněk je různá (obr.č.12) nejen podle terénu, překážek, ale i kvůli předpokládanému vytížení sítě. Podle zdroje [6] rozlišujeme několik typů velikostí buněk:

- Pikobuňky (poloměr < 50m)
- Mikrobuňky (poloměr < 1km)
- Makrobuňky (desítky km)
- Deštníkové buňky (nepokryté území mezi pikobuňkami a mikrobuňkami)

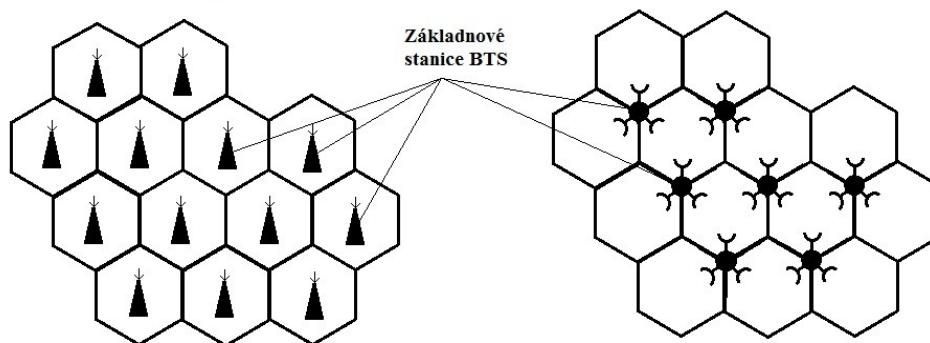
Obr.č.12 – Část plánu městské celulární sítě



Zdroj: [6]

Každou buňku zpravidla obsahuje jedna základnová rádiová stanice BTS (*Base Transceiver Station*). Ta zajišťuje mobilní spojení se systémem. V případě umístění BTS stanice doprostřed tří sousedních buněk a použití směrových antén se docílí zredukování počtu a zmenšení vysílacího výkonu BTS stanic (obr.č.13).[60,8]

Obr.č.13 – Princip sektorizace buňkové sítě



Zdroj: [3]

## Rozdělení kmitočtového pásma systému GSM

Kmitočtové pásmo sítě GSM ( $C_0$ - $C_n$ ) je obhospodařováno jednotlivými národními operátory. V ČR je toto pásmo přidělováno ČTÚ (*Český Telekomunikační Úřad*). V mezinárodní sféře zas Mezinárodním telekomunikačním úřadem ITU (*International Telecommunication Union*). ITU specifikuje jednotlivým státům a příhraničním oblastem GSM kanály a povolené NCC (*Network Colour Code*) hodnoty. Tím vzniká tzv. kmitočtová koordinace. Kmitočtová koordinace je důležitá pro udržení kvality a spolehlivosti sítě a ovlivňování parametrů vysílačů BS (*Base Station*) a mobilních stanic MS (*Mobile Station*).[7]

Kmitočtové pásmo sítě GSM se dle zdroje [6] dělí:

➤ Primární systém PGSM (*Primary GSM*)

- P-GSM 900

124 rádiových kanálů s šířkou pásma 200 kHz

uplink            890-915 MHz

downlink        935-960 MHz

➤ Rozšířený systém EGSM (*Extended GSM*), v současné době se používá

- E-GSM 900

174 rádiových kanálů se šířkou pásma 200 kHz

uplink            880-915 MHz

downlink        925-960 MHz

- E-GSM 1800

374 rádiových kanálů s šířkou pásma 200 kHz

uplink            1710-1785 MHz

downlink        1805-1880 MHz

- E-GSM 1900

299 rádiových kanálů s šířkou pásma 200 kHz, od r. 1995 používán v USA

uplink            1850-1910 MHz

downlink        1930-1990 MHz

- Železniční systém RGSM (Railway) je využíván v záchranných složkách, železničních drahách apod. Není komerčně využíván.[7]

Výrazem uplink rozumíme spojení mobilní stanice MS se základnovou stanicí BTS.

Výrazem downlink rozumíme spojení BTS-MS.[6]

### 3.2.2 UMTS

Nynější tzv. 3. generace mobilních systémů (3G) používá zkratku UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) a mimo přenosu hlasové komunikace je zaměřena více na přenosy datové. Navíc pracují ve vyhrazeném frekvenčním pásmu 2GHz (1710-2690 MHz) s přenosovou rychlostí až 2 Mbit/s. [7] Celkově však můžeme dle zdroje [3] říci, že zprostředkovává uživateli telefonní spojení, přenos dat a videosignálů, přístup na Internet a jiné služby. Zároveň však díky kompatibilitě sítí umožňuje uživateli mobilitu po celém světě.[60,6]

V méně obydlených oblastech využívají mobilní radiokomunikační systémy v přenosu signálu družice.[6]

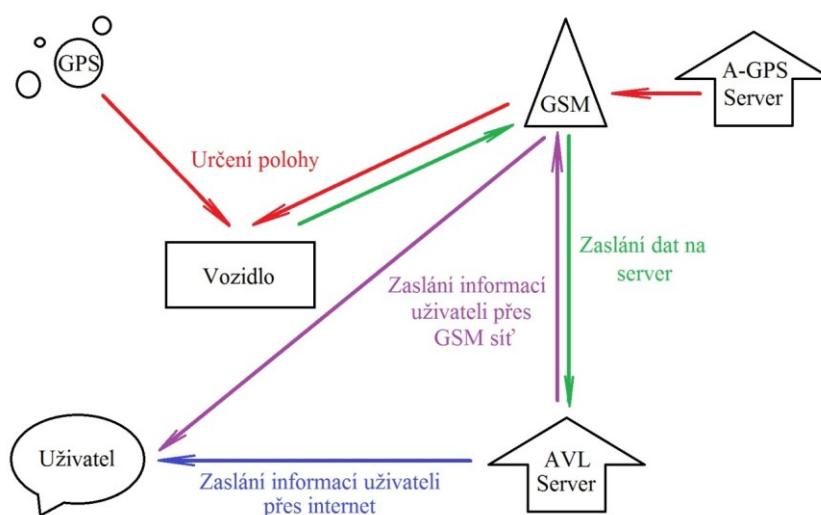
Pro ucelení celosvětového standardu IMT-2000 (*International Mobile Telecommunications for the time after year 2000*) je ustanoveno několik požadavků a cílů v mobilních telekomunikacích, jak uvádí zdroj [7]:

- Přenosová rychlost
  - do 2048kbit/s (uvnitř budov do 6km/hod),
  - do 384kbit/s (v městské zástavbě do 120km/hod),
  - do 144kbit/s (mimo město v rychlých dopravních prostředcích)
- Celosvětová mobilita
- Nezávislost na použitém rádiovém rozhraní (vícemódové MS )
- Kompatibilita technologií a sítí
- Podpora služeb s přepínáním okruhů i paketů
- Podpora multimediálních služeb v reálném čase
- Virtuální domácí prostředí (možnost využívání MS kdekoliv a kdykoliv)
- Větší spektrální účinnost
- Dostatečná flexibilita při zavádění nových služeb

### 3.3 Monitoring vozidel - AVL

Monitoring vozidel je označován za tzv. systém AVL (*Automatic Vehicle Location*). Princip celého fungování AVL je založen na několika na sobě nezávislých systémech (obr.č.14). V daném objektu (např. osobním automobilu) je namontována řídicí jednotka, která zajišťuje sběr dat z čidel, snímačů a hl. z GPS modulu. Ten pomocí družicové navigace GPS (později možná GALILEO nebo GLONASS) zasílá svoji pozici do řídicí jednotky. Ta data zašle přes síť GSM na server bezpečnostní agentury. Agentura s daty operuje a může je opět zaslat např. přes GSM síť uživateli na mobilní zařízení.

Obr.č.14 – Zjednodušený princip fungování systému AVL



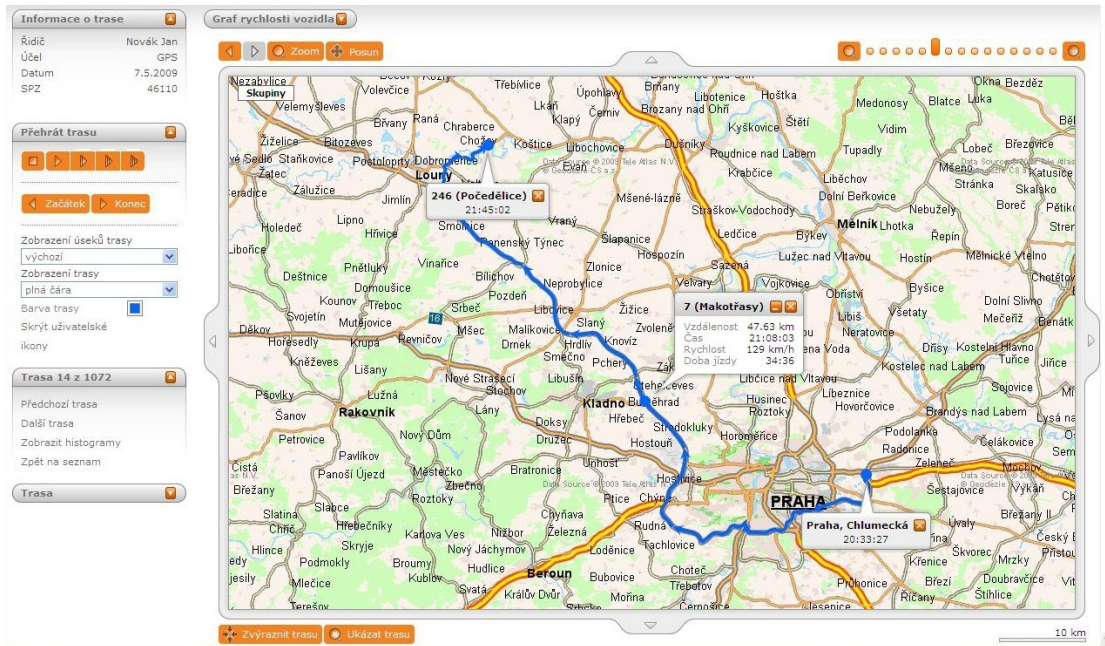
Zdroj: [16]

AVL zpravidla využívají bezpečnostní agentury a samotný monitoring provádí jak agentura, tak i soukromá osoba nebo v případě firmy/společnosti dispečerské centrum.

Výhodou pro běžné uživatele je přívětivé prostředí v podobě internetové aplikace. Ta umožňuje přístup uživateli ke svým sledovaným mobilním objektům (vozidlům). Ty jsou vyobrazeny na mapovém podkladu (obr.č.15), který je stále aktuální-využívající služeb Seznam Mapy.cz nebo Google Maps. Jednoduše lze zjistit, která vozidla jsou v pohybu, zdali se jedná o služební či soukromou jízdu (obr.č.16), stav palivové nádrže, uzamčení, teplotu uvnitř vozidla. To vše kdykoliv a z jakéhokoliv místa, kde je přístup k internetovému připojení.



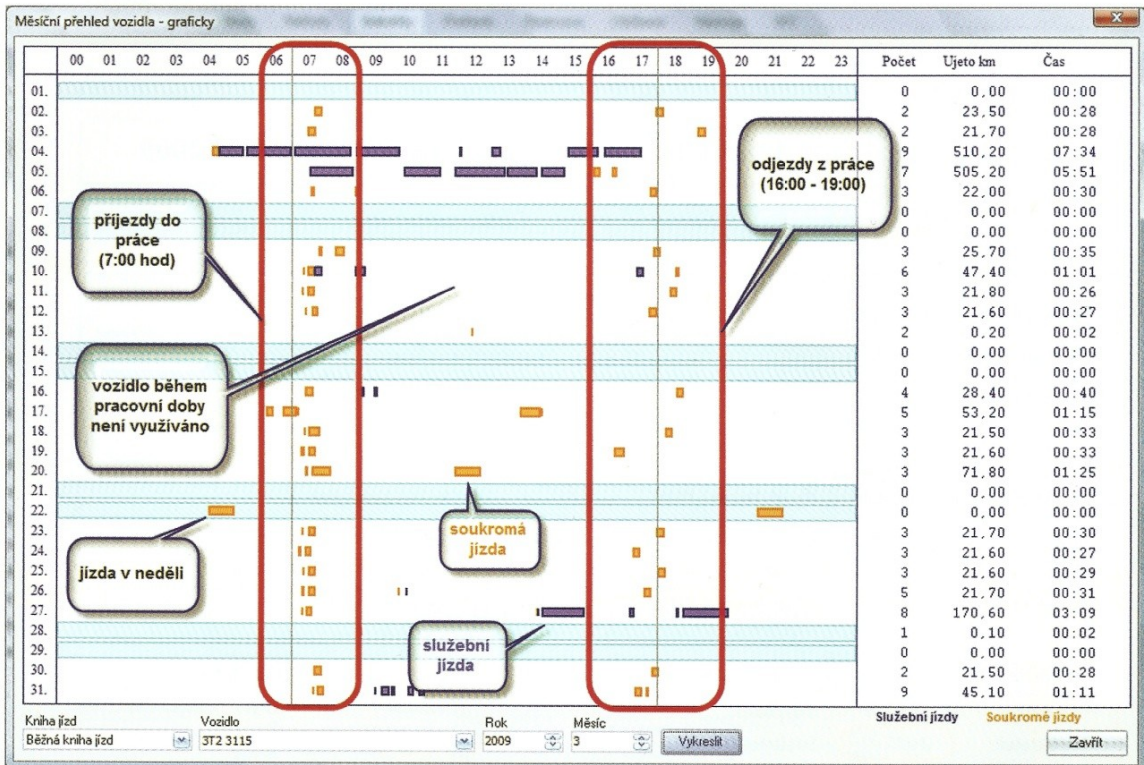
Obr.č.15 – Zobrazení jízdy vozidla na mapovém podkladu



Zdroj: [30]

Obr.č.16 – Grafické znázornění služebních a soukromých jízd jednoho vozidla

služební jízda  
 soukromá jízda  
 Šířka obdélníčku je úměrná době jízdy.



Zdroj: [15]

AVL nezabezpečuje určování polohy pro posádku vozu. Nejedná se tedy o GPS-navigaci, byť využívá ke své funkci služeb GPS a GSM. Avšak dnešní zabezpečovací firmy i tuto službu začínají zajišťovat-ovšem přes „klasickou“ GPS-navigaci.

### 3.3.1 Segmentace AVL

Samotné využívání AVL se nefixuje pouze k automobilové dopravě. Najde své využití v železniční i soukromé letecké dopravě, ochraně stavebních strojů, technologických zařízeních, dopravních značeních, mobilních semaforech či v jakémkoli mobilním objektu.

Celkově se využití AVL dá rozdělit do několika segmentačních bodů:

- Bezpečnost
- Asistence
- Monitoring

#### **Bezpečnost**

Havárie při jízdě vozidla, nehoda na parkovišti, krádež autorádia, kol, či celého vozu v podobě jeho odtažení je možné zaznamenat a odeslat do mobilního telefonu majitele vozu s informacemi o aktuální poloze vozidla a poplachovou zprávou. To vše do cca 15s. Dále pak při autonehodě lze obdobným způsobem zaslat zprávu majiteli/pověřeným osobám a uvědomit je o nehodě vozidla. Ovšem tyto informace pomohou nejen k rychlému řešení situace, ale také k případně rychlému zásahu záchranných složek k místu nehody (obr.č.18).

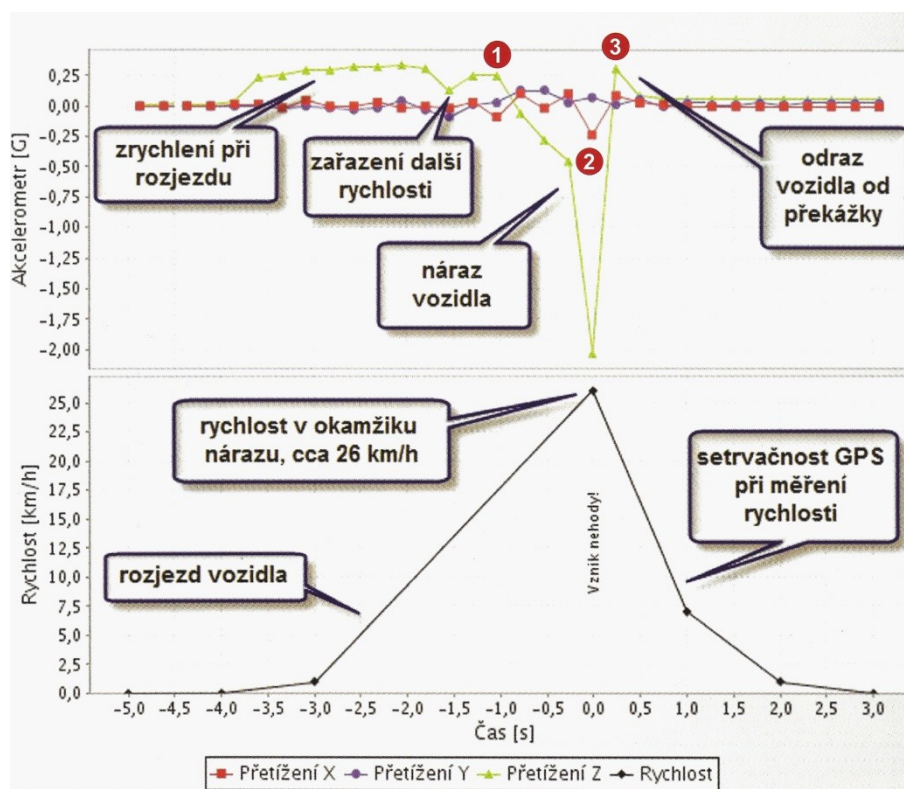
Informace o nehodě monitorovaného objektu (vozidla) a zdali je nehoda vážná může uživatel dostat v podobné formě SMS:

Objekt:	4P2 3668
Čas:	17:13:29, 8.1.2012
Rychlost:	26 km/h
Přetížení:	7,46 g
X=	4 g
Y=	1 g
Z=	6,26 g



Ve stejný okamžik jsou odeslána podrobnější data na server, kde se po připojení může zjistit detailnější informace v podobě grafu (obr.č.17). Zde je možné určit i dobu rozjezdu, která trvala 3,5s, přecházení na vyšší rychlostní stupeň atd.

Obr.č.17 – Data z nehody v podobě grafu



Zdroj: [15]

Obr.č.18 – Zobrazení místa havárie na mapovém podkladu \*



Zdroj: [15]

\*

*Pro záchranné složky lze samozřejmě využít naprosto přesné souřadnice o poloze vozidla. Mapový podklad je tedy použit pouze pro rychlejší orientaci*

## Asistence

V případě výše zmíněné autonehody, nebo poruchy vozidla je poskytována asistenční služba a následná odborná pomoc zprostředkovaná agenturou, která zabezpečuje dané vozidlo.

## Monitoring

Pro větší firmy vlastníci velký vozový park je pak výhodná možnost zajišťování tzv. Knihy jízd a celkového monitoringu jednotlivých vozidel. Vyhodnocování průměrné/okamžité spotřeby vozu, stavu vozidla. Dále pak časové záznamy užívání vozidla zaměstnanci, jejich soukromé/pracovní cesty, dodržování rychlosti a historie tras. To vede až už soukromé osobě, nebo firmě k eliminaci tzv. černých jízd a snížení nákladů za palivo, silničních poplatků atd.

Obr.č.19 – Příklad vyúčtování pracovní cesty na základě monitorování vozidla

Firma - razítko NAM system, a.s.,		<b>Cestovní příkaz</b>		Osobní číslo: Středisko: ostatní	
Číslo: TUZ/2010/2				Jméno: Novák František	
Počátek cesty 08.03.2010, 14:57, Orlová		Místo jednání Svratka		Dopravní prostředek Auto služební, SPZ: 4T8 3994	
Spolucestující: Novák Jan, Nováková Božena, Nováková Marie		Účel Služební cesta		Konec cesty 11.03.2010, 16:45, Orlová	
Záloha Kč: 0,00		vyplacena dne:		pokl. doklad číslo:	
..... podpis pokladníka		..... cestu schválil(a)			
Doplatek: 119,00		Slovy: jedinstodevatenáct			
Doklad:		Zakázka:			
..... Datum a podpis pracovníka který upravil vyúčtování		..... Datum a podpis příjemce (příkaz totožnosti)		..... Datum a podpis pokladníka	
				..... Schválil(a) (datum a podpis)	

Číslo: TUZ/2010/2		<b>Vyúčtování pracovní cesty</b>									
Jméno: Novák František											
Datum	Místo odjezdu	Čas	Důvod jízdy	Ujeto	Jídné	Ubytování	Stravné	Vedlejší	Celkové	Upraveno	
	Místo příjezdu			Úhrada			strava % (po krajině)				náklady
08.03.2010	Orlová	14:57	Služební cesta	226 km	0,00	0,00	18,30	0,00	18,30		
	Svratka	18:06		0,00			30 %				
08.03.2010	Svratka	18:28	Služební cesta	0 km	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	Svratka	18:30		0,00			0 %				
09.03.2010	Svratka	00:00		0 km	0,00	0,00	36,50	0,00	36,50		
	Svratka	00:00		0,00			25 %				
10.03.2010	Svratka	00:00		0 km	0,00	0,00	36,50	0,00	36,50		
	Svratka	00:00		0,00			25 %				
11.03.2010	Svratka	13:19	Služební cesta	91 km	0,00	0,00	27,90	0,00	27,90		
	Mohelnice - Trebovská	14:55		0,00			30 %				
11.03.2010	Mohelnice - Trebovská	15:01	Služební cesta	147 km	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	Orlová	16:45		0,00			0 %				
Celkem				0,00	0,00	0,00	119,20	0,00	119,20		
Celkem (zaokrouhleno)				0,00	0,00	0,00	119,00	0,00	119,00		
							Záloha	0,00			
							Doplatek	119,00			

Použití sazby stravného: 61, 93, 146  
Dopravní prostředek: Auto služební  
SPZ vozidla: 4T8 3994, spotřeba: 5.3, typ PHM: Motorová nafta

Prohlašuji, že jsem všechny údaje uvedl(a) úplně a správně

.....  
Datum a podpis účtovatele

.....  
Datum a podpis pracovníka  
který upravil vyúčtování

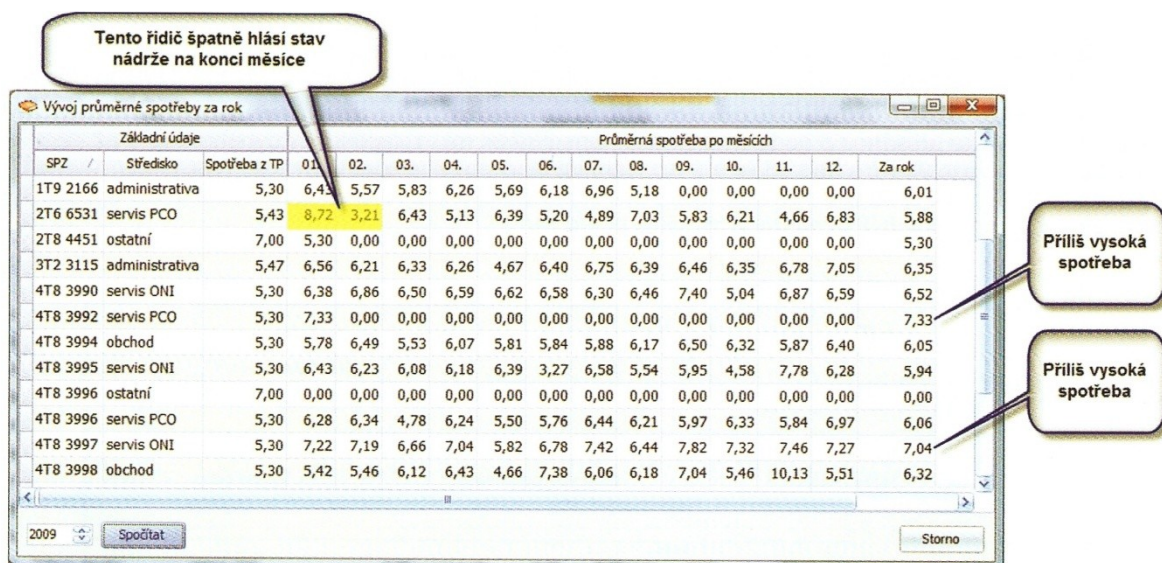
.....  
Datum a podpis příjemce  
(příkaz totožnosti)

.....  
Datum a podpis pokladníka

.....  
Schválil(a) (datum a podpis)

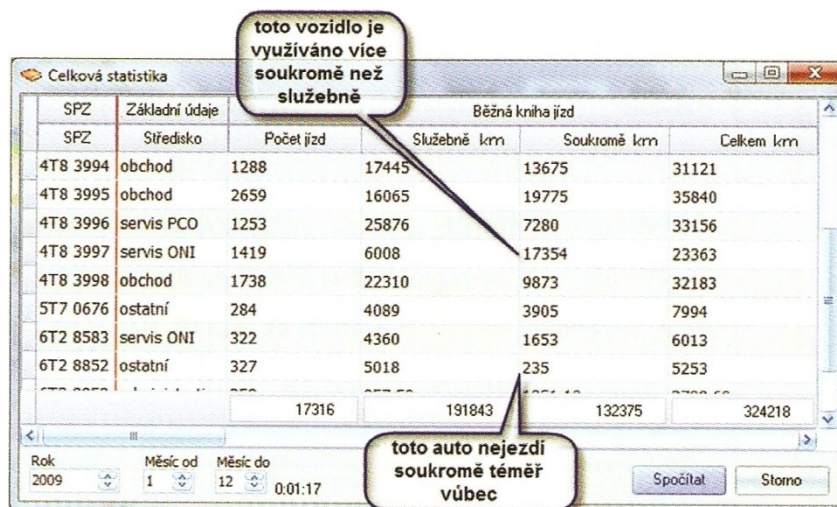
Zdroj: [15]

Obr.č.20 – Vyhodnocení průměrné spotřeby pohonných hmot za daný rok



Zdroj: [15]

Obr.č.21 – Vyobrazení najetých služebních a soukromých km za dané období



Zdroj: [15]

Vozidlo je monitorováno v časových intervalech nebo neustále a při montáži doplňkových čidel s řídicí jednotkou je možné odhalit i relativně malý náklon vozidla a zachytit jak již zmíněnou krádež kol, nebo dopravní nehodu (náraz vozidla=prudké zpomalení, přetížení, nadskočení). Je možné i diagnostikovat poruchu vozidla na dálku a zajistit tak co nejpřesnější odbornou pomoc, či ultrazvukovými snímači sledovat stav palivové nádrže atd. Tato doplňková čidla jsou tedy nezávislá na měřicích jednotkách vozu. [15]

### 3.3.2 Složení AVL

- Sledovací jednotka (montuje se do vozidla)
  - GPS modul (sledování polohy)
  - GSM modul (přenos dat pomocí technologie GPRS)
  - SIM karta
  - Vnitřní paměť (pro ukládání historie dat v případě ztráty GSM signálu)
  - Montáž dalších příslušenství
    - Náklonové, či jiné čidlo
    - Záložní baterie
    - RF ID čtečka (pro identifikaci řidiče)
- Přístup na mapový portál [26]

### 3.3.3 Souhrn využití AVL

- Zjištění polohy a trasy
- Evidence pomocí elektronické knihy jízd
- Kompletní záznam provozu
- Sledování firemního autoparku, kamionové dopravy včetně návěsů, stavebních a manipulačních strojů
- Komunikace dispečinku s vozidlem
- Routing a optimalizace tras
- Sledování zaměstnanců-výkony řidičů a obslužného personálu
- Sledování stavu paliva ve vozidlech
- Sledování rychlosti
- Monitorování a upravování služebních a soukromých jízd [26,27]

Existuje několik služeb monitoringu poskytovaných firmami:

- Tracking
- Monitoring
- Fleet management
- Fleet Controlling

### **Tracking**

Jedná se o nejjednodušší možnost sledování. Jde o sledování vozidla v režimech klid/pohyb a soukromá/pracovní jízda. Jedná se o monitorování pouze těchto stavů offline. Offline proto, protože data nejsou zasílána okamžitě, ale ukládají se na USB/SD nosič dat, který je po jízdě přehrán do knihy jízd.

### **Monitoring**

Umožňuje online sledování. Jednotka ve vozidle je propojena s CAN/FMS sběrnici vozidla a umožňuje tak sběr dat typu akcelerace/decelerace, otáčky a stav motoru. Je tedy možné sledovat stav vozidla a styl jízdy.

### **Fleet management**

Zde je použita výpočetní a komunikační technika se sérií čidel, která zajišťují navigační, komunikační a informační podporu pro řidiče. Dá se monitorovat stav zavřené/otevřené dveře, vnitřní teplota atd.

### **Fleet controlling**

Je nejvyšší možnost plánování, řízení a kontrolu aktivit vozového parku. Při propojení na informační systémy dopravy je možné se vyhnout kolonám, navrhnout neplánované změny trasy, zastávky, cíle. Dále obsahuje optimalizaci tras, zajišťování agendy pro správu vozového parku (účetní/legislativní) a možnost komunikace s řidičem/operátorem.[29]

#### **3.3.4 Nevýhody a možnosti zneužití systému AVL**

Monitorování vozidel má velmi málo nevýhod. Nejedná se o složité zařízení, ovšem co se týče technické stránky, tak zde např. mohou být problémy v některých typech vozidel, kdy se s vypnutím zapalování vypne i okruh napájení automobilu a aplikace nemá dostatečný čas, aby vyhodnotila stání jako konec jízdy. Při náhlém vypnutí proudu, tak v mapě i v knize jízd, zůstává tato jízda jako neukončená. Některá moderní vozidla vyšší kategorie, nebo v nekuřácké úpravě nemají zapalovač vůbec. Doporučuje se tedy, aby celá jednotka byla napájena přímo z okruhu autobaterie.



Další (pro zaměstnance-monitorované osoby je spíše hlavní) stránkou nevýhod, je stránka morální. Zde je možnost zneužití poměrně vysoká. Zaměstnavatel využívající služeb monitoringu má v případě sledování i soukromých jízd možnost se dostat k podrobným informacím o svých zaměstnancích. Řidič automobilu i jeho spolujezdec/spolujezdci se mohou bez svého souhlasu stát objektem sledování. Zákon však tuto možnost nezakazuje, protože žádný zákon na tuto problematiku neexistuje. S kombinací jiných monitorovacích prostředků (kamery, mýtné brány) se riziko zneužití soukromí osob navíc zvyšuje.[28,29]

### 3.4 Objektově orientované programování

Přes několik desítek let přetrvává tzv. softwarová krize, kde hardware je mnohem vyspělejší než samotné programy, které „na něm“ pracují. Vzniká tak Sémantická mezera. Doposud se nepodařilo tvořit software, který by byl 100% využitelný uživatelem a byl bez chyb. Pouze 2% programů se použije tak, jak byly vytvořeny, 20% se musí přepracovávat a 50% uživatel (zákazník) nikdy nepoužije. Výroba SW je těžkopádná, SW obsahuje i ve finální podobě chyby, je nestabilní a je velmi obtížné ho odladit. Samotné odladění programu je velmi nákladné. Kvůli těmto problémům se programátoři snaží přijít na elegantnější řešení. Jedním z takovýchto řešení je právě Objektově orientované programování OOP (*Object-Oriented Programming*).

Objektově orientované programování vychází z principu rozpracovávání opakovaně použitelných modulů do formy objektů. Pokud chceme od nějakého objektu vědět nějakou jeho informaci, zašleme mu tzv. zprávu. Musíme ovšem vědět na co přesně se chceme daného objektu zeptat, aby danou informaci věděl. Vznikne nám tak omezená množina zpráv- protokol.

#### Objekt

Je nedělitelná složka obsahující data, vlastnosti a popis chování, které lze na data aplikovat. Objekt může být jakákoli hmotná i nehmotná entita. Objekty jsou mezi sebou navzájem propojeny vazbami. Objekt může obsahovat metody.[11,12]

## **Zpráva**

Je dotaz zaslaný objektu. Objekt na něj zpravidla reaguje.

## **Protokol**

Je množina zpráv, kterou můžeme danému objektu zaslat.

## **Třída objektů**

Jsou objekty, které obsahují stejnou strukturu dat patřící jinému objektu. Samotná třída je objektem a obsahuje tak objekty, které jsou spojeny právě objektem třídy. Objekty, které jsou obsaženy v jedné společné třídě a mají stejné metody a protokoly.

## **Instance třídy**

Je každý objekt patřící do jedné třídy objektů.

## **Metoda**

Operace obsaženy v jednotlivých objektech, které lze volat.

Právě metody jsou jedny z hlavních výhod OOP. V případě statického údaje je metoda prakticky zbytečná. Ovšem u proměnné nabývá na významu. Např. chceme zjistit stáří objektu *Auto*. V případě, že by objekt *Auto* měl obsažen v sobě informaci 5let, nebyla by to za další rok pravda a tato informace by se musela v objektu *Auto* složitě a zbytečně neustále aktualizovat. Avšak metoda bude obsahovat metodu pro výpočet stáří. Bude se proto jmenovat např. *StáříAuto*. Bude tedy obsahovat datum vyrobení auta a bude se porovnávat (odečítat) s datem (rokem) aktuálním. Vznikne nám tedy neustále aktuální informace *StariAuto* kdykoli se na tuto informaci zeptáme objektu *Auto*.

## **UML**

Aby šlo jednotlivý model OOP dobře vyjádřit, využívá se tzv. UML (*Unified Modelling Language*). UML je prakticky obecnější jazyk pro programování a lze s ním zapsat každý objektově orientovaný model.[11,12]

## 4 Vlastní práce

### 4.1 Úvod do praktické části

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout software v OOP (v programovacím jazyku Smalltalk), který by zjišťoval, zda vozidlo, které projelo oblastí s rychlostním omezením, přesáhlo rychlostní omezení, či nikoli.

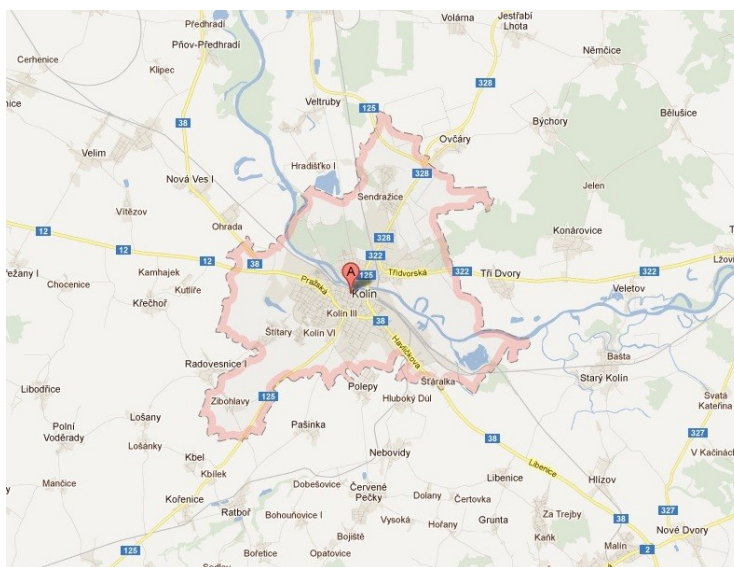
Původně bylo plánováno využít reálná data z GPS modulu a vytvořit aplikaci v prostředí VisualWorks. Ovšem snaha ztroskotala na dodaných neúplných datech, syntaktickou chybou v datovém souboru (jiné UTF kódování) a vysokou nepřehledností dat v datovém souboru (přes 1mil. slov). Proto bylo rozhodnuto vytvořit ukázkou softwaru v prostředí Daskalos. Daskalos je zdarma dostupná samostatná část systému VisualWorks (Smalltalk version 7.4).

### 4.2 Představení situace

#### Lokalita

Trasa byla zvolena náhodně. S přihlédnutím na počet zón při segmentaci oblastí bylo vhodné vybrat menší město. Zvolena byla tedy oblast města Kolín.

Obr.č.22 – Použitá oblast pro názornou ukázkou SW



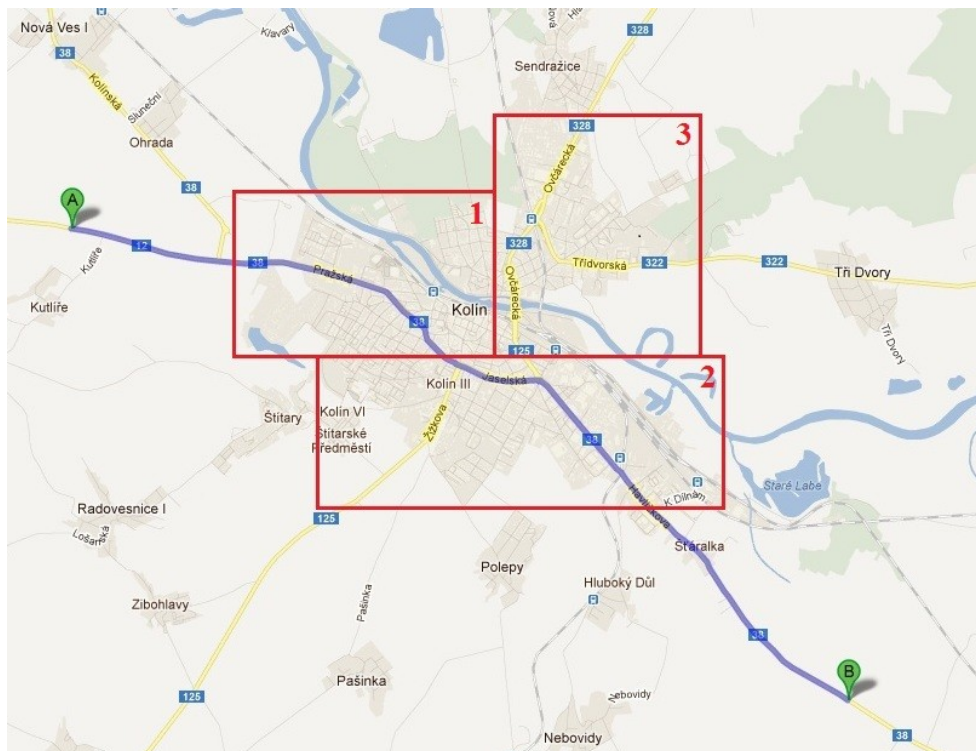
Zdroj: autor BP



### Segmentace oblasti – problematika tvaru a počtu zón

Oblast, ve které je rychlostní omezení je třeba definovat. Definice oblasti by měla být co nejpřesnější, ovšem s ohledem na výpočetní složitost. Při použití n-úhelníku nastal problém jeho definování v případě použití třídy „Polygon“. Tato třída je pravděpodobně určena pro grafické operace s objektem a nepodařilo se ji tedy využít pro účel definice zóny. V případě čistě matematického definování n-úhelníku a matematického určování procházení oblasti bylo velmi obtížné takovou situaci realizovat vzhledem k nekonečně možnostem směru narušení n-úhelníku. Výpočet by byl výpočetně náročný, složitý a pro tento způsob nevhodný. Je třeba si uvědomit, že oblastí (např. v ČR) by bylo velmi mnoho resp. bylo by zapotřebí využít celou síť zón pro celou Českou republiku. V praxi by se segmentovala veškerá rychlostní omezení. Tedy obce, města, dálnice, speciální úseky atd. Interpretace zón musí být tedy výpočetně efektivní vzhledem k jejich počtu. Proto je ideální použít zónování ve tvaru obdélníků (čtverců) v řádech km<sup>2</sup>, které by byly pro definici oblasti dostačující. V tomto případě jsou použity 3 zóny, které tvoří jednu oblast. Celá oblast má definováno právě jedno rychlostní omezení a to 50 km/hod. Obdélníkové zóny jsou definovány pomocí třídy „Rectangle“ a jsou uloženy v kolekci typu „List“.

Obr.č.23 – Segmentace oblasti Kolína s počátečním a cílovým záznamem trasy

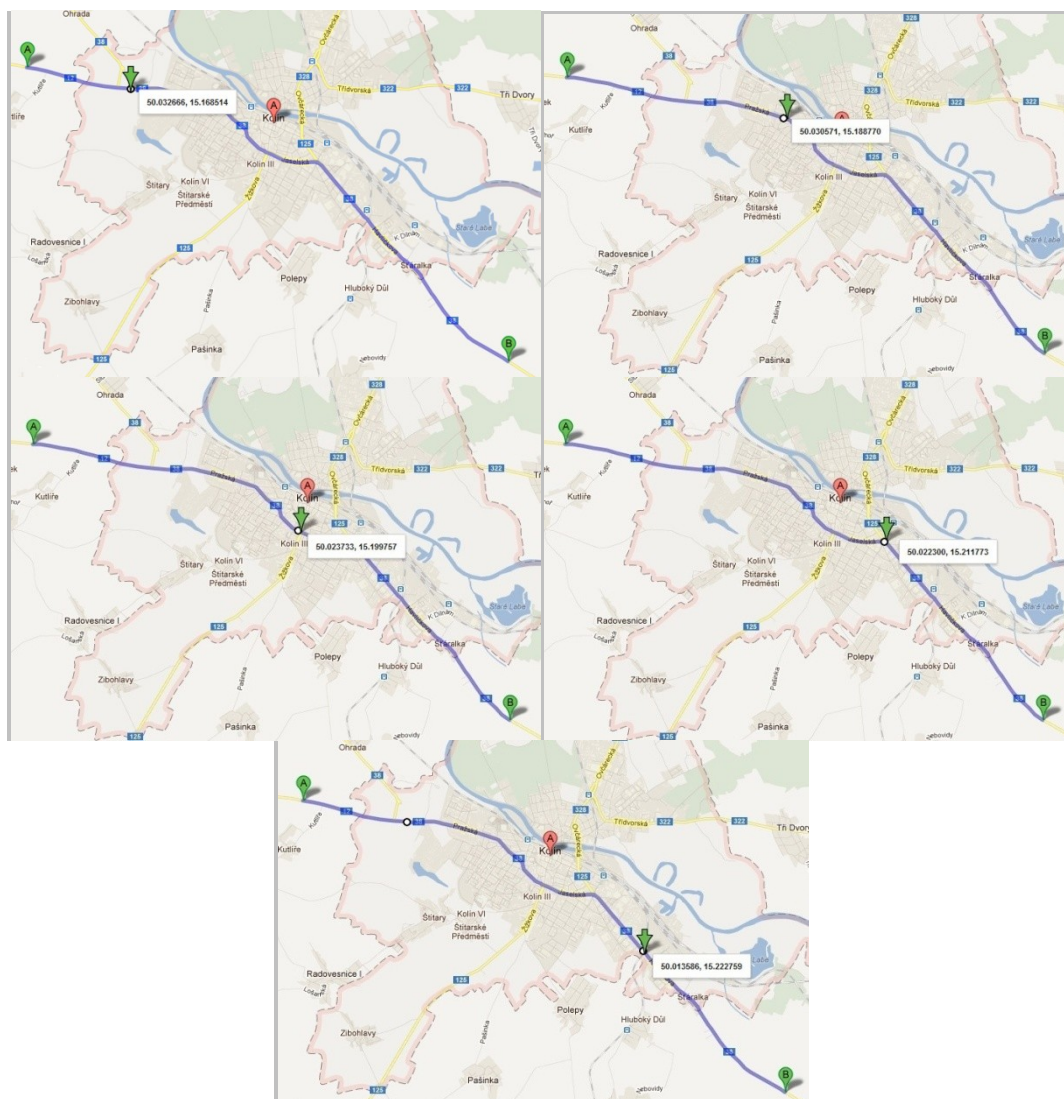


Zdroj: autor BP

## Popis trasy – problematika hustoty záznamů pozic

Trasa vozidla započala v „severozápadním“ rohu v bodě A (souřadnice 50,036194; 15,145683) a pokračuje směrem „jihovýchodním“ k bodu B (souřadnice 49,993174; 15,254860). V praxi by byl bod A roven počáteční a bod B cílové destinaci. Pro názornou ukázkou principu však je použito pouze části trasy. Mezi bodem A a B je navrženo dalších 5 záznamů trasy. Záznamů bylo použito tedy celkem 7. Je počítáno s měřením tras dlouhých stovky km např. u přepravních TIR společností. Pro přesnost výpočtu takto zvolený rozsah měření plně dostačuje. Navíc datový soubor nesoucí data z GPS nemusí být díky nižší hustotě (menšímu počtu) záznamů tak rozsáhlý.

Obr.č.24 – Trasa s jednotlivými záznamy pozic



Zdroj: autor BP

## Způsob a přesnost výpočtu

Pro ukázkou, kdy vozidlo překročilo a kdy dodrželo rychlostní limit, bylo použito dvou vozidel, která mají stejné body trasy, avšak v odlišném časovém rozmezí. V praxi by byly rozdílné i body trasy. V tomto případě je možné si představit to samé vozidlo, které projelo tu samou trasu, avšak rozdílnou rychlostí. Proto bylo v této praktické části BP jednáno o jednom vozidle.

Software zjišťuje celkovou průměrnou rychlost. Tím se uvažuje průměrná rychlost celé trasy-tedy od počátečního bodu A do cílového bodu B. A také zjišťuje průměrnou rychlost v oblasti, které vozidlo projelo. SW testuje každou pozici, zda není obsažena v nějaké oblasti. Pokud k tomu dojde, testuje následující pozice, která nebude součástí oblasti. V případě nalezení takovéto pozice si algoritmus zaznamená poslední pozici, která byla v zóně obsažena. Tím vznikne první a poslední pozice, které jsou obsaženy v oblasti (oblast může být definována n-zónami). Jednotlivé pozice jsou v SW uloženy v kolekci typu „List“. Čili tak jak jsou zaznamenávány jednotlivé pozice, tak v takovém pořadí jsou uloženy v kolekci. Kolekce „List“ také umožňuje duplikaci dat (vhodné v případě zastavení vozidla). Časové záznamy o údajích zaznamenané pozice jsou také uloženy v kolekci typu „List“. Tím získáme tedy přesné pozice času, ve kterém byly souřadnice pozic zaznamenány. Následuje pak výpočet:

- první zaznamenaná souřadnicová pozice v oblasti =  $s_1$
- poslední zaznamenaná souřadnicová pozice v oblasti =  $s_2$

kde  $s_1$  a  $s_2$  je nutné převést ze souřadnicových jednotek stupňového formátu na vzdálenost v jednotkách [m] pro zeměpisnou šířku/délku ČR (obě souřadnice \* 100000) a následně je převést na radiány.

- čas záznamu  $s_1 = t_1$
- čas záznamu  $s_2 = t_2$

průměrná rychlost vozidla v oblasti  $v_1 = \frac{|s_1 - s_2| * 3,6}{|t_1 - t_2|}$ .

Roznásobení hodnotou 3,6 je dána převodem z jednotek [m/s] na jednotky [km/hod].

Jedná se tedy o výpočet průměrné rychlosti nejkratší „vzdušné“ vzdálenosti. Při uvažování projetí vozidla oblastí přímo a vhodnému rozmístění zón nepřekračujících rozlohu jednotek  $\text{km}^2$ , je tento způsob výpočtu dostačující.

### 4.3 Návrh vlastního SW v systému Daskalos

Tento SW projekt má řešit zpětně dohledatelné informace o jízdě vozidla, resp. jeho rychlosti v oblastech s rychlostním omezením, které vozidlo při své cestě projelo. V tomto případě se jedná o vozidla typu TIR (vozidla, která urazí větší vzdálenosti) a pro oblast České republiky (pro správnou úhlovou vzdálenost a časové pásmo).

Předpokládá se, že vozidlo má namontován GPS přijímač a informace o své poloze jsou ukládány do databáze. Databáze má uloženy také údaje o oblastech s rychlostním omezením. V případě narušení jednoho z X-oblastních zón se spustí algoritmus zjišťující celkovou vzdálenost a čas při projetí jednoho typu oblastní zóny. Z těchto údajů je pak vypočítána průměrná rychlost vozidla a její porovnání s rychlostním omezením příslušné oblasti.

Oblast může být tvořena (jako v tomto případě) městem, obcí, dálnicí, nebo jakoukoli oblastí omezující maximální rychlost vozidla. Každá oblast může být tvořena jednou, či více zónami. V databázi jsou mimo souřadnic a jejich času měření také důležité údaje o vozidle a řidiči. Je to z toho důvodu, aby byla data plně transparentní v případě dohledání prohřešku.

Jednotky udávající rychlost vozidla jsou udávány v [km/hod]. V případě překročení rychlosti vrací systém hodnotu TRUE, jinak vrací hodnotu FALSE.

#### 4.3.1 Zpracování dat

Zde nastal problém s použitím různých formátů zápisu souřadnic a času. Zároveň však použít takový typ formátu v co nejjednodušší formě pro programování.

##### Souřadnicový systém

Data z GPS přijímače, umístěného ve vozidle mohou být v různých typech formátu. Nejčastěji se využívá formátu ve stupních a minutách (DD MM.mmm). Převod na ostatní formáty vychází z principu, že  $1^\circ=60'$  a  $1'=60''$  (jeden stupeň má 60 minut a jedna minuta má 60 sekund). Dále písmeno N (north) značí severní šířku a písmeno E (east) východní délku.

V této praktické části BP bylo využito formátu Stupňového (DD.ddddddd), jelikož umožňuje snadnější zápis v programovacím jazyku Smalltalk.

Existují tři typy zápisu v:

- Stupních - formátu DD.ddddddd  
(např. 50.0232258N, 15.2027039E)
- Stupních a minutách - formátu DD MM.mmm  
(např. N 50° 1.39355', E 15° 12.16223')
- Stupních, minutách a vteřinách – formátu DD MM SS.sss  
(např. 50°1'23.613"N, 15°12'9.734"E)

Další důležitá informace je ta, že se v zápisu využívá často desetinné tečky. Desetinná tečka je přebírána z anglického formátu. V jazyku Smalltalk je také použito desetinné tečky, proto tento způsob zápisu je použit i v této praktické části BP.

Vzhledem k použití v naší zeměpisné šířce/délce (v České republice), reprezentuje 1" vzdálenost cca 30m/20m. V případě použití formátu ve stupních toto odpovídá jedné stotisícině stupně vzdálenosti cca 1m. S touto hodnotou bylo počítáno i v navrhnutém SW.

### Časový systém

GPST neboli GPS-Time je vyjádřen pořadovým číslem týdne od započetí nastavení času GPST (to je 6. 1. 1980) a počtem sekund, které uplynuly od půlnoci ze soboty na neděli (čas UTC).

GPS-časový údaj o 20. 3. 2012; 22:29:19 je reprezentován číslem: 1680.250160, kde číslo 1680 je číslo týdne. Časový formát byl vybrán vzhledem k zaokrouhlování systému Daskalos jako samotný počet sekund od daného týdne. Ten je uveden zvlášť, stejně jako datum a rok. V případě použití pro časové pásmo v České republice (UTC+1), je přičítána jedna hodina.

Tedy:

- Vozidlo I vyjelo z bodu A 20. 3. 2012 v 22:29:19 a do bodu B dorazilo 20. 3. 2012 v 22:38:00 času pro Českou republiku (UTC+1), resp. 21:29:19 a 21:38:00 času UTC.

- Vozidlo II vyjelo z bodu A 21. 3. 2012 v 09:52:00 a do bodu B dorazilo 21. 3. 2012 v 10:02:30 času pro Českou republiku (UTC+1), resp. 08:52:00 a 09:02:30 času UTC.

### 4.3.2 Použitá data

Následující tabulky reprezentují, jaká data byla při tvorbě SW použita:

Tab.č.3 – Data získána z GPS přijímače reprezentující záznam trasy vozidla

Pozice vozidla	GPS souřadnice [DD.ddddd°N, DD.ddddd°E]	GPS čas [s] (1680. týden)	
		Vozidlo I	Vozidlo II
A	50.036194, 15.145683	250160	291120
1	50.032666, 15.168514	250246	291225
2	50.030571, 15.188770	250332	291330
3	50.023733, 15.199757	250418	291435
4	50.022300, 15.211773	250504	291540
5	50.013586, 15.222759	250590	291645
B	49.993174, 15.254860	250680	291750

Zdroj: autor BP

Tab.č.4 – Souřadnice definující jednotlivé zóny

Č. zóny	Souřadnice pro levý spodní roh [DD.ddddd°N; DD.ddddd°E]	Souřadnice pro pravý horní roh [DD.ddddd°N; DD.ddddd°E]
1	50.024064; 15.166798	50.039722; 15.205164
2	50.010607; 15.178814	50.024064; 15.238724
3	50.024064; 15.166798	50.046447; 15.234604

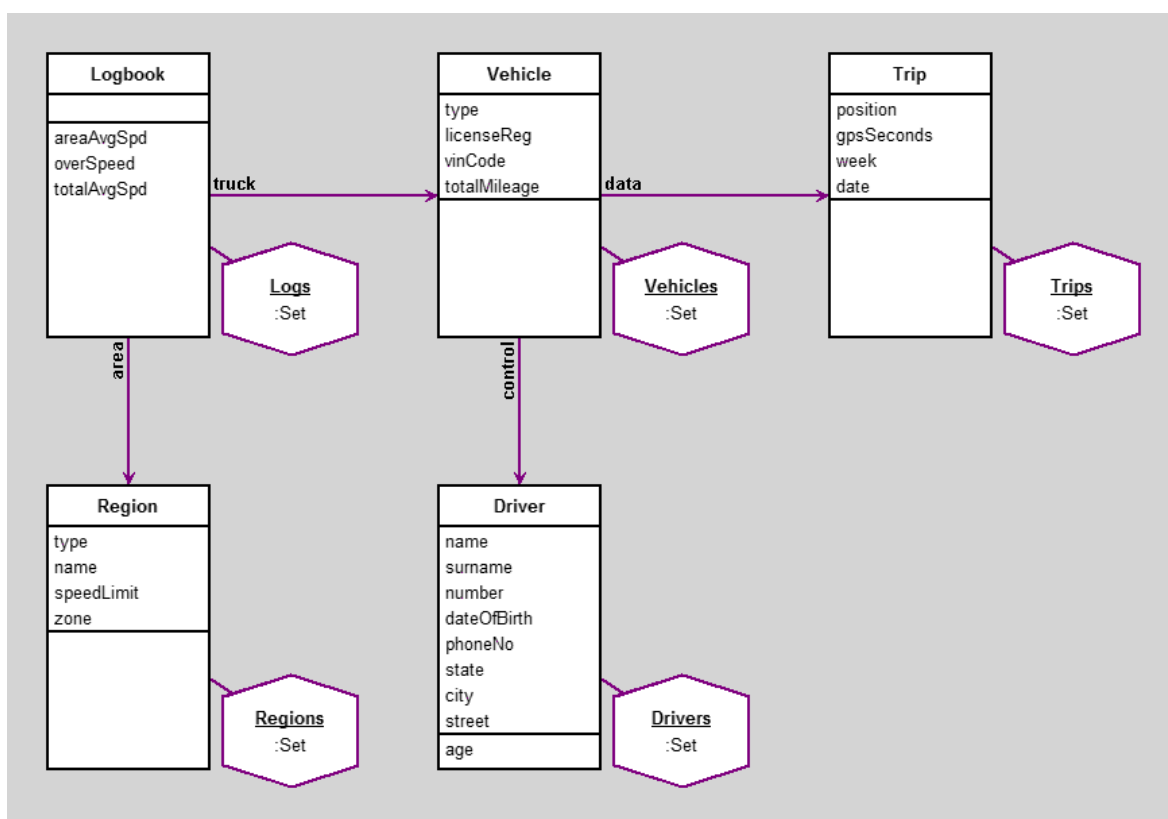
Zdroj: autor BP

Třídy Vehicle a Driver jsou naplněny náhodnými daty neovlivňující chod a výsledek programu. Jsou pouze informativního charakteru. Třída Vehicle obsahuje dvojici fiktivních TIR vozidel a třída Driver dvojici fiktivních řidičů (každý řidič řídí právě jedno vozidlo). Třída Region obsahuje vyjma definice zón taky název a typ oblasti a číslovku rychlostního omezení.

### 4.3.3 Popis struktury navrhnutého SW

Struktura navrhnutého SW je založena na pěti třídách. Třídy jsou navzájem propojeny, tak jak je uvedeno (obr.č.25). Tříd by mohlo existovat mnohem více, ale zde jsou uvedeny pouze ty třídy, které jsou datově/výpočtově (třídy Logbook, Region a Trip), či informativně důležité (Vehicle a Driver). Informativní třídy jsou důležité k principu funkce SW-dohledání příslušného vozidla a řidiče, který v tu chvíli dané vozidlo řídil.

Obr.č.25 – Diagram tříd



Zdroj: Autor BP

#### Popis tříd a jejich metod

##### ➤ Logbook

Toto je třída, která implementuje objekty typu Logbook. Jedná se prakticky o "Knihu jízd". Obsahuje data z GPS vozidla, údaje o vozidle, řidiči a oblasti s rychlostním omezením.

### Metody:

- „totalAvgSpd“ - vypočítává celkovou průměrnou rychlost vozidla. Dráha je tvořena krajními body (počátkem a koncem měření), stejně tak jako doba jízdy.
- „areaAvgSpd“ - zjišťuje narušení jedné z x-možných zón v dané oblasti. Pokud k tomuto dojde, je souřadnice uložena s hodnotou času jejího záznamu. Tento bod je roven prvnímu bodu zaznamenanému bodu v oblasti. Dále se zjišťuje, kdy vozidlo opustilo danou oblast. Bod opuštění oblasti/zóny je roven poslednímu zaznamenanému bodu v oblasti. Ze souřadnic se pak vypočítá vzdušná vzdálenost a ze zaznamenaných časů doby trvání jízdy v oblasti. Následně je vypočtena průměrná rychlost vozidla.
- „overSpeed“ - vrací hodnotu TRUE pokud dojde k překročení maximální povolené rychlosti. Resp. průměrná rychlost v oblasti byla vyšší než maximální povolená rychlost dané oblasti. Jinak vrací hodnotu FALSE. Metoda „overSpeed“ je celkovým výsledkem aplikace.

#### ➤ Region

Toto je třída, která implementuje objekty typu Region. Obsahuje název oblasti, typ oblasti (město, dálnice, či jiné rychlostní omezení), rychlostní omezení v jednotkách [km/hod] a seznam zón, které tvoří danou oblast. Zóny jsou definovány jako obdélníky, které jsou evidovány ve stejném souřadnicovém formátu jako souřadnice vozidla. Přesněji: jsou definovány počátečním (levý dolní roh) a koncovým (pravý horní roh) bodem pomocí třídy „Rectangle“. Každá oblast-region může být definována právě jednou, či více zónami.

#### ➤ Vehicle

Toto je třída, která implementuje objekty typu Vehicle, čili všech vozidel TIR. Jsou zde uvedeny data o typu vozidla, VIN kódu, SPZ, orientačně celkově najetých km před záznamem trasy a jeho řidiči, který v době záznamu trasy vozidlo řídil.



➤ Driver

Toto je třída, která implementuje objekty typu Driver, čili všech řidičů vozidel, které má firma k dispozici. Jsou zde uvedeny jejich jména, datum narození, adresy trvalého bydliště a jednotlivé kontakty na ně.

Metody:

- „age“ – zjišťuje věk řidiče dle aktuálního data.

➤ Trip

Toto je třída, která implementuje objekty typu Trip. Jsou v ní obsazeny data z GPS přijímače umístěného ve vozidle. Data se do systému zasílají pomocí GSM/UMTS sítě anebo jsou stažena přes rozhraní např. typu USB. Data tvoří souřadnice jdoucí za sebou, tak jak jsou zaznamenávána ve stupňovém formátu DD.DDDDD°. Dále pak obsahuje GPS čas v jednotkách sekund, číslo týdne a datum. Ukládané souřadnice i čas korespondují na stejné uložené pozici, ve které jsou pořízeny, obojí v kolekci typu „List“.

#### 4.3.4 Zdrojové kódy metod

➤ **age**

$\wedge((\text{Date today subtractDate: self dateOfBirth}) / 365.2422)$  truncated

➤ **overSpeed**

$\wedge\text{self areaAvgSpd} > \text{area speedLimit}$

➤ **totalAvgSpd**

| a p s t |

a := 100000 @ 100000.

p := truck data position size.

s := ((truck data position at: 1) \* a - ((truck data position at: p) \* a)) r abs.

t := ((truck data gpsSeconds at: 1) - (truck data gpsSeconds at: p)) abs.

$\wedge s * 3.6 / t$

➤ **areaAvgSpd**

| n m a p r s t inPosition outPosition inTime outTime |

n := 1.

m := 1.

a := 100000 @ 100000.

p := truck data position size.

r := area zone size.

p timesRepeat:

[r timesRepeat:

[((area zone at: m) containsPoint: (truck data position at: n))

ifTrue:

[inPosition := truck data position at: n.

inTime := truck data gpsSeconds at: n.

n := 1.

m := 1.

p timesRepeat:

[r timesRepeat:

[((area zone at: m) containsPoint: (truck data position at: n))

ifTrue:

[outPosition := truck data position at: n.

outTime := truck data gpsSeconds at: n]

iffalse: [m := m + 1]].

n := n + 1.

m := 1].

s := (inPosition \* a - (outPosition \* a)) r abs.

t := (inTime - outTime) abs.

$s * 3.6 / t$

iffalse: [m := m + 1]].

n := n + 1.

m := 1]

## 5 Zhodnocení výsledků

V praktické části této BP se úspěšně dosáhlo funkční ukázky dané situace monitorování vozidel. Aplikace je navržena tak, aby nebyla závislá na konkrétní číselnou interpretaci dat. Je tedy možné použít různě rozsáhlá data s různými hodnotami atributů objektů. Při použití dědičnosti a polymorfismu je možné danou aplikaci bezpečně rozšířit o „neomezeně“ tříd a tak shromažďovat a vyhodnocovat mnohem více údajů. Pokud by byla vyhodnocená data příliš nepřesná, je možné definovat početnější síť zón menších rozměrů.

Nevýhodou aplikace je její omezení na zeměpisnou šířku/délku, ve které by byla trasa měřena. Proto by bylo nejvhodnější vytvořit novou metodu, která by tuto problematiku řešila.

## 6 Závěr

Monitoringem vozidel se docílí efektivní možnosti kontroly nad plánováním tras, sledováním aktuálního stavu vozidla v průběhu jízdy či zpětného dohledání a analyzování všech důležitých dat. V případě stání vozidla se zajišťuje i jeho bezpečnost. Při použití ve firmě se tím dají velmi efektivně snížit náklady (v příp. zabezpečení i nutné výdaje) a zároveň efektivně využít vozový park a zaměstnance. Monitoring vozidel navíc prakticky anuluje možnost černých jízd. Otázkou stále zůstává stránka morální vzhledem ke sledování pohybu vozidel, ale zároveň i zaměstnanců jako osob. V případě monitorování soukromých jízd i jejich známých. Samotné monitorování by mělo probíhat se souhlasem všech osob v monitorovaném vozidle. Služby monitoringu může využít i samotná fyzická osoba a zabezpečit si tak své vozidlo. To se v případě dražšího vozu jedná jako jedno z nejlepších možných zabezpečení (kontroly nad svým majetkem) na trhu.

S kombinací využití objektově orientovaného software se dosáhne pružné a stabilní aplikace, která je schopna se lehce modifikovat na různé typy situace podle požadavků zákazníka. Nespornou výhodou je tedy možnost využití např. zapouzdření, dědičnosti či polymorfismu.

Díky dlouhodobě provozem prověřeným systémům, na kterých je samotný monitoring vozidel postaven, se jedná o velmi stabilní a pro mnohé velice efektivní službu s prakticky oblastně i časově neomezenou dostupností.

## 7 Seznam použitých zdrojů

- [1] HRDINA, Zdeněk. *Rádiové určování polohy: Družicový systém GPS*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999, 259 s. ISBN 80-010-1386-3.
- [2] MERVART, Leoš. *Globální polohový systém*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1994, 110 s. ISBN 80-010-1221-2.
- [3] VODRÁŽKA, Jiří a Ivan PRAVDA. *Principy telekomunikačních systémů*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, 2006, 130 s. ISBN 80-010-3366-X.
- [4] BRADÁČ, Jindřich. *Satelitní technika populárně*. Vyd. 1. Praha: Grada Publishing, 2005, 233 s. ISBN 80-85623-97-8.
- [5] MARAL, Gérard a Michel BOUSQUET. *Satellite communications systems: systems, techniques and technology*. 4th ed. Chichester: Wiley, c2002, 757 s. ISBN 04-714-9654-5.
- [6] HANUS, Stanislav. *Bezdrátové a mobilní komunikace*. Vyd. 1. Brno: VUT, 2001, 134 s. ISBN 80-214-1833-8.
- [7] HANUS, Stanislav. *Bezdrátové a mobilní komunikace II*. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické, 2005, 171 s. ISBN 80-214-2817-1.
- [8] FARES, Alex. *GSM-Base station subsystem engineering*. Booksurge Llc, 2008, 739 s. ISBN 1-4196-0221-7.
- [9] PECHAČ, Pavel. *Šíření vln v zástavbě*. Vyd. 1. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 233 s. ISBN 80-730-0186-1.
- [10] KREJČIŘÍK, Alexandr. *SMS: střežení a ovládání objektů pomocí mobilu a SMS : GSM pagery a alarmy : princip použití, návody, příklady*. Vyd. 1. Praha: BEN - technická literatura, 1994, 303 s. ISBN 80-730-0082-2.
- [11] MERUNKA, Vojtěch. *Objektové modelování*. Vyd. 1. Praha: Alfa Nakladatelství, 2008, 197 s. ISBN 978-80-87197-04-2.
- [12] KOKEŠ, Vojtěch. *Objektově orientované programování*. Vyd. 1. Praha: Alfa Nakladatelství, 2008, 197 s. ISBN 80-01-03083-0.
- [13] DVOŘÁK, Pavel. *Radiokomunikace 2010*. Sborník přednášek, 284 s. Pardubice 2010.
- [14] VEŘTÁT, Ivo. *Lokalizace s užitím GPS a GSM*, Diplomová práce, ZČU FEL, Plzeň 2004, Vedoucí diplomové práce: Jiří Masopust.

- [15] *ONI system, GPS monitoring vozidel: katalog 2011 / NAM system 2011.*
- [16] *ONI system, GPS monitoring vozidel: katalog 2012 / NAM system 2012.* [online] [cit. 2011-12-15]. Dostupný z www: <<http://www.onisystem.cz/katalog/>>
- [17] *Glonass* [online]. [cit. 2011-9-26]. Dostupný z www: <<http://www.glonass.cz/>>
- [18] BEKE, Viliam, Lubomír PŘÍVĚTIVÝ, Vladimír ŠIDLA. *Vojenské školy*, 2008 [online]. [cit. 2011-9-28]. Dostupný z www: <[http://www.vojenskaskola.cz/skola/uo/fvz/struktura/k302/Documents/Global%20Positioning\\_System.pdf](http://www.vojenskaskola.cz/skola/uo/fvz/struktura/k302/Documents/Global%20Positioning_System.pdf)>
- [19] *Odbor kosmických technologií a družicových systémů*, 2011 [online]. [cit. 2011-10-15]. Dostupný z www: <<http://www.spacedepartment.cz>>
- [20] *Radio shack*, 2011 [online]. [cit. 2011-11-2]. Dostupný z www: <[http://support.radioshack.com/support\\_tutorials/gps/gps\\_tmline.htm](http://support.radioshack.com/support_tutorials/gps/gps_tmline.htm)>
- [21] *Ce4you*, 2011 [2005-12-12], [online]. [cit. 2011-11-19]. Dostupný z www: <<http://www.ce4you.cz/articles/detail.asp?a=244>>
- [22] *GSA, Úřad pro dohled nad evropským GNSS Galileo, Praha*, 2011 [2010-12-12], [online]. [cit. 2011-12-4]. Dostupný z www: <[http://www.egonov.cz/instituce\\_36.html](http://www.egonov.cz/instituce_36.html)>
- [23] *Galileo navigace* [online]. [cit. 2012-1-6]. Dostupný z www: <<http://www.galileonavigace.cz/>>
- [24] KURUC, Jiří. *Navigovat*, [2010-4-1], [online]. [cit. 2012-1-9]. Dostupný z www: <<http://navigovat.mobilmania.cz/clanky/poradek-ve-zkratkach-co-znamena-a-gps/sc-265-a-1314495>>
- [25] *GPS.Slansko web* [online]. [cit. 2012-1-9]. Dostupný z www: <<http://gps.slansko.cz/>>
- [26] *GPS sledování vozidel* [online]. [cit. 2012-2-4]. Dostupný z www: <[http://www.gpsdozor.cz/popis\\_systemu\\_sledovani\\_vozidel.html](http://www.gpsdozor.cz/popis_systemu_sledovani_vozidel.html)>
- [27] *GX Solutions*, 2010 [online]. [cit. 2011-2-4]. Dostupný z www: <<http://www.gxsolutions.cz/?gclid=CP6FjquVza4CFckx3woddF3YQCQ>>
- [28] *Big brother awards*, [2010-11-10], [online]. [cit. 2012-1-16]. Dostupný z www: <[http://www.slidilove.cz/sites/default/files/BBA10\\_oduvodneni\\_nebezpecna%20technologie.pdf](http://www.slidilove.cz/sites/default/files/BBA10_oduvodneni_nebezpecna%20technologie.pdf)>
- [29] *Y monitor* [online]. [cit. 2012-1-16]. Dostupný z www: <<http://www.ymonitor.cz>>
- [30] *Sixt* [online]. [cit. 2011-12-15]. Dostupný z www: <[http://www.sixt.cz/files/obrazky/sixt\\_monitor\\_3.JPG](http://www.sixt.cz/files/obrazky/sixt_monitor_3.JPG)>

[31] *Kabinet informačních studií a knihovnictví*, [2011-1-28], [online]. [cit. 2012-1-21].

Dostupný z www: <<http://kisk.phil.muni.cz/wiki/Soubor:Svet.gif>>

## 8 Seznam obrázků

Obr.č.1 – Dopplerovská metoda určování polohy .....	6
Obr.č.2 – Dálkoměrná metoda určování polohy .....	8
Obr.č.3 – Interferonické měření .....	10
Obr.č.4 – Interferonické měření na nosné .....	10
Obr.č.5 – Oběžné dráhy družic GPS .....	13
Obr.č.6 – Rozmístění řídicích středisek GPS na mapě .....	15
Obr.č.7 – Zjednodušená struktura přijímače GPS .....	16
Obr.č.8 – Zjednodušená struktura digitálního radiokomunikačního systému .....	21
Obr.č.9 – Mechanismus modelování výkonové bilance rádiového přenosu .....	22
Obr.č.10 – Plošné pokrytí mikrobuněk a šíření vlny včetně odrazů a difrakce v zástavbě .....	22
Obr.č.11 – Buňková struktura .....	23
Obr.č.12 – Část plánu městské celulární sítě .....	24
Obr.č.13 – Princip sektorizace buňkové sítě .....	24
Obr.č.14 – Zjednodušený princip fungování systému AVL .....	27
Obr.č.15 – Zobrazení jízdy vozidla na mapovém podkladu .....	28
Obr.č.16 – Grafické znázornění služebních a soukromých jízd jednoho vozidla .....	28
Obr.č.17 – Data z nehody v podobě grafu .....	30
Obr.č.18 – Zobrazení místa havárie na mapovém podkladu .....	30
Obr.č.19 – Příklad vyúčtování pracovní cesty na základě monitorování vozidla .....	31
Obr.č.20 – Vyhodnocení průměrné spotřeby pohonných hmot za daný rok .....	32
Obr.č.21 – Vyobrazení najetých služebních a soukromých km za dané období .....	32
Obr.č.22 – Použitá oblast pro názornou ukázkou SW .....	37
Obr.č.23 – Segmentace oblasti Kolína s počátečním a cílovým záznamem trasy .....	38
Obr.č.24 – Trasa s jednotlivými záznamy pozic .....	39
Obr.č.25 – Diagram tříd .....	44



## 9 Seznam tabulek

Tab.č.1 – Přehled složek družicového signálu.....	14
Tab.č.2 – Přehled vlastností družicových navigačních systémů.....	18
Tab.č.3 – Data získána z GPS přijímače reprezentující záznam trasy vozidla.....	43
Tab.č.4 – Souřadnice definující jednotlivé zóny .....	43