

Využití určování polohy pro řešení krizových situací

Positioning in emergency solutions

Bc. František Rochovanský

Diplomová práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. František ROCHOVANSKÝ**
Osobní číslo: **A10884**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Využití určování polohy pro řešení krizových situací**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte rešerši oblasti GPS a dalších metod určování polohy.
2. Analyzujte požadavky na aplikaci krizového tlačítka pro mobilní zařízení.
3. Zvolte vhodnou metodu zjišťování polohy a odesílání dat.
4. Navrhněte a realizujte mobilní aplikaci, serverovou část a webového klienta pro zobrazení polohy zařízení.
5. Navržené řešení realizujte pro platformy Android a iOS.
6. Navrhněte možné aplikační oblasti v oblasti zdravotnictví a bezpečnosti.
7. Dosažené výsledky vyhodnoťte.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **RAPANT, Petr.** Družicové polohové systémy. Ostrava : Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2002. 197 s. ISBN 80-248-0124-8.
2. **JONÁK, Jiří.** Linkové a bezdrátové technické prostředky používané pro komunikaci a určování zeměpisné polohy. Praha : Policejní akademie České republiky, 2002. 116 s. ISBN 80-7251-096-7.
3. **HOJGR, Radek; STANKOVIČ, Jan.** GPS : Praktická uživatelská příručka. Brno : Computer Press, 2007. 256 s. ISBN 978-80-251-1734-7.
4. **Friedrich, V., Lukáš, M.** Informační systémy veřejné správy. Plzeň: Západočeská univerzita, 1999. ISBN 80-7082-555-3.
5. **DAVE, Mark; LAMARCHE, Jeff.** iPhone SDK : Průvodce vývojem aplikací pro iPhone a iPod touch. Brno : Computer Press, 2010. 480 s. ISBN 978-80-251-2820-6.
6. **MEDNIEKS, Zigurd, et al.** Programming Android [online]. 2010 [cit. 2011-02-01]. Dostupné z WWW: [<http://programming-android.labs.oreilly.com/index.html>]
7. **Android Developers** [online]. 2010 [cit. 2011-02-01]. Dostupné z WWW: [<http://developer.android.com>]

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Petr Šilhavý, Ph.D.

Ústav počítačových a komunikačních systémů

Datum zadání diplomové práce:

24. února 2011

Termín odevzdání diplomové práce:

18. května 2011

Ve Zlíně dne 24. února 2011



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. Mgr. Roman Jašek, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá využitím systémů pro určení polohy při řešení krizových situací. První část práce je věnována vysvětlení základních pojmů a metod používaných v oblasti satelitních navigačních systémů a dalších způsobů lokalizace objektů. Dále jsou zde popsány jednotlivé systémy, včetně systémů rozšiřujících, s důrazem na působnost v ČR. Podrobněji je zmíněn také systém Cospas-Sarsat. Druhá část se zabývá analýzou požadavků na aplikaci pro lokalizaci mobilního telefonu pro potřeby záchrany osob, jejím návrhem a popisem realizovaného systému.

Klíčová slova: globální navigační systém, GPS, Cospas-Sarsat, záchrana osob, mobilní aplikace, iPhone

ABSTRACT

This master thesis discusses about use of positioning in emergency solutions. The first part explains the basic concepts and methods used in satellite navigation systems and other ways of locating objects. It further describes the various systems, includes augmentation systems, with an emphasis on regional usability. In more detail the Cospas-Sarsat system is also mentioned. The second part deals with analysis of requirements for application to locate mobile phone needs for rescue, design and description of implemented system.

Keywords: global navigation system, GPS, Cospas-Sarsat, people rescue, mobile application, iPhone

Děkuji Ing. Petrovi Šilhavému, PhD. za konzultace, náměty a připomínky, které mi během psaní této diplomové práce poskytl.

Děkuji Tomáši Hoplíčkovi ze společnosti HI Software Development s.r.o. za zapůjčení SW a zařízení pro vývoj a testování aplikací.

Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně dne 18. května 2011

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY	11
1.1 DEFINICE ZÁKLADNÍCH POJMŮ	11
1.1.1 Pojmy z oblasti geografie a geoinformatiky	11
1.1.2 Pojmy z oblasti navigačních a družicových systémů	13
1.2 METODY URČOVÁNÍ POLOHY A ČASU	15
1.3 SOUŘADNICOVÉ SYSTÉMY	18
2 GLOBÁLNÍ NAVIGAČNÍ SATELITNÍ SYSTÉMY	19
2.1 PRINCIP FUNKCE GNSS	20
2.2 SYSTÉM NAVSTAR (GPS)	22
2.2.1 Historie	22
2.2.2 Popis systému	22
2.2.3 Rozšiřující systémy	25
Wide Area Augmentation System (WAAS)	25
European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS)	26
Multi-functional Satellite Augmentation System (MSAS)	26
GPS Aided Geo Augmented Navigation (GAGAN)	26
StarFire a OmniStar	26
Diferenční GPS (DGPS)	26
CZEPOS	27
2.3 SYSTÉM GALILEO	28
2.3.1 Historie	28
2.3.2 Popis systému	28
2.4 SYSTÉM GLONASS	30
2.4.1 Historie	30
2.4.2 Popis systému	30
2.5 SYSTÉM COSPAS-SARSAT	32
2.5.1 Historie	32
2.5.2 Popis systému	34
2.6 DALŠÍ MOŽNOSTI URČENÍ POLOHY	37
2.6.1 Lokalizace v síti GSM	37
2.6.2 Asistovaná GPS neboli GPS+GSM	37
2.6.3 Geolocation API – Google Location Services	38
II PRAKTICKÁ ČÁST	42
3 ANALÝZA POŽADAVKŮ NA SYSTÉM	43
3.1 STÁVAJÍCÍ SYSTÉMY PRO LOKALIZACI VOLAJÍCÍHO	43
3.1.1 Lokalizace MT pomocí BTS	43
Lokalizace pouze podle BTS	43
Lokalizace podle BTS a TA	44
Lokalizace triangulací z více BTS	44
3.1.2 Enhanced 911	45
3.1.3 E112	45

3.1.4	eCall	46
3.2	FUNKČNÍ POŽADAVKY NA VLASTNÍ ŘEŠENÍ	47
3.3	NEFUNKČNÍ POŽADAVKY NA VLASTNÍ ŘEŠENÍ	48
3.4	UCHOVÁVANÉ ÚDAJE O UŽIVATELI	50
4	SPECIFIKACE SYSTÉMU	51
4.1	USE CASE MODEL	51
4.2	DIAGRAM TŘÍD	52
5	NÁVRH ARCHITEKTURY SYSTÉMU	54
5.1	SERVEROVÁ ČÁST	54
5.1.1	Návrh databáze	54
5.1.2	Webová služba pro vkládání a přístup k datům přes HTTP/SOAP	56
5.1.3	Síťová aplikace pro zpracování dat z GPS trackerů prostřednictvím GPRS	58
5.1.4	Aplikace pro zpracování požadavků a jejich distribuci	58
5.2	KLIENSKÁ ČÁST PRO ZÁCHRANNÉ SLOŽKY	59
5.2.1	Desktopová aplikace	59
5.2.2	Webová aplikace	60
5.2.3	Mobilní aplikace	60
5.3	KLIENSKÁ ČÁST PRO UŽIVATELE	61
5.3.1	Mobilní aplikace	61
5.3.2	Webová aplikace	61
6	POPIS IMPLEMENTACE	62
6.1	SERVEROVÁ ČÁST	62
6.1.1	Požadavky na instalaci	62
6.2	WEBOVÝ KLIENT	62
6.3	MOBILNÍ APLIKACE PRO SYSTÉM IOS	62
6.3.1	Minimální požadavky	62
6.3.2	Použité knihovny iOS	62
6.3.3	Obrazovky aplikace	65
7	PŘÍPADOVÉ STUDIE MOŽNÉHO NASAZENÍ	66
7.1	APLIKACE V OBLASTI ZDRAVOTNICTVÍ	68
7.2	APLIKACE V OBLASTI BEZPEČNOSTI	69
	ZÁVĚR	70
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ	71
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	72
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	76
	SEZNAM OBRÁZKŮ	80
	SEZNAM TABULEK	81
	SEZNAM PŘÍLOH	82

ÚVOD

Když byla na začátku nového tisíciletí definitivně zrušena uměle zaváděná chyba v systému GPS, znamenalo to začátek nové éry v navigaci. Již dříve se začala objevovat první navigační zařízení určená pro vozidla, ale až po roce 2000 došlo k většímu rozvoji a byla vytvořena také zařízení pro turistické použití. Od té doby se vývoj prakticky nezastavil, stále jsou přidávány nové funkce, GPS čipy se začaly objevovat běžně také v mobilních telefonech či hodinkách. Systém GPS je dnes využíván k monitorování vozových parků, letadel, lodí, případně osob či zásilek.

Tato práce se nezabývá pouze otázkou využití nejnovějších technologií pro určování polohy, ale také historií navigačních systémů od dob, kdy byly poprvé k jejich stavbě využity družice. V úvodních kapitolách se čtenář seznámí se základními pojmy ze souvisejících oblastí – geografie, geoinformatiky a navigačních a družicových systémů, metodami určení polohy, historií i technickou stránkou celosvětově použitelných systémů pro určování polohy či řešení krizových situací a dalšími technikami a způsoby určení polohy bez využití satelitních systémů.

Praktická část práce se věnuje návrhu systému, který by umožnil v nouzi zaslat informace o poloze telefonu vybaveného technologií pro určení polohy při minimální součinnosti s jeho uživatelem přímo na dispečink záchranných složek. Kromě analýzy a návrhu systému jsou součástí práce také prototypy aplikací pro platformy iOS (iPhone) a Android, serverové řešení pro příjem požadavků a jejich zpracování, desktopová aplikace a webové rozhraní pro dispečink záchranných složek.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

K tomu, abychom se mohli zabývat tématem lokalizace, je vhodné se nejprve seznámit se základními pojmy z oblasti geografie, geoinformatiky a dalších souvisejících oblastí. V další části kapitoly se pak seznámíme také s metodami určování polohy, s používanými souřadnicovými systémy a s konkrétními možnostmi určování polohy používanými v praxi.

1.1 Definice základních pojmů

Polohu na Zemi je možné určovat několika způsoby, definovat ji však lze jednoznačně v podstatě pouze zeměpisnými souřadnicemi, samozřejmě ve specifikovaném souřadnicovém systému. Tyto a další související pojmy si nyní vysvětlíme. Souřadnicovým systémům se podrobněji věnuje třetí část této kapitoly. Abychom mohli získanou polohu vhodným způsobem zobrazit, je nutné nejprve vhodně reprezentovat samotný zemský povrch. K tomu, abychom mohli vytvořit dvojrozměrný obraz Země, je nutné provést transformace, které si vysvětlíme v závěru kapitoly.

1.1.1 Pojmy z oblasti geografie a geoinformatiky

Zeměpisné souřadnice

Zeměpisné souřadnice jsou sférické souřadnice s počátkem ve středu Země, jednoznačně určující polohu na jejím povrchu. Ač jsou sférické souřadnice soustavou tří souřadnic, kde první (označována r) definuje vzdálenost bodu od počátku souřadnic a další dvě úhlové definují odklon od os x a z , používá se v praxi pouze dvou. Je to dáno tím, že vzdálenost od počátku je vždy přibližně rovna poloměru Země. Zbývající dvě souřadnice jsou označovány jako zeměpisná šířka a zeměpisná délka.

Zeměpisná šířka (Latitude)

Zeměpisná šířka vyjadřuje úhlovou vzdálenost od rovníku a označuje se malým řeckým písmenem φ – ϕ . Rovník má tedy zeměpisnou šířku 0° , zeměpisným pólům odpovídá zeměpisná šířka 90° . Nerozlišuje se záporná či kladná hodnota ale namísto toho je používáno označení severní a jižní.

Zeměpisná délka (Longitude)

Zeměpisná délka, značící se malým řeckým písmenem lambda – λ , vyjadřuje úhlovou vzdálenost od nultého poledníku. Stejně jako u zeměpisné šířky se nepoužívá znaménka, ale pro kladné hodnoty je označována zeměpisná délka jako východní a pro záporné hodnoty jako západní.

Geoid

Geoid je fyzikální model povrchu Země při střední hladině světových oceánů. Je definován jako ekvipotenciální plocha vůči gravitaci. Vůči referenčnímu elipsoidu definovanému níže se může lišit až o ± 100 m.

Referenční elipsoid

Země je těleso, které se podobá kouli, nicméně její povrch není pravidelný a tak by přesná reprezentace tohoto tělesa byla velmi složitá. Pro praktické použití bylo nutné najít matematicky snadno popsateľný model zemského povrchu. Tento model se nazývá referenční elipsoid, nicméně stejný pojem se používá také v případě jiných objektů ve vesmíru. Elipsoid je definován středem, resp. jeho posunutím vzhledem k fyzikálnímu středu tělesa, a délkami jeho poloos. Typicky se jedná o zploštěný sferoid, jehož delší poloosa odpovídá rovině rovníku a kratší poloosa je rovna vzdálenosti pólů od středu Země. Osa x tak prochází průsečíkem rovníku a nultého poledníku, osa y prochází průsečíkem rovníku a devadesátého poledníku a osa z odpovídá zemské ose. Referenčních elipsoidů pro Zemi je definována celá řada, neboť vzhledem k značné nepravidelnosti je výhodnější stanovit pro konkrétní oblasti vlastní parametry, nejčastěji se posunuje střed, ale výjimečné nejsou ani změny délek os.

Současně je však definován také **globální elipsoid** označovaný jako **WGS-84**, jehož střed je shodný se středem Země a poloosy mají délku $a = 6\,378\,137$ m a $b = 6\,356\,752,3142$ m. Tento elipsoid je využíván globálními navigačními systémy, např. GPS.

V našich končinách se dlouhou dobu používal **Krasovského elipsoid**, který definoval v první polovině minulého století sovětský geodet Feodosij Nikolaevič Krasovskij. Využíval jej totiž souřadný systém S-42, který využívaly armády Východního bloku. U nás jej také využívají mapy Klubu českých turistů v měřítku 1:50 000. Česká armáda jej přestala využívat v roce 2005, kdy v rámci integrace do NATO přešla na elipsoid WGS-84. Poloosa a je o 108 metrů delší, tedy 6 378 245 m, poloosa b měří 6 356 863,019 m. Poloha

středu elipsoidu WGS-84 vůči středu Krasovského elipsoidu je definována souřadnicemi $DX, DY, DZ = (23, -124, -84)$.

Ještě o sto let starší než Krasovského elipsoid je **Besselův elipsoid**. Pruský matematik Friedrich Wilhelm Bessel jej definoval na základě svých měření z třicátých let 19. století v roce 1941. Poloosy mají délku $a = 6\,377\,397,155$ m, $b = 6\,356\,078,963$ m. Elipsoid je využit pro definici souřadnicového systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální, což je závazný geodetický referenční systém pro Českou republiku.

Georeferencování

Proces určení vztahu mezi polohou dat v přístrojovém souřadnicovém systému a geografickou, resp. mapovou polohou.

Základní báze geografických dat (ZABAGED)

Digitální topologickovektorový topografický model území České republiky v souřadnicovém systému JTSK.

1.1.2 Pojmy z oblasti navigačních a družicových systémů

Globální navigační satelitní systém (GNSS)

Označení pro systém využívaný k autonomnímu určování poloh objektů na Zemi za pomoci družic.

Almanach

Sada přibližných parametrů oběžných drah družic GNSS, obsažená v navigační zprávě vysílané družicemi GNSS, kterou přijímač GNSS používá k přibližnému určení poloh těchto družic. Almanach obsahuje informace o všech družicích, vyskytujících se v kosmickém segmentu daného GNSS. (1)

Efemeridy

Efemeridy jsou parametry oběžných drah družic GNSS. Vzhledem k tomu, že jsou proměnné v čase, jsou použitelné zhruba tři měsíce od data přijetí. Tuto dobu však může zkrátit změna polohy družice – korekce dráhy, dočasné odstavení družic po dobu údržby či její porucha. (1)

Time To First Fix (TTFF)

Jako Time To First Fix je označována doba, která je potřebná k určení první polohy přijímače po jeho zapnutí. Vzhledem k tomu, že tato doba je silně ovlivněna údaji, které má přijímač k dispozici, rozlišuje se tzv. teplý (warm) start a studený (cold) start. (1)

Teplý start

Teplým startem označujeme situaci, kdy má přijímač při spuštění k dispozici některé přibližné stavové informace – čas měření, přibližná poloha či efemeridy. Tyto informace mohou být k dispozici například od předchozího použití přístroje. Určení polohy pak trvá pouze několik sekund. (1)

Studený start

Pokud přijímač tyto informace nezná, mluvíme o studeném startu. Přijímač prochází celé přijímací pásmo a hledá signály družic. V případě úspěchu zjišťuje odpovídající kód pro dekódování zpráv a načítá efemeridy. Tento proces může trvat několik desítek sekund, ale někdy i více než 10 minut. (1)

Asistovaný GPS

Technika, umožňující určit polohu přijímače systému NAVSTAR GPS při nedostatečné kvalitě signálu z družic – například v budovách. K přenosu navigačních zpráv využívá jiné kanály, například GSM síť. Více se tomuto tématu věnuje část druhé kapitoly.

Selektivní dostupnost (Selective Availability – SA)

Mechanismus aplikovaný na systém NAVSTAR GPS ministerstvem obrany USA. Umožňuje v případě potřeby omezit přesnost dostupnou uživatelům standardní polohové služby záměrným vnášením náhodné chyby do vysílaných signálů. Dnes se již nepoužívá.

Kosmický segment

Část globálního navigačního systému rozmístěná v kosmu, typicky družice.

Plný operační stav (Full Operational Capability – FOC)

V tomto stavu se nachází družicový navigační systém v případě, že kosmický segment obsahuje dostatečný počet družic k tomu, aby mohla být garantována dostupnost a přesnost služby.

Pseudodružice

Jedná se o pozemní vysílače, které simulují družice GPS. Jsou určeny k zlepšení měření v dané oblasti. Využívají se např. v okolí letišť, v přístavech či místech, kde je zhoršená dostupnost družicových signálů, např. v tunelech. (1)

Typy oběžných drah

Družice obíhají kolem Země po různých typech drah. Pro družice využívané v oblasti navigace a určování polohy jsou použity geostacionární dráha (GEO – Geostationary Earth Orbit) a nízká kruhová dráha (LEO – Low Earth Orbit). Z celkového počtu 957 družic, které k 31. lednu 2011 obíhaly kolem Země, se jich na těchto dvou typech drah nacházelo téměř 90 %. Přehled družic lze získat na stránce organizace Union of Concerned Scientists (UCS) v databázi UCS Satellite Database.

Geostacionární dráha se nachází ve výšce 35 786 km nad rovníkem, z čehož vyplývá, že signál vyslaný z družice na této dráze letí k Zemi relativně dlouho, 260 ms, což je jistá nevýhoda. Předností této dráhy je však skutečnost, že pokud se družice pohybuje správnou rychlostí, je její poloha na obloze zdánlivě neměnná a k pokrytí téměř celého zemského povrchu stačí velmi malý počet takových družic, neboť jedna družice je schopna teoreticky pokrýt až 40% povrchu (konkrétně lze pokrýt třemi družicemi celý zemský povrch s výjimkou polárních oblastí). (1)

Nízká kruhová dráha se nachází ve výšce 160 – 1 600 km a doba oběhu kolem Země se pohybuje mezi 80 – 120 minutami. Díky malé vzdálenosti je komunikační zpoždění srovnatelné s pozemním šířením signálu, nicméně se objevuje problém s tzv. Dopplerovým posuvem frekvencí signálů. Ten je zapříčiněn velkým rozdílem v rychlostech tělesa na zemském povrchu a na této dráze. Další nevýhodou je skutečnost, že družice je z konkrétního bodu viditelná pouze několik minut a je tak nutné přepínat komunikaci na další družice. (1)

1.2 Metody určování polohy a času

Způsobů jak určit polohu je několik, jedná se o jednoduché metody i složité a náročné postupy. GNSS systémy obvykle pracují pouze s jedním typem výpočtu, nejčastěji kódovým, na který se zaměříme nejpodrobněji. Dalšími způsoby jsou fázový, dopplerovský a úhломěrný. Pochopitelně lze některé metody využít i v jiných systémech.

1.2.1 Kódová metoda určení polohy

Měření kódovou metodou je velmi jednoduché a spolehlivé. Polohu a čas v místě přijímače je možné spočítat na základě časových značek a známé pozice vysílačů. Signály obsahují časovou značku s aktuálním časem v době odeslání signálu z vysílače (t) a polohu vysílače v prostoru, tzv. efemerid (x, y, z). Polohu v prostoru definujeme třemi souřadnicemi, např. v systému ECEF (Earth-Centered, Earth-Fixed), což je kartézský souřadný systém. Bodu $(0, 0, 0)$ odpovídá střed Země, odtud název Earth-Centered. Osy odpovídají zemským osám a x -ová souřadnice protíná zeměkouli v průsečíku rovníku a nultého poledníku, systém je tedy fixován na povrch planety, odtud tedy Earth-Fixed. Systém ECEF využívá například NAVSTAR, hodnota je dále převáděna na zeměpisné souřadnice. Za tímto účelem existuje řada matematických vztahů, například pro souřadnicový systém WGS-84. Blíže se některým systémům budeme věnovat na konci kapitoly. Při určení polohy je kromě samotných souřadnic neznámý také přesný čas, proto je při výpočtu sestavena soustava čtyř rovnic o čtyřech neznámých:

$$(X - x_n)^2 + (Y - y_n)^2 + (Z - z_n)^2 = ((T - t_n) \cdot c)^2,$$

kde c je rychlost světla a x_n, y_n, z_n jsou souřadnice a t_n čas polohy družice.

Pro určení polohy je nutné vyřešit tuto rovnici, tedy je nutné získat informace z $n=4$ družic. Pokud se budeme bavit o využití v případě NAVSTAR, jsou pro potřeby výpočtu využity pouze družice, které jsou nad obzorem výše, než je limitní hodnota ($5 - 10^\circ$). Tomuto opatření se říká elevační maska a je zavedeno z toho důvodu, že radiový signál je na své delší dráze více ovlivněn atmosférou a má náchylnost k vícecestnému šíření. (1)

V případě, že jsou k dispozici pouze dvě družice, lze teoreticky určit výšku nad povrchem elipsoidu a pochopitelně čas. Toto řešení se však nepoužívá, neboť skutečná výška se odvíjí od konkrétní polohy. Pro tři družice je možné naopak spočítat pouze polohu na povrchu elipsoidu, výška však není k dispozici a proto se někdy mluví také o 2D navigaci. U více družic je již k dispozici kompletní informace, čím vyšší je počet družic, tím lepší přesnosti lze dosáhnout. Je uplatňován vážený průměr, při němž je zohledňována geometrická poloha družice a kvalita signálu. (1)

Výsledky výpočtu jsou dále předávány v standardizované podobě (NMEA, SiRF, RINEX, RTCM) přes komunikační rozhraní k dalšímu zpracování.

1.2.2 Fázová metoda určení polohy

Fázová měření umožňují velmi přesná měření s přesností v milimetrech, avšak problémem klasické vlny je, že nelze určit čas jejího odeslání. Fázová měření proto vykazují určitou nejednoznačnost, rovnající se počtu celých vlnových délek nosné vlny, nacházejících se mezi družicí a přijímačem. Přijímač je velmi přesně schopen určit desetinnou část vlny (což odpovídá úhlu v rozmezí $0 - 360^\circ$, proto se také někdy tato nejednoznačnost označuje jako celočíselná. Postupně bylo objeveno několik metod, jak řešit problém nejednoznačnosti, například OTF (On The Fly) nebo Lambda, o kterých lze najít dostatek literatury. Důležitým faktem je, že pro další určování polohy stačí určit správně nejednoznačnost jednou. Následně je přijímač schopen sledovat průběžně změny fázového posunu a počtu celých vln a tím i samotnou polohu, resp. její změny. Pokud dojde k přerušení signálu (v tunelu, překrytím přijímače, podjetím mostu či jiným zastíněním) vznikne tzv. fázový skok, což vede k tomu, že je zahájen nový cyklus měření, tedy určení fázového posunu a počtu celých vln. (1)

1.2.3 Dopplerovská metoda určení polohy

Dopplerovská metoda se označuje také jako dálkoměrná metoda. Využívá se při měření pomocí radiových signálů. Vysílače vysílají signál, který se šíří v dvojrozměrném prostoru jako kružnice. V důsledku relativního pohybu vysílače a přijímače dochází průběžně ke změně frekvence přijímaného signálu. Pomocí měření tohoto posunu lze vypočítat změna radiální vzdálenosti. Ač se dá metoda využít i k určení polohy, využívá se především k určení rychlosti, s jakou se přijímač pohybuje. (1)

1.2.4 Úhломěrná metoda určení polohy

Tato metoda patří mezi nejrozšířenější způsoby určení polohy, neboť je založena na jednoduchém principu. Z bodu, jehož polohu chceme určit, změříme azimuty k nejméně dvěma známým bodům, které lze lokalizovat. Pokud následně těmito body protneme přímkou svírající s osou sever-jih naměřený úhel, dostaneme hledanou polohu jako jejich průsečík. Tuto úlohu lze řešit jak graficky (při měření kompasem), tak matematickým výpočtem (při geodetickém měření). Nevýhodou tohoto způsobu měření je však chyba rostoucí s větší vzdáleností od referenčních bodů. (1)

1.3 Souřadnicové systémy

1.3.1 Souřadnicový systém WGS 84

WGS-84 je eliptický souřadnicový systém definovaný elipsoidem WGS 84. Kartografické zobrazení, které využívá, se nazývá UTM (Univerzální transverzální Mercatorovo). Počátek souřadnic je definován jako hmotný střed Země; jedná se tedy o geocentrický systém. Systém je využíván GNSS NAVSTAR GPS a je standardizován pro armády NATO. (2)

1.3.2 Souřadnicový systém jednotné sítě katastrální (S-JTSK)

Souřadnicový systém jednotné sítě katastrální (S-JTSK) je definován Besselovým elipsoidem s referenčním bodem Hermansskogel, Křovákovým zobrazením a prvky převzatými ze sítě vojenské triangulace. Tento systém je využíván v řadě informačních systémů v ČR i na Slovensku, například katastrální mapy ČR, informační systém půdních bloků MZe ČR - LPIS. (2)

S-JTSK je pravoúhlý souřadný systém, jednotkou je metr, chyba vzniklá transformací do tohoto systému je pro potřeby ČR a SR přijatelná. (3)

1.3.3 Souřadnicový systém S-42

Souřadnicový systém S-42 využívá Krasovského elipsoid s referenčním bodem v Pulkavu. Tento systém byl využíván armádou Československa a dalšími armádami Varšavské smlouvy, ve svých mapách jej využívá také Klub českých turistů. (2)

2 GLOBÁLNÍ NAVIGAČNÍ SATELITNÍ SYSTÉMY

Jak už jsme si řekli, jako Globální navigační satelitní systémy (GNSS) jsou označovány systémy využívané k autonomnímu určování poloh objektů na Zemi s využitím družic. Těchto systémů existuje celá řada, některé pouze v regionálním rozsahu, princip je však v zásadě stejný - uživatelé služby za pomoci přijímače zachytí signály družic, na základě kterých je určena jejich poloha s přesností v jednotkách až desítkách metrů v případě armádního využití pak v jednotkách centimetrů.

Prvním dokončeným a v současnosti jediným plně funkčním systémem je systém NAVSTAR GPS, častěji označován pouze jako GPS, provozovaný Ministerstvem obrany USA. Probíhá jeho modernizace na specifikaci GPS III. Do plného operačního stavu je opět uváděn ruský systém GLONASS, jehož počátky sahají až do dob SSSR. V posledních letech je dokončován systém Evropské unie s názvem Galileo a čínský Compass, někdy též označován jako Beidou-2. Pro úplnost uvedme také již zmiňované regionální systémy – čínský Beidou-1, indický IRNSS a japonský QZSS.

Někdy se můžeme setkat s rozdělením GNSS na dvě generace. Mezi první generaci, označovanou jako GNSS-1, patří NAVSTAR a GLONASS s dalšími systémy SBAS, GBAS a LAAS, které rozšiřují funkcionalitu systému NAVSTAR. Vyznačuje se tím, že zahrnuje systémy primárně určené pro vojenské využití a následně rozšířené i pro civilní sektor. Druhá generace (GNSS-2) zahrnuje nově vyvíjené systémy GPS-III, Galileo či Compass. Tyto systémy mají poskytovat vysokou přesnost a spolehlivost pro všechny uživatele a počítají s aplikací Safety-of-Life.

Všechny tyto systémy mají nejednu společnou vlastnost, mezi ně patří skutečnost, že jsou určeny současně pro armádní i komerční účely. Primární využití armádou je také příčinou toho, že systémů existuje více. V případě válečného konfliktu je totiž systém k dispozici pouze jednotkám státu, který jej provozuje, eventuálně jeho spojencům. Podívejme se tedy blíže na jednotlivé systémy jak po stránce historické, tak technické. Každý GNSS je tvořen třemi segmenty – kosmickým, pozemním a uživatelským.

2.1 Princip funkce GNSS

Družicový polohový systém je v podstatě družicovým radiovým dálkoměrným systémem. Pro pochopení tohoto pojmu si vysvětleme jednotlivé výrazy:

- **Dálkoměrný systém** – systém určování polohy objektů na základě vzdáleností od bodů se známou polohou. Pro určení jednoznačné polohy jsou nutné alespoň tři body, u dvou bodů existují dvě řešení. (4)
- **Rádiový systém** – systém využívající k měření radiových vln. Z vysílacích bodů jsou vysílány signály s časovou značkou. Přijímač porovnává časovou značku s vlastními časovými údaji. Na základě rozdílu obou hodnot je možné určit vzdálenost, jakou vlna urazila, neboť rychlost jejího šíření je známá. Vzdálenost je součinem časového rozdílu a rychlosti šíření vlny. (4)
- **Družicový systém** – systém, který je tvořen družicemi obíhajícími kolem Země. Při využití pro určování polohy je z nich vysílán signál nejen s časovou značkou, ale také s parametry dráhy družice, z nichž je možné vypočítat její polohu. (4)

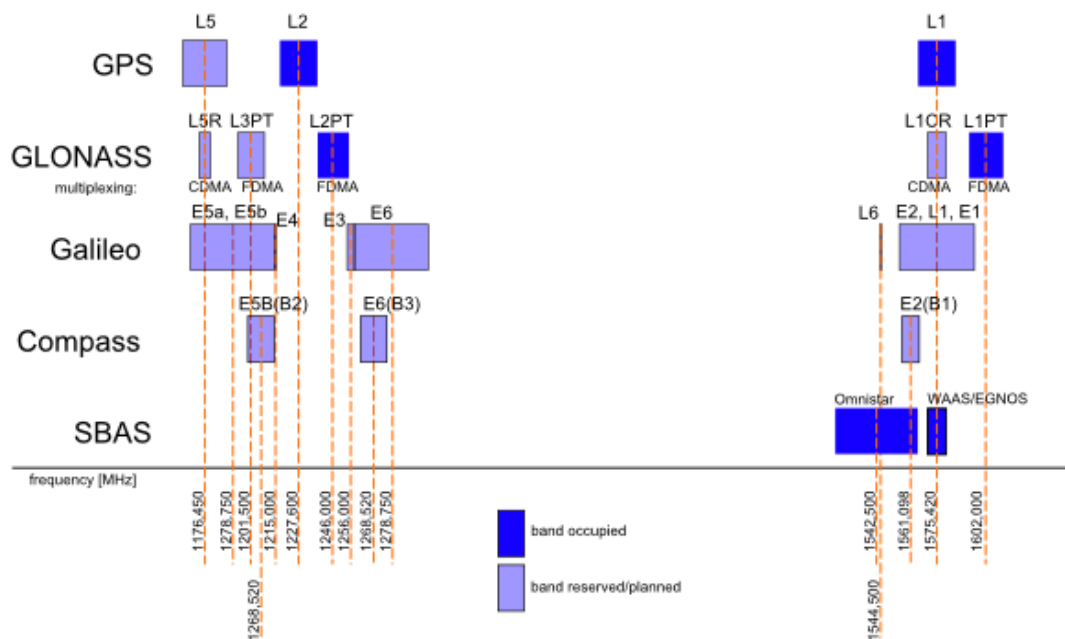
Družicové polohové systémy jsou tedy takové systémy, které k určení polohy objektu využívají radiového měření vzdáleností od několika družic na oběžné dráze Země.

Aby se systémy navzájem nerušily, jsou každému systému přiděleny frekvence či je jinak definován způsob vysílání na stejné frekvenci. Pochopitelně by se mohly rušit také jednotlivé družice konkrétního systému a nebylo by možné je od sebe rozlišit.

Proto je používáno několik metod rozdělení pásma obdobných jako u mobilních sítí, které zajišťují, že komunikace probíhá bez vzájemného rušení:

- **Kódová – CDMA** (Code Division Multiple Access), kdy každá družice vysílá na stejné frekvenci různé kódy označované díky své charakteristice blížící se náhodnému kódu jako Pseudo Random Noise (PRN). Díky znalosti těchto kódů mohou přijímače snadno potlačit šum na dané frekvenci a vyfiltrovat tak pouze požadovaný signál. Tato metoda je využita u systémů NAVSTAR a Galileo. (4)
- **Frekvenční – FDMA** (Frequency Division Multiple Access), kdy každá družice vysílá tentýž kód, avšak na jiné frekvenci. Tato metoda vyžaduje široké pásmo, navíc je kvalita komunikace snižována interferencemi vlnění. Další nevýhodou je obtížná spolupráce s dalšími systémy. Metoda je využita u systému GLONASS. (4)

- **Časová – TDMA** (Time Division Multiple Access), kdy je pro komunikaci s konkrétní družicí vyhrazen vždy krátký časový úsek. Vysílá se stejný kód na stejné frekvenci, družice se v čase neustále střídají. Vzhledem k složité realizaci na straně přijímače se tato metoda v praxi nepoužívá. (4)



Obrázek 1: Schéma frekvenčních pásem přidělených jednotlivým GNSS (4)

Jak vyplývá z obrázku 1, frekvenční rozsahy se v současnosti téměř nepřekrývají. Pro další rozšiřování systémů GNSS jsou však již rezervovány pro různé systémy rozsahy obsahující stejné frekvence. Příkladem je L5 signál Safe of Life (SoL), který je určen pro civilní využití v oblastech, kde je nutné garantovat kvalitu služby natolik, aby bylo možné určit a eliminovat případné chyby, např. v letectví. Signál je vysílán na frekvenci 1176,46 MHz. První družice s modulem IIF, který tuto službu zajišťuje, byla vypuštěna 27. května 2010 a v srpnu byla uvedena po nezbytném otestování do provozu. Další družice by měla být vypuštěna na přelomu června a července roku 2011. (4) (5)

2.2 Systém NAVSTAR (GPS)

2.2.1 Historie

Systém NAVSTAR (Navigation System Using Time and Ranging) vznikl jako pokračovatel projektu Transit (roky 1964 – 1996), který nedosahoval dostatečné dostupnosti a přesnosti (nebylo možné například určit nadmořskou výšku objektu). Plné operační schopnosti bylo dosaženo 17. ledna 1994, kdy byla na orbitální dráhu umístěna poslední z 24 družic. Jak bylo od roku 1983 plánováno, byl systém poskytnut pro civilní účely, avšak stále byla zavedena selektivní dostupnost, která umožňovala deaktivovat službu pro neautorizované uživatele. Tento případ nastal v roce 1991 během války v Zálivu. Definitivní zrušení selektivní dostupnosti proběhlo 1. května 2000, byl to tedy začátek masivního využití GPS v komerční sféře.

2.2.2 Popis systému

Celý systém se dělí, jak již bylo zmíněno, na tři segmenty – kosmický, řídicí a uživatelský. Nás bude zajímat především třetí, kam spadají kromě autorizovaných uživatelů (armády USA a některých jejich spojenců) také neautorizovaní uživatelé, ale podíváme se blíže také na segmenty ostatní.

Kosmický segment

Kosmický segment je navržen pro 24 družic, v současnosti však je tento počet navýšen na 32 družic, což je vzhledem k technické specifikaci maximum, pro další rozvoj by byla nutná změna signálu. Družice se pohybují po šesti kruhových drahách ve výšce 20 200 km nad povrchem Země, tyto dráhy jsou vzájemně posunuty o 60° a na každé z nich jsou v základní konfiguraci rovnoměrně rozmístěny čtyři družice. Díky vyššímu počtu je však na drahách pět či dokonce šest družic, přičemž vzdálenosti mezi nimi jsou různé. Doba oběhu činí 11 hodin 58 minut.



Obrázek 2: Družice Navstar-2F (GPS-2F) (5)

Každá družice obsahuje několik klíčových částí:

- Dvoje velmi přesné atomové hodiny s rubidiovým oscilátorem (přesnost 10^{-13} s) a dvoje s cesiovým oscilátorem, případně troje rubidiové hodiny u novějších družic.
- 12 antén s polarizací RHCP pro vysílání radiových kódů v pásmu L (1000 – 2000 MHz) Jsou využívány dvě nosné frekvence (L1: 1575,42 MHz, L2: 1227,6 MHz a nově také L5: 1176,45 MHz).
- Antény pro komunikaci s kontrolními stanicemi v pásmu S (2204,4 MHz).
- Antény pro vzájemnou komunikaci družic v pásmu UHF.
- Solární panely a baterie jako zdroj energie.

Kromě uvedených komponent obsahují některé družice také nejrůznější detektory pro sledování startů balistických raket a jaderných explozí. Družice jsou pravidelně několikrát ročně odstaveny z provozu a je prováděna jejich údržba – korekce dráhy a údržba atomových hodin. Tato odstávka trvá přibližně 12 – 24 hodin. Průměrná životnost družice je 10 let.

Pro popis stavu kosmického segmentu jsou definovány dva stavy:

- Plná operační schopnost – nejméně 24 družic je plně funkčních. Byl poprvé vyhlášen v červenci roku 1995.
- Částečná operační schopnost – označení stavu, kdy je plně funkčních nejméně 18 družic. Platil od konce roku 1993.

Řídící a kontrolní segment

Řídící a kontrolní segment monitoruje kosmický segment, ovládá družice a provádí údržbu atomových hodin. O stavu systému je pravidelně vydávána navigační zpráva s platností v jednotkách hodin, jejíž součástí je predikce dráhy družice (tzv. efemerid), korekce atomových hodin, údaje o poloze a stavu ostatních družic a data pro modelování ionosférické refrakce. Tuto navigační zprávu obdrží a dále šíří každá družice. V případě vyřazení pozemních stanic jsou pak navigace schopny v autonomním režimu pracovat téměř půl roku. Je to umožněno vzájemnou komunikací družic, kdy si potřebné informace (stav hodin a efemeridy) vyměňují bez asistence dalších systémů.

Řídící a kontrolní segment se dělí na několik částí rozmístěných po celém světě:

- Velitelství (NAVSTAR Headquarters) v Los Angeles (California) v USA,
- řídicí středisko (Master Control Station – MSC) v Colorado Springs, záložní řídicí středisko (Backup MSC) v Merylandu tři povellové stanice (Ground Antenna),
- 18 monitorovacích stanic (Monitor Stations) rozmístěných také mimo území USA například v Ekvádoru, Buenos Aires v Argentině, Hermitage v Anglii, Pretorii v Jižní Africe, Bahrajnu, Jižní Koreji, v Australském Adelaide a Novozélandském Wellingtonu.

Jednotlivé části řídicího a kontrolního segmentu jsou provozovány na základnách USAF případně National Geospatial-Intelligence Agency spadající pod ministerstvo obrany.

Uživatelský segment

Uživatelé mohou využít systém NAVSTAR prostřednictvím přístroje GPS přijímajícího signál z jednotlivých družic, které jsou v danou chvíli viditelné nad obzorem. Na základě obdržených dat – časových údajů a znalosti polohy družic – pak přijímač spočítá svou polohu, nadmořskou výšku a také získá informaci o přesném datu a času. GPS přijímač je pasivní zařízení, komunikace probíhá pouze ve směru družice -> GPS přijímač.

Uživatele lze rozdělit na dvě skupiny – autorizované a neautorizované, z nichž první představuje armádní složky USA a vybrané spojence a druhá především civilní sektor. Autorizovaným uživatelům je k dispozici služba Precise Positioning Service (PPS), která zaručuje vyšší přesnost systému. Komunikace probíhá na frekvencích L1 a L2 za pomoci dekódovacího klíče k P(Y) kódu. PPS nachází uplatnění především při podpoře velení a vedení boje, vojenských transferech, navádění zbraňových systémů či vojenském mapování. K dispozici je velmi přesný časový údaj s chybou menší než 10^{-7} s.

Neautorizovaní uživatelé využívají službu Standard Positioning Service (SPS) na frekvenci L1. Z USA se nesmí vyvážet zařízení, která nemají nastaveno omezení výšky na 18 000 m a rychlosti do 515 m/s, čímž je zajištěna prevence zneužití pro navádění balistických raket či jiných zbraňových systémů dlouhého doletu. Typicky je SPS využita v dopravě – nejen jako navigace vozidel, ale také sledování jejich polohy, dále navigace letadel, lodí i při kosmických letech. Dále je hojně využita pro potřeby geologie, geofyziky, geodézie, archeologie, lesnictví a zemědělství či turistiky. Údaje o aktuálním čase jsou poskytovány s přesností $\pm 10^{-6}$ s.

2.2.3 Rozšiřující systémy

Systém NAVSTAR GPS prošel za dobu své existence několika vylepšeními, resp. vznikem podpůrných systémů, které mají zajistit jeho větší přesnost. Systémy, využívající k přenosu korekčních údajů družice, se nazývají **SBAS** (Satellite-base augmentation system). Patří mezi ně regionální systémy WAAS (USA), CWAAS (Kanada), EGNOS (EU), MSAS (Japonsko), GAGAN (Indie), SNAS (Čína) a také komerční systémy – StarFire, OmniSTAR a Starfix, které mají globální charakter. Další skupinou jsou systémy využívající systém pozemních referenčních stanic, **GBAS** (Ground Based Augmentation Systems), a patří mezi ně GRAS (Austrálie), DGPS, WAGE (oba USA), EUREF (EU), CZEPOS (ČR) a další. Na některé z těchto systémů se blíže podíváme.

Wide Area Augmentation System (WAAS)

WAAS byl prvním rozšiřujícím systémem pro vylepšení vlastností GPS. Byl navržen pro pokrytí území Spojených států amerických. Je určen především k tomu, aby byla zajištěna spolehlivost GPS pro potřeby letecké dopravy tak, že bude možné jeho údajů využít ve všech fázích letu, tedy i automatického přiblížení k letišti. Systém využívá síť pozemních referenčních stanic v Severní Americe a na Havaji k měření odchylek v GPS signálech na západní polokouli. Výsledky měření z referenčních stanic jsou následně předávány do hlavních stanic, kde jsou určeny korekce odchylky (Deviation Correction) a které jsou dále odeslány na geostacionární satelity WAAS (2 satelity) v co nejkratších intervalech, nejméně co pět sekund. Tyto satelity pak zprávy vysílají zpět na Zemi a GPS přijímače kompatibilní se systémem WAAS je mohou využívat k zlepšení přesnosti. (6)

Cíle WAAS

- **Přesnost** 7,6 m nebo lepší v obou rovinách v 95% provozu. Aktuální měření výkonnosti ukazují, že skutečná přesnost je obvykle lepší než 1 m horizontálně a 1,5 m vertikálně.
- **Integrita** – schopnost poskytnout včasné varování, že systém poskytuje zavádějící údaje. Specifikace vyžaduje, aby systém odhalil a oznámil chybu v GPS či WAAS uživateli během 6,2 s.
- **Dostupnost** – je definována jako pravděpodobnost, že systém splňuje předchozí dva požadavky. Požadovaná hodnota je 99,999 %, což odpovídá výpadku v celkové délce pět minut za rok. Samotný systém GPS mohl být dle specifikace nedostupný až čtyři dny v roce. (6)

European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS)

EGNOS je systém vyvinutý Evropskou kosmickou agenturou (ESA), Evropskou komisí a organizací Eurocontrol – Evropská organizace pro bezpečnost letového provozu. Je tvořen trojicí satelitů na GEO dráze, 34 pozemními monitorovacími stanicemi (RIMS), čtyřmi řídicími centry (MCC) a šesti komunikačními stanicemi (NLES). Princip činnosti je totožný s WAAS, data jsou vysílána na frekvenci stejné jako GPS L1, tedy 1575,42 MHz. Na území Evropy zpřesňuje určení polohy na 1,5 metru. Služba je dostupná zdarma komukoliv, kdo je vybaven GPS přijímačem kompatibilním se systémem EGNOS. Od března roku 2011 je garantována služba SoL (Safety of Life) pro letectví a do konce roku 2011 by měla být v provozu také komerční služba. (7)

Multi-functional Satellite Augmentation System (MSAS)

Japonská obdoba systému WAAS, kosmický segment je tvořen dvojicí družic MTSAT, přesnost GPS s využitím korekce se pohybuje mezi 1-2 metry.

GPS Aided Geo Augmented Navigation (GAGAN)

Indický systém GAGAN se vyznačuje tím, že má být plně kompatibilní s trojicí systémů WAAS, EGNOS a MSAS. (8) Na 19. květen 2011 je plánováno vypuštění družice, která bude obsahovat mimo jiné náklad GSAT-8 pro tento systém. Jedná se o druhý pokus o vypuštění zařízení pro GAGAN, první skončil neúspěchem v dubnu roku 2010. (9)

StarFire a OmniStar

StarFire je jedním z globálních rozšiřujících systémů, které jsou komerční. Dosahuje vysoké spolehlivosti a přesnosti (méně než 10 cm horizontálně a 15 cm vertikálně). Ještě lepší přesnosti pak dosahuje systém OmniStar. Oba systémy jsou využívány například v zemědělství ale i v řadě dalších odvětví. Méně přesná verze StarFire 1, která však dosahuje větší přesnosti než WAAS, je poskytována zdarma. (10)

Diferenční GPS (DGPS)

Toto rozšíření je založeno principiálně na relativním určování polohy, což umožňuje významné zlepšení přesnosti určování polohy v reálném čase. K zpřesnění je využito pozemních referenčních stanic a speciálních kanálů, kterými je do jednotky přenášena korekční informace. Systém se nejprve objevil v USA, v oblasti lodní dopravy při pobřeží, budují se ale i v jiných končinách. V České republice se již před rokem 2000 objevilo

několik projektů, s cílem vybudovat DGPS síť. Dokonce od 80. let 20. století se systémem zabývá Katedra radioelektroniky Fakulty elektrotechnické ČVUT Praha. Od roku 1995 byla v provozu první referenční stanice v ČR. Dnes jsou informace vysílány například prostřednictvím RDS vysílače Regina v pásmu FM na frekvenci 92,6 MHz. Pokryto je území Prahy a Středočeského kraje. (1)

V plánu byla celostátní síť provozovaná Českými drahami. Nakonec byl v roce 2002 společností by/S@t group spuštěn systém virtuálních referenčních stanic by/S@t, budovaný po vzoru stejnojmenné německé sítě právě za úzké spolupráce s ČD. Jako referenční stanice byly určeny nádražní budovy. První čtveřici tvořily Kolín, Benešov, Beroun a Všetaty. Virtuální systém funguje na principu obdobném v celé Evropě. Uživatelé se přes GSM síť připojují k centrálnímu serveru, který zpracovává data z referenčních stanic a určuje diferenční korekce. (11)

CZEPOS

CZEPOS je českou sítí permanentních stanic pro určování polohy. Poskytuje uživatelům GNSS GPS a GLONASS korekční data pro přesné určení pozice na území České republiky. Správcem a provozovatelem systému je Zeměměřičský úřad. Obdobné systémy existují také v dalších zemích. V sousedních státech se jedná o systémy SKPOS (Slovensko), ASG eupos (Polsko), APOS (Rakousko) a SAPOS (Německo). (12)

CZEPOS obsahuje 27 permanentních stanic rovnoměrně rozmístěných ve vzdálenosti cca 60 km. Další 27 stanic leží v příhraničních oblastech okolních států. Většina stanic v ČR leží na budovách katastrálních úřadů. Provoz sítě byl zahájen v červnu roku 2005, v dubnu roku 2011 byla zahájena etapa upgrade přijímačů a antén za účelem zajištění kompatibility se systémy NAVSTAR GPS, GLONASS a GALILEO. (12)

CZEPOS nachází uplatnění v oblastech, kde je nutné určit přesnou pozici v reálném čase, tedy například v dopravě, záchranných systémech, geodézii a mnoha dalších. CZEPOS nabízí několik služeb s různou přesností, počínaje přesností do 10 cm (DGPS), přes jednotky centimetrů (RTK) až po milimetrovou přesnost (RINEX). (12)

Ceny těchto služeb se pohybují mezi 20 Kč za 3600 jednotek u DGPS (1 jednotka = 1s) a 80 Kč za 3600 jednotek u RTK (1 jednotka = 1s), u služeb RINEX mezi 4 Kč a 16 Kč za 60 jednotek (1 jednotka = 1 minuta) podle intervalu záznamu. (12)

2.3 Systém Galileo

2.3.1 Historie

Galileo je název navigačního systému Evropské unie. Má být nezávislou obdobou systému NAVSTAR GPS a systému Glonass. Výstavbu systému zajišťuje především Evropská kosmická agentura (ESA). Plány na vlastní navigační systém byly zahájeny v roce 1999, kdy se počítalo s modelem financování PPP, tedy s účastí soukromých investorů. Odhadovaný rozpočet 1,8 miliardy eur a spuštění provozu v roce 2008 stejně jako forma financování však nakonec nebyly dodrženy. Nenašel se dostatek investorů, a tak je projekt financován výhradně z rozpočtu EU, a to v odhadované výši 3,4 miliardy eur. Spuštění systému je plánováno na rok 2012. V roce 2011 bylo rozhodnuto o tom, že administrativní centrum systému – Galileo Supervising Authority (GSA) bude sídlit v Praze. Od svého založení v roce 2004 sídlilo v Bruselu. Technologické centrum Galileo Control Centre (GCC) se nachází nedaleko Mnichova, jako vývojové centrum je použito European Space Research and Technology Centre (ESTEC) ESA v Noordwijku. (13)

2.3.2 Popis systému

Kosmický segment

Kosmický segment systému Galileo má být tvořen třiceti družicemi obíhajícími ve výšce cca 23 tisíc kilometrů nad zemským povrchem, což je o necelé 3 tisíce kilometrů výše než družice systému NAVSTAR. Jiné je také uspořádání družic. Družice systému Galileo mají obíhat na třech drahách se sklonem 56° k zemskému rovníku, vzájemně pootočených o 120° . Každou dráhu bude obíhat 10 družic, z nichž jedna bude připravena jako záloha pro nahrazení vadné družice. V plném operačním nasazení tak bude stačit 27 družic. (14)

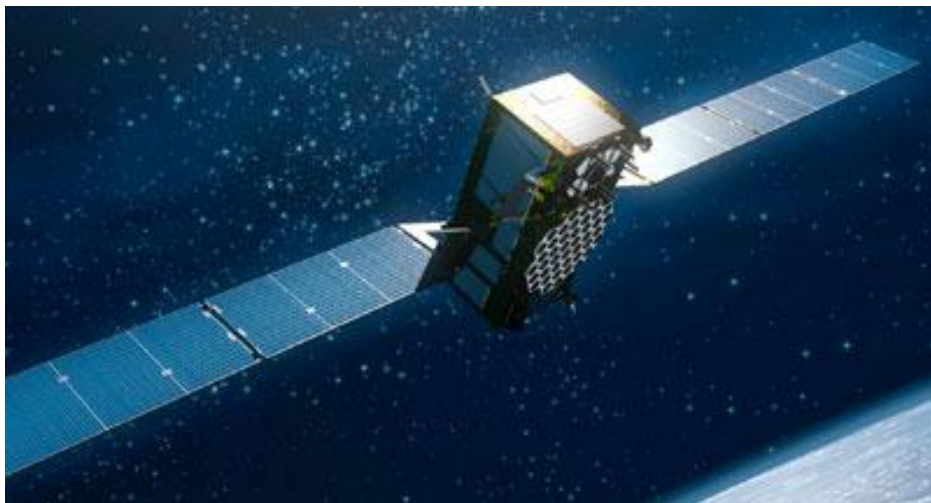
Služby nabízené systémem Galileo

Stejně jako NAVSTAR GPS, bude Galileo nabízet jak polohové, tak časové služby. Ty budou dále rozděleny na bezplatné, zpoplatněné, speciální a armádní: (13)

- **Open Service (OS)** – volně dostupná služba. Komunikace bude probíhat na dvou kanálech v pásmech 1164 – 1214 MHz a 1563 – 1591 MHz. V případě využití obou pásem bude možné dosáhnout přesnosti lepší než 4 m. Vertikální chyba bude maximálně 8 metrů. V případě využití jen jednoho pásma bude chyba kolem 30 m.

- **Commercial Service (CS)** – zpoplatněná služba, bude zabezpečena šifrováním a bude zajišťovat lepší přesnost než OS.
- **Safety of Life Service (SOL)** – také šifrovaná služba, jak název napovídá, bude využívána v případech, kdy na určení polohy je závislá bezpečnost osob, tedy například při řízení letového provozu.
- **Search and Rescue (SAR)** – služba určená pro nouzovou lokalizaci v rámci celosvětové družicové záchranné služby COSPAS/SARSAT, která je popsána v další části kapitoly. Bude možná obousměrná komunikace.
- **Public Regulated Service (PRS)** – opět lze z názvu odvodit její využití. Jedná se o službu s kontrolovaným přístupem a dlouhodobou podporou. Určena je pro armádní využití a další bezpečnostní složky států.

K zlepšení přesnosti lze využít Galileo současně s GPS. Chyba se pohybuje mezi 1,6 – 10 m vertikálně a 1,3 – 8 m horizontálně. (15)



Obrázek 3: Družice Galileo-IOV, vypuštění plánováno na 08/2011 (5)

2.4 Systém GLONASS

2.4.1 Historie

Systém GLONASS (Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistema) vznikl v Sovětském svazu jako obdoba amerického systému NAVSTAR GPS. Vývoj započal v roce 1970 za účasti Ministerstva obrany SSSR, Sovětské akademie věd a Sovětského námořnictva s cílem zajistit možnost navigace pro loďstvo, ponorky a letectvo. V roce 1976 byl schválen plán projektu a byla zahájena jeho realizace. První družice byla vypuštěna v roce 1982. V druhé polovině devadesátých let minulého století však byl systém mimo plný operační stav, přestože v roce 1995 jej bylo teprve dosaženo. Od roku 2001 se pracuje na jeho opětovném obnovení, dokončení je plánováno na rok 2011. To, že je GLONASS vojenským projektem, dokazuje také skutečnost, že během konfliktu v Čečensku byly dráhy družic upraveny tak, aby optimálně pokrývaly tuto oblast na úkor zbytku planety. V souladu s nařízením vlády z roku 2007 však byly zrušeny restriktce v přesnosti pro civilní uživatele a chyba tak nepřekračuje 10 metrů. (16)

2.4.2 Popis systému

Kosmický segment

Glonass tvoří 24 družic obíhajících na třech drahách posunutých vzájemně o 120° . Po každé dráze se pohybuje ve výšce přibližně 19 tisíc metrů osm symetricky rozvržených družic. Tato specifická konstalace družic má ten efekt, že každá družice proletí nad stejným bodem planety jednou za 8 dní, k neidentickému opakování (jiná družice zaujme stejné místo) dochází jednou za den. U NAVSTAR GPS se družice na stejné místo vrátí za jeden den. Družice jsou číslovány v rozsahu 1-24, přičemž každý oktet odpovídá jedné dráze. Družice se pohybují po střední oběžné dráze (MEO) a Zemi oběhnou přibližně dvakrát za den. Specifikem Glonassu je skutečnost, že družice jsou vynášeny po trojicích. Problémem je jejich nízká životnost, která se u starších verzí pohybovala mezi jedním až třemi roky. Ani aktuální použitá verze Uragan-M nedosahuje obvyklé délky 10 let, ale pouze sedmi. Problém má finálně vyřešit nový typ Uragan-K, který je o třetinu lehčí. (16)

Aktuální stav kosmického segmentu k dubnu 2011 je 27 družic – 23 v operačním režimu (neobsazená je pozice č. 4), jedna oživována a 3 v servisním režimu. Naposled byla vyslána na oběžnou dráhu družice Uragan-K1 v únoru 2011. (17)

Řídící a kontrolní segment

Pozemní segment je tvořen řídicím střediskem (SCC – System Control Center) v Krasnoznamenstvu (současně patří také mezi MS), třemi rozšířenými stanicemi (SLR – Satellite Laser Ranging, ULS – Uplink Station, CC – Control Center) v Šelkovu, Jenisejsku a Komsomolsku. Všechny tři patří také mezi pětici povelových stanic (TT&C – Telemetry, Tracking and Command), dále tvořenou středisky v Petrohradu a Ussurijsku. Posledním typem pozemních stanic jsou monitorovací stanice (MS – Monitor Station), kterých je deset, jedna v Tádžikistánu. (17)

Řídící a kontrolní segment monitoruje kosmický segment, řídí družice, provádí jejich manévry a údržbu atomových hodin. Výsledek činnosti je zveřejňován v navigační zprávě každé družice. Platnost těchto zpráv se pohybuje v jednotkách hodin. Dalším způsobem, jakým se uživatelé dozvídají informace o stavu kosmického segmentu, jsou zprávy NAGU (Notice Advisory to Glonass Users), které obsahují termíny plánovaných odstávek, termíny uvedení do provozu a další. (17)

Uživatelský segment

Stejně jako NAVSTAR má i GLONASS definovány dvě skupiny uživatelů. Autorizovaní uživatelé (armáda a vládní instituce Ruské federace) mají zaručenou vyšší přesnost systému díky službě High Positioning (HP). Ostatní uživatelé mohou využívat službu Standard Positioning (SP). V Evropě je systém využíván především geodety a vědeckými pracovníky, civilní využití není běžné, neboť v tomto segmentu jasně dominuje GPS. (18)



Obrázek 4: Družice Uragan-K1, kromě zařízení pro Glonass nese také zařízení pro systém Cospas-Sarsat (5)

2.5 Systém Cospas-Sarsat

Systém Cospas-Sarsat je mezinárodní satelitní systém poskytující službu přesného, včasného a spolehlivého tísňového volání a lokalizačních údajů, které mají pomáhat záchranným složkám při pátrání a pomoci osobám v nouzi. Cílem je snížit zpoždění při poskytování tísňových signálů na Search-and-Rescue služby (SAR) na nejkratší možnou dobu, stejně jako dobu potřebnou k lokalizaci osoby a poskytnutí pomoci, což má přímý vliv na pravděpodobnost přežití osoby na moři či na souši. K splnění tohoto cíle zavádějí a provozují podílející se státy satelitní systém, schopný detekovat tísňový signál z radiomajáků splňujících specifikaci Cospas-Sarsat a následně je lokalizovat kdekoliv na světě. Tato data jsou předávána příslušným složkám záchranného systému v dané lokalitě. Název Cospas-Sarsat je spojením akronymů, ruského Cosmicheskaya Sistema Poiska Avariynyh Sudov a anglického Search And Rescue Satellite-Aided Tracking. Tyto výrazy by se daly přeložit jako Vesmírný systém pro vyhledávání ztroskotaných plavidel a Satelitní podpora pro sledování pátrání a záchranu. (19)

2.5.1 Historie

Systém začal vznikat na základě Memoranda o porozumění mezi Kanadou, Francií, USA a Sovětským svazem, podepsaného v roce 1979. Vývoj započal v září 1982, kdy byla dokončena demonstrační a hodnotící fáze. Další memorandum bylo podepsáno 5. října 1984 francouzskou Národní kosmickou agenturou (CNES), kanadským Ministerstvem národní obrany (DND), ministerstvem obchodního loďstva Sovětského svazu (MORFLOT) a americkým Národním úřadem pro oceán a atmosféru (NOAA). V roce 1985 byl systém prohlášen za provozuschopný. (19)

Později, 1. července 1988, vznikla v Paříži podpisem stejnojmenné dohody (ICSPA) mezivládní organizace The International Cospas-Sarsat Programme. Dohoda je otevřena přistoupení dalších států, které se chtějí podílet na zajištění chodu systému, a umožňuje využití všemi státy bez jakékoliv diskriminace. Dohoda ustanovuje Radu a Sekretariát. Rada dohlíží na provádění dohody, koordinuje činnost systému, je čtyřčlenná, každý zakládající člen má jednoho zástupce, rozhodování musí být jednomyslné, schází se nejméně jedenkrát ročně. Sekretariát je stálý správní orgán programu, pracující dle rozhodnutí Rady. Rada zavedla pomocný orgán - Smíšený výbor (The Joint Committee), který je složen z provozní a technické pracovní skupiny Operations Working Group (OWG) a Technical Working Group (TWG). Tento výbor, který se schází nejméně jednou

ročně, se zabývá všemi technickými a provozními záležitostmi programu. Přípravuje dokumenty (normy a technické specifikace) a doporučení k schválení Radou. Případně může Rada vytvořit další pracovní skupiny na řešení konkrétních problémů. Oficiálními jazyky jsou angličtina, francouzština a ruština. (19)

Celý program je financován tak, že každý účastník je zodpovědný za veškeré náklady spojené s jeho účastí, včetně veřejných zakázek, instalace zařízení a provozu pozemního či kosmického segmentu. Výjimkou jsou pouze náklady na koordinaci a řízení aktivit programu, tedy například činnost Rady a sekretariátu. Tyto náklady jsou rozděleny mezi všechny účastníky. Nezahrnují žádné náklady vynaložené na přijímání a předávání údajů tísňových volání či náklady na pátrací a záchranné operace. (19)

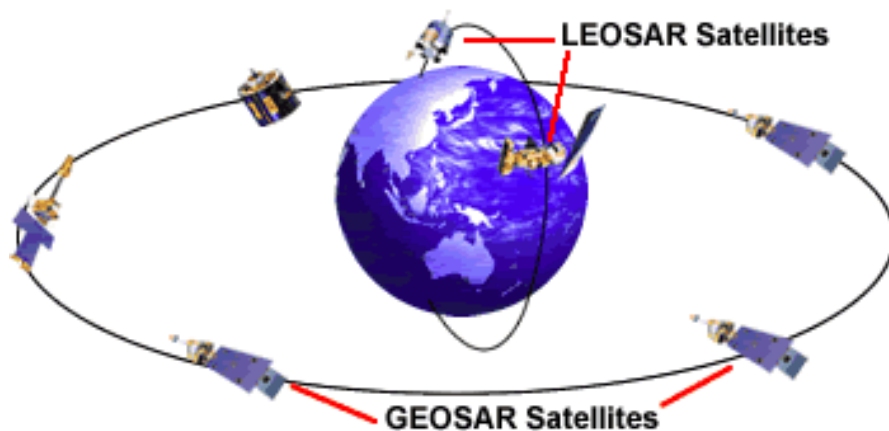
Postupně se k dohodě připojily další země a k 28. srpnu 2010 na systému spolupracovalo či jej využívalo 41 států a dvě organizace. Krom čtyř původních států, přičemž čtvrtým členem je od roku 1992 Rusko jako nástupnický stát za Sovětský svaz, se jedná o 26 států a dvě organizace (ITDC a Hong Kong Marine Department), které se aktivně podílejí na řízení a provozu systému a jedenáct států, které systém pouze využívají (např. Dánsko, Kypr, Německo, Polsko, Švédsko nebo Švýcarsko). Aby byla zajištěna kompatibilita systému s potřebami, normami a doporučeními platnými na mezinárodní úrovni, spolupracuje sdružení s Mezinárodní organizací pro civilní letectví (ICAO), Mezinárodní námořní organizací (IMO), Mezinárodní telekomunikační unií (ITU) a dalšími mezinárodními organizacemi. Česká republika ani Slovensko nejsou žádným způsobem do programu zapojeny. (19)

System je k dispozici všem bez jakýchkoliv omezení, a to zdarma pro koncového uživatele v tísni. V průměru je pomocí systému zachráněno pět osob denně. Za dobu provozu se jednalo o více než 24 000 životů. (19)

se využil downlink GPS pro přenos zpráv k majáku. V současné době je dokončován vývoj a připravuje se demonstrační a hodnotící fáze (D&E), která má začít v roce 2013. Pozemní segment pro tuto část satelitů se má začít budovat v roce 2012, první satelit s podporou MEOSAR bude Glonass-K vypuštěný v roce 2011, další pak budou satelity Galileo. Počátečního operačního stavu tak podle plánu dosáhne systém v roce 2015, kdy by měly být uvedeny také nové typy majáků. Plného operačního stavu pak systém dosáhne v roce 2018. (19)

GEOSTAR je aktuálně (duben 2011) tvořen šesti družicemi, z nichž dvě jsou umístěny nad Evropou (MSG-1 a MSG-2) a jejich provoz je zajišťován organizací Eumetsat. Druhá z nich je umístěna na nultém poledníku. Další dvě družice jsou americké GOES 11 (West) na pozici 135° západní délky a GOES 13 (East, 75° západní délky) umístěny nad Atlantickým a Pacifickým oceánem, pátá (INSAT-3A) se nachází nad Indickým oceánem (93,5° východní délky) a provozuje ji Indie. Jako poslední pak byla 20. ledna 2011 vypuštěna ruská družice Elektro-L (76° východní délky). V záloze jsou připraveny na oběžné dráze družice GOES-12, 14 a 15. Další družice mají být vypuštěny v roce 2011 nejprve po několika letech odkladů INSAT-3D a v červnu téhož roku také ruský Luch-5A. V dalších letech mají následovat: Electro-L No.2, MSG-3, MSG-4, GEOS-16 a GEOS-17, vždy jedna družice za rok. (19)

LEOSTAR je tvořen šesticí družic, z nichž pět je amerických (NOAA-15, 16, 17, 18 a N') a jedna evropská (METOP-A). Na rok 2012 je plánováno vypuštění družice METOP-B, další dvě družice mají následovat v ročním intervalu. (19)



Obrázek 6: Rozmístění a dráhy satelitů systému Cospas-Sarsat (19)

Pozemní segment

Pozemní segment je tvořen kontrolními centry – Mission Control Center (MCC), uživatelskými terminály – Local Users Terminals (LUT) sloužícími k příjmu a distribuci tísňových zpráv a informací o poloze prostřednictvím MCC příslušným operačním střediskům záchranných služeb – Rescue Coordination Centre (RCC), které tvoří poslední složku pozemního segmentu. Terminály se dělí dle typu obsluhovaného segmentu na LEOLUT a GEOLUT. K prosinci roku 2010 bylo v provozu 30 kontrolních center, 57 LEO terminálů a 20 GEO terminálů. (19)



Obrázek 7: Schéma předávání zpráv v systému Cospas-Sarsat (19)

Uživatelský segment

Uživatelé využívají tísňových majáků Emergency Locator Transmitters – ELT určených pro letectví, Emergency Position Indicating Radio Beacons – EPIRB pro námořní plavbu a Personal Locator Beacons – PLB určené pro osobní použití. První dva typy jsou využívány od roku 1982, kdy systém vznikl, poslední jmenovaný přibyl v roce 2003. Majáky vysílají na kmitočtu 406 MHz. Do roku 2009 byla využívána také frekvence 121,5 MHz. Systém umí lokalizovat také vojenské majáky vysílající na frekvenci 243 MHz. V roce 2013 je plánováno také začlenění do systému Galileo, připravuje se napojení na systém GPS-III (projekt DASS – Distress Alerting Satellite System) a ve fázi vývoje je využití systému Glonass. V provozu je téměř milion majáků. (19)

2.6 Další možnosti určení polohy

Kromě globálních navigačních systémů existuje také několik dalších způsobů, jak určit polohu bez využití satelitů. K určení se využívá GSM vysílačů, IP adres nebo WiFi sítí.

2.6.1 Lokalizace v síti GSM

Jedním z prvních způsobů lokalizace elektronických zařízení bez použití GNSS byla lokalizace pomocí základových stanic BTS mobilních operátorů. Pro určení polohy je využito metod popsanych v úvodní kapitole, telefon získá informace o všech dostupných BTS a spolu se silou signálu je odešle ke zpracování pomocí SMS zprávy. Odpovědí je souřadnice s uvedenou přesností. V České republice nabízí jako jediná službu lokalizace mobilního telefonu společnost T-Mobile. Během několikadenního testování však vyšlo najevo, že pro přiměřeně přesné určení polohy je služba nedostačující. Přesnosti < 100 m se nepodařilo dosáhnout ani v centru Olomouce, kde se dá očekávat relativně větší počet vysílačů. Ve volné přírodě pak lokalizace touto metodou nepřipadá vůbec v úvahu, přesnost se pohybuje mezi jednotkami a desítkami kilometrů. Blíže se k tomuto způsobu lokalizace vrátíme v praktické části této práce.

2.6.2 Asistovaná GPS neboli GPS+GSM

Systém Assisted GPS (A-GPS, aGPS) dovoluje za určitých podmínek zkrátit dobu prvního určení polohy po zapnutí přístroje (TTFF) GPS. Byl vyvinut pro potřeby mobilních telefonů, vybavených GPS přijímači, aby umožnil lokalizovat mobilní telefon dispečerům přijímajícím nouzová volání. Klasický přijímač GPS využívá pouze signálů z družic GPS, kdežto A-GPS navíc využívá další síťové prostředky k tomu, aby našel a využil satelity rychleji. Tyto informace naleznou své uplatnění především v místech, kde je slabý signál či ve městech, kde je signál rušen díky vícecestnému šíření a odrazům. V takovém prostředí by klasickému GPS přijímači mohlo trvat určení polohy až 12,5 minuty.

Asistenci lze rozdělit do dvou kategorií:

1. Poskytnutí informací pro rychlejší zaměření družic
 - a. Poskytne data vysílané družicí nebo almanach, což zajistí rychlejší zaměření signálu družice.
 - b. Poskytne přesný čas prostřednictvím mobilní sítě
 - c. Poskytne data o stavu ionosféry v oblasti (okolí BTS) a dalších jevech ovlivňujících signály GPS.
2. Výpočet pozice přijímače na serveru na základě poskytnutých dat
 - a. Přijímač zašle část přijatých dat (neúplných např. kvůli rušení) a server díky znalosti vysílaných signálů provede porovnání a následný výpočet polohy.

Některé mobilní telefony kombinují A-GPS s dalšími lokačními službami (WiFi, pomocí BTS triangulace, klasická GPS).

Přehled vybraných telefonů disponujících technologií A-GPS (dle Wikipedie) (20)

Apple: iPhone 3G, iPhone 3GS, iPhone 4, iPad, iPad 2

Blackberry: Bold, Curve 8900, Storm, Storm 2

Dell: Inspiron 1110, Streak

Google: Nexus One, Nexus S

HTC: Desire, Dream, HD2, Legend, Titan, Touch, Wildfire a další

LG: Optimus One

Nokia: 5230, 62xx, 67xx, E5-00, E5x, E7x, N7x, N8, Cx a další

Sony Ericsson: řada XPERIA, C702, C905, G705, W760, W995, Elm a další

Samsung: Galaxy, Omnia, Transform

2.6.3 Geolocation API – Google Location Services

Geolocation API je specifikace rozhraní patřící mezi standardy organizace W3C, která definuje rozhraní pro získání informace o geografické poloze zařízení. API samotné neumí určit polohu, využívá k tomu poskytnutých informací, což jsou především informace o sítích dostupných v místě, jehož poloha je určována. Konkrétně jsou přenášeny IP adresy, MAC adresy zařízení RFID, WiFi a Bluetooth, SSID sítí, síla signálů od jednotlivých zařízení, informace o dostupných buňkách mobilních sítí, případně i GPS souřadnice, pokud je možné tuto informaci získat. Právě na základě GPS souřadnic, které poskytnou například chytré telefony, bylo možné celý systém vybudovat a dále aktualizovat a zpřesňovat obsah databáze. Stejným způsobem se do systému přidávají také další sítě a zařízení. Dalším zdrojem obrovského množství informací o poloze bezdrátových sítí získala společnost Google, která databázi pro geolokaci spravuje, při mapování oblastí speciálním vozidlem pro službu Street View. Toto vozidlo zaznamenávalo všechny dostupné WiFi sítě a GPS souřadnice. (21)

V databázi jsou uloženy všechny dostupné informace, na základě kterých je vytvářen model všech těchto sítí. Následně je možné poskytnout informaci o poloze i zařízení, které zašle pouze zlomek informací a není schopno GPS souřadnice zjistit. Poloha je vyjádřena souřadnicemi v systému WGS-84, vzhledem ke způsobu tvorby databáze však není garantováno, že bude určena správně. Důvodem může být skutečnost, že je informace získávána pouze na základě IP adresy (např. u stolního počítače bez WiFi karty). V případě

VPN připojení či vytáčeného připojení, kdy je často přiřazována koncovému uživateli neveřejná IP adresa, je totiž k vyhodnocení použita buď IP adresa koncového bodu VPN sítě, nebo veřejná adresa operátora. Zpráva obsahuje kromě samotné polohy ještě informace o přesnosti, s jakou byla poloha určena, a informaci o nadmořské výšce (pokud se podaří určit). Formát odpovědi je připraven také na přenos informaci o natočení (azimut 0 - 359° vůči severnímu pólu) a rychlosti pohybu. (21)

Bezpečnost a ochrana soukromí

Standard také definuje zásady bezpečnosti a ochrany soukromí. Prohlížeč nesmí sám odeslat informace o poloze webové stránce bez výslovného souhlasu uživatele. Tento souhlas musí prohlížeč získat prostřednictvím uživatelského rozhraní, pokud nemá uživatel předem nastavenou důvěryhodnost pro danou stránku. Požadavek vždy obsahuje URL adresu stránky, která si informace vyžádala. Při přechodu na jinou adresu (mimo příslušnou doménu) je informace dále nepřístupná. Výjimku z těchto požadavků tvoří VOIP telefony, které při volání na nouzová čísla (funkce E911) mohou zjistit polohu automaticky. (21)

Implementace

K použití Geolocation API bylo implementováno rozhraní NavigatorGeolocation. Využívá se funkce `getCurrentPosition()`, která může být volána s jedním, dvěma nebo třemi parametry. Po jejím volání je zahájen asynchronní pokus o získání aktuální polohy přístroje. Je-li pokus úspěšný, je vyvolána událost `successCallback`, v případě chyby pak událost `errorCallback`.

Funkce `getCurrentPosition` by měla provést následující posloupnost kroků:

1. Provedení kroků předzpracování
 - a. V případě, že má `successCallback` hodnotu `null`, vyvolá se výjimka `TypeError`.
 - b. Pokud byl použit parametr `PositionOptions` a hodnota atributu `maximumAge` je nezáporná, přiřadí tuto hodnotu vnitřní proměnné `maximumAge`. V opačném případě (záporné číslo nebo není zadáno) je nastavena hodnota na nulu.

- c. Stejný postup se aplikuje na atribut **Timeout** s tím rozdílem, že v případě, kdy není atribut zadán, je nastavena proměnná na nekonečno.
 - d. U atributu **enableHighAccuracy** je v případě hodnoty **true** nastavena stejná hodnota vnitřní proměnné, v ostatních případech je vždy nastavena hodnota **false**.
2. Pokud je k dispozici (uložen v cache) objekt **Position**, jehož stáří není větší než hodnota proměnné **maximumAge**, je zavolána funkce **successCallback** s uloženým objektem **Position** a další provádění je ukončeno.
 3. Pokud je hodnota proměnné **Timeout** rovna nule, je vyvolána (pokud je definována její obsluha) událost **errorCallback** s kódem **TIMEOUT** a provádění je ukončeno.
 4. Zahájení operací pro zjištění polohy, například zavoláním konkrétních API funkcí dle platformy. V případě nastavení hodnoty **enableHighAccuracy** například zapnutí GPS modulu.
 5. Spuštění časovače, který bude zavolán po uplynutí doby nastavené parametrem **TIMEOUT**. V případě, že ve chvíli, kdy dojde k spuštění události časovače, probíhají jakékoliv operace určování polohy patřící do příslušné instance, jsou tyto ukončeny a je vyvolána událost **errorCallback** (je-li definována její obsluha). Další část operací se neprovede.
 6. Pokud jsou operace zahájené v kroku 4 dokončeny dříve než vyprší časový limit, je časovač zastaven (přesněji zrušen) a je vyvolána událost **successCallback** a obsluze je předán objekt **Position** získaný dokončenými operacemi. Další provádění posloupnosti je zastaveno.
 7. Pokud operace zahájené v kroku 4 skončí chybou dříve než vyprší časový limit, je časovač zrušen a je vyvolána událost **errorCallback** s parametrem **POSITION_UNAVAILABLE**.

Podobně je definována posloupnost kroků pro funkci **watchPosition()**. V podstatě se opakovaně zjišťuje poloha a v případě její změny se vyvolá událost **successCallback**.

Použití

Použití API je velmi snadné, ukážeme si jej na několika krátkých příkladech.

Jednorázové získání polohy

```
function showMap(position) {
    // zobrazí mapu vycentrovanou na souřadnice
    (position.coords.latitude, position.coords.longitude).
}

// Jednorázový požadavek na určení polohy
navigator.geolocation.getCurrentPosition(showMap);
```

Pravidelná aktualizace polohy

```
function updateMap(position) {
    // aktualizuje polohu mapy tak, aby byl střed na souřadnicích
    (position.coords.latitude, position.coords.longitude).
}

function handleError(error) {
    // zobrazí požadovaným způsobem chybovou zprávu error.message.
}

// Požadavek na opakované aktualizace polohy.
var watchId = navigator.geolocation.watchPosition(updateMap,
handleError);

function stopEventHandler() {
    // Obsloužení požadavku na ukončení aktualizace polohy
    navigator.geolocation.clearWatch(watchId);
}
```

Určení polohy počítače či jiného zařízení s přístupem na internet pomocí služby Geolocation je vcelku přesné, přesnější než pouhé zaměření mobilu pomocí BTS. V případě, že je do sítě připojeno zařízení, které má GPS modul a odešle své souřadnice službě Geolocation, je poloha aktualizována a následně poskytována s několikametrovou přesností.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 ANALÝZA POŽADAVKŮ NA SYSTÉM

Naším cílem je navrhnout aplikaci krizového tlačítka pro mobilní zařízení. Pro inspiraci se nejprve podíváme na systémy pro lokalizaci volajícího pro záchranné složky. Následně se budeme věnovat samotné analýze požadavků, které jsou kladeny na tento typ aplikace.

3.1 Stávající systémy pro lokalizaci volajícího

Lokalizaci volajícího během tísňového volání se zabývá celá řada projektů americký Enhanced 911 (E911), inovovaná verze Next Generation 9-1-1 (NG911), evropský E112 a eCall zaměřený na automatické nouzové volání z vozidel. Nejprve si popíšeme princip samotné lokalizace mobilního telefonu (MT) pomocí základnových stanic (BTS).

3.1.1 Lokalizace MT pomocí BTS

Jak asi víte, je mobilní síť označována také jako celulární (neboli česky buněčná) síť. Každá buňka je obsluhována jednou základnovou stanicí. Operátor má informaci o tom, ke které BTS je telefon aktuálně přihlášen. Bez ní by totiž nebylo možné propojit příchozí hovor. K tomu, aby mohl hovor v mobilní síti proběhnout plynule, je nutné, aby BTS a MT znali vzdálenost mezi sebou. Tuto vzdálenost je totiž nutné zohlednit vzhledem ke zpoždění vznikajícím při komunikaci na větší vzdálenost. Telefon se musí trefit do velmi krátkých časových intervalů, aby nedošlo ke ztrátě paketu. Přesnost měření této vzdálenosti je cca. 550 metrů, výsledná hodnota je označována jako Time Advance (TA). K určení polohy může operátor využít této a dalších informací. Kromě TA je to samotný fakt, že zná polohu BTS, se kterou telefon komunikuje, a také konkrétní sektor, ve kterém se MT nachází. Podle způsobu využití těchto dat lze rozdělit lokalizaci na několik typů:

Lokalizace pouze podle BTS

Nejrychlejší určení polohy, nicméně velmi nepřesné. Umožňuje určit okruh o průměru cca 35 km, v případě použití sektorových BTS výšeč tohoto kruhu. Reálně je oblast, ve které se může MT nacházet menší, neboť sektory se překrývají, ale i tak lze určit nanejvýš okres, ve kterém se volající nalézá. Praktické zkušenosti ukazují, že chyba se pohybuje ve volné přírodě do 10 km od BTS, ve větších městech by mělo docházet k chybám do vzdálenosti jednotek kilometrů či dokonce stovek metrů. Problémy však přináší tzv. vykrývací vysílače, které jsou umístěny na vyvýšených místech a pokrývají rozsáhlejší oblasti. Druhý extrém tvoří velmi malé buňky využívané např. v metru, obchodních domech či jiných

místech, kde se často vyskytuje velké množství osob. Tento způsob lokalizace je využit u některých pracovišť záchranných složek.

Lokalizace podle BTS a TA

Využití hodnoty Time Advance lze významně zlepšit přesnost polohy díky tomu, že kruh lze omezit na mezikruží o šířce asi 1100 metrů. Nicméně je nutné využití další technologie, které nejsou standardní součástí sítě GSM. V kombinaci s vícesektorovou BTS lze dosáhnout přijatelné přesnosti. Obzvláště přičteme-li skutečnost, že v případě hlášení nehody např. na dálnici se bude jednat o jeden průsečík dálnice s částí kružnice, tedy cca. 1 km úseku dálnice. O tom, jak se mění velikost plochy, ve které se MT může nacházet, si můžeme udělat lepší představu, když si spočítáme hodnoty na základě rovnice pro obsah kruhové výseče:

$$S = \frac{\pi r^2}{360^\circ} \cdot \alpha,$$

kde α je velikost úhlu ve stupních a r je její poloměr.

TA	Bez TA			S TA		
	1 sektor	2 sektory	3 sektory	1 sektor	2 sektory	3 sektory
0	$31 \cdot 10^3 \text{ m}^2$	$16 \cdot 10^3 \text{ m}^2$	$11 \cdot 10^3 \text{ m}^2$	$0,95 \text{ km}^2$	$0,48 \text{ km}^2$	$0,32 \text{ km}^2$
1	$3,14 \text{ km}^2$	$1,57 \text{ km}^2$	$1,05 \text{ km}^2$	$2,95 \text{ km}^2$	$1,48 \text{ km}^2$	$0,98 \text{ km}^2$
2	314 km^2	157 km^2	105 km^2	$8,55 \text{ km}^2$	$4,28 \text{ km}^2$	$2,85 \text{ km}^2$

Tab 1: Srovnání plochy, ve které se může nacházet lokalizovaný MT, dle typu lokalizace a vzdálenosti od BTS

1 TA \approx 550 m. U varianty Bez TA je v případě TA = 0 uvažována BTS s akčním rádiusem 100 m, pro další hodnoty je vždy uvažován desetinásobek předchozí hodnoty.

Lokalizace triangulací z více BTS

Jedná se o nejpřesnější metodu, jak zjistit polohu v síti GSM. Je založena na změření TA k několika BTS. Toto řešení je technicky nejnáročnější, vyžaduje speciální SIM kartu či podporovaný telefon. Z naměřených hodnot je určen průsečík kružnic a určena přibližná poloha. V případě dvou BTS se jedná o dvojici oblastí o přibližné velikosti $0,3 \text{ km}^2$ každé z nich, při více se jedná o jednu oblast o přibližně stejné velikosti.

3.1.2 Enhanced 911

Rozšíření služby tísňové linky 911 o automatické zjištění polohy volajícího bylo poprvé použito v Chicagu v polovině sedmdesátých let dvacátého století. Měla usnadnit a zrychlit předání informace o poloze záchranným týmům. Ve Spojených státech amerických jsou hovory na linku 911 obvykle přijímány střediskem vládní agentury - Public Safety Answering Point (PSAP), které má oprávnění zjistit polohu volajícího. Na území USA je jich více než 6000. Tato poloha je zobrazena ve speciální aplikaci bezprostředně po spojení hovoru. Ostatní tísňové linky tuto službu využít nemohou, funkce je navíc odvislá od způsobu, jakým se v mobilní síti předávají tísňová volání. Z toho důvodu není možné použít stejný systém v dalších zemích.

Poloha je zjišťována pomocí Automatic Location Information (ALI) databáze, která je udržována lokálními samosprávami a současně je používána k směřování hovorů do příslušného centra.

Federální komise pro komunikaci (FCC) definovala několik požadavků na bezdrátové a mobilní telefony:

- Basic 911: Všechny hovory musí být přesměřovány do call centra bez ohledu na to, zda je uživatel telefonu zákazníkem sítě, kterou využívá.
- E911 fáze 1: Provozovatelé sítě musí identifikovat telefonní číslo a použítou BTS do šesti minut od požadavku od PSAP.
- E911 fáze 2: 95% telefonů v síti operátora muselo být kompatibilní s E911 do konce roku 2005. Dále provozovatelé bezdrátových sítí musí poskytovat informaci o poloze s přesností na 300 m do šesti minut od požadavku. Přesnost musí splňovat normy v průměru za celou oblast do konce prodloužené lhůty, 11. září 2012.

Lokalizace telefonu vyhovujícímu E911 Phase 2 musí být možná jedním z dvou způsobů, pomocí radiolokace prostřednictvím mobilní sítě (viz. lokalizace pomocí BTS) nebo za využití vestavěného GPS přijímače. Detailněji je vše popsáno v LCS protokolu (Radio resource location services protocol)

3.1.3 E112

Obdobou systému E911 je projekt Evropské unie připravovaný skupinou CGALIES (Coordination Group for Access to Location Information by Emergency Services), označovaný jako E112. Číslo 112 bylo zvoleno jako jediné evropské tísňové číslo. První

požadavky na poskytování informací o poloze volajícího byly ustanoveny v roce 2000, kdy byla také vytvořena pracovní skupina CGALIES. Celý projekt řeší tři oblasti: (22)

1. **Technické záležitosti** – minimální požadavky na přesnost, spolehlivost a způsob přenosu. Dále definuje požadavky na referenční systém souřadnic.
2. **Oblast záchranných služeb** – funkční požadavky na směrování a sítě, požadavky na databázové systémy a dispečerská pracoviště PSAP (Public Safety Answering Points)
3. **Finanční aspekty** – analýza financování a nákladů a jejich vztah ke kvalitě služby a dalších souvisejících nákladů.

Mezi požadavky patří technologická neutralita řešení, sloučení komerčních a veřejných zájmů, obchodně založené řešení, minimální náklady na přesnost. Dále by neměly být zahrnuty existující technologie a projekt by měl obsáhnout také proces standardizace. (22)

Systém měl být zaváděn postupně, dle plánu z roku 2002 mělo být v první fázi definováno rozhraní mezi PSAP a operátory. Současně mělo být využíváno k určení polohy metody určování polohy pomocí BTS. Ve druhé fázi mělo dojít k posunu na technologii BTS + TA. Až následně měl být použit systém A-GPS, resp. méně přesný E-OTD. Jako první byly systémy dokončeny ve Velké Británii a Španělsku. Bylo standardizováno rozhraní PSAP/sít'. Blíže se lze s projektem seznámit v závěrečném reportu pracovní skupiny. (23)

3.1.4 eCall

Dalším projektem, který je založen na E112 je projekt eCall, určený k automatizovanému provádění tísňových volání z vozidel. Cílem je vyvinout jakousi černou skříňku, která by měla být instalována ve vozidle. Tato jednotka by přenášela informace o vystřelení airbagů, data z nárazových čidel a samozřejmě také souřadnice s polohou do nejbližšího PSAP. Realizace tohoto projektu je plánována na rok 2014.

Zájemci o bližší informace k tomuto projektu mohou nalézt více informací na webu organizace eSafety Support.

3.2 Funkční požadavky na vlastní řešení

3.2.1 Registrace uživatele služby

Aplikace bude zdarma dostupná všem občanům. Každý zájemce o využití služby bude mít možnost se zaregistrovat a vytvořit si účet s vlastním profilem. Unikátním identifikátorem uživatele bude rodné číslo, čímž bude zabráněno duplicitním účtům.

3.2.2 Registrace operačních středisek a dispečerů IZS

Aplikace je primárně určena pro využití složkami IZS. Za tímto účelem bude nutné registrovat operační střediska a jejich zaměstnance do systému. U operačního střediska bude stanovena oblast, pro kterou je určeno.

3.2.3 Přihlášení do systému

Pro přístup do systému bude nutné se přihlásit. Každý účet v systému bude mít nastaveno unikátní přihlašovací jméno a dostatečně silné heslo. Heslo bude uloženo pomocí jednosměrné šifry tak, že nebude možné jeho zpětné dešifrování. V případě obnovení účtu bude nutné prokázání totožnosti a aktivace účtu oprávněnou osobou.

3.2.4 Nastavení profilu uživatele

Uživatel bude mít možnost nastavit v profilu volitelné informace usnadňující případnou záchrannou operaci. Bude se jednat především o adresy častého pobytu a další informace, které budou dále specifikovány, které mohou být využity jak ke zpřesnění určení polohy v případě nedostatečné přesnosti, tak k zjištění případných zdravotních komplikací pacienta.

3.2.5 Přivolání pomoci

Cílem aplikace je určení polohy osoby v nouzi. Podnětem pro zahájení dalších kroků bude vyvolání alarmu uživatelem, prostřednictvím speciální aplikace či zařízení, které umí zjistit svou polohu a odeslat ji.

3.2.6 Automatické zjištění a odeslání polohy

Mobilní aplikace musí umět zcela bez účasti uživatele zjistit po vyvolání alarmu polohu zařízení a odeslat ji na server k dalšímu zpracování. Za tímto účelem je možné odesílat polohy v pravidelných intervalech.

3.2.7 Možnost odvolání planého poplachu

Aplikace musí umožnit odvolat poplach, pokud dojde k jeho svévolné aktivaci. Stejně tak dispečer musí mít možnost ověřit poplach prostřednictvím hlasového volání na zařízení, z něhož byl alarm vyvolán a v případě potřeby deaktivovat poplach.

3.2.8 Automatické zobrazení alarmu dispečerovi

System předá požadavek zcela automaticky na příslušné dispečerské pracoviště včetně všech podrobností, které jsou k dispozici. Aplikace může poskytnout poslední známou pozici po dobu, než bude zjištěna aktuální poloha. Ta by však neměla být starší více než 15 minut. K dispozici by měla být historie pohybu, resp. posledních pět poloh pro analýzu směru pohybu.

3.2.9 Automatické zahájení zpětného volání

Každý požadavek na pomoc je nutné ověřit dispečerem. Za tímto účelem je dle možností konkrétní platformy automaticky zahájeno zpětné volání. Alternativně může být zobrazeno číslo uživatele a další údaje.

3.3 Nefunkční požadavky na vlastní řešení

Aplikace by měla využívat stávající infrastrukturu mobilních sítí a pokud možno by nemělo být zasahováno ani do SW vybavení dispečerských stanovišť záchranných složek. Dále by měla být zajištěna bezpečnost, dostupnost a autonomie aplikace. Mělo by se jednat o komplexní systém řešící úkony vyvolání alarmu, zjištění a odeslání polohy, přenesení informace do systému a její zobrazení na dispečerském pracovišti či jinou formou. Data by měla vznikat prostřednictvím mobilní aplikace, případně speciálního zařízení, umožňujícího sledovat polohu a komunikovat se vzdáleným serverem. K přenosu zpráv bude využita zabezpečená komunikace přes GSM síť a Internet. Data budou zpracována na zabezpečených serverech přístupných z Internetu. Výstup bude dostupný prostřednictvím webové, desktopové a mobilní verze aplikace. Desktopová verze bude dostupná pro systém Windows a Linux.

3.3.1 Využití stávající infrastruktury

Aplikace musí využívat standardů běžných v mobilních sítích, obvyklých komunikačních protokolů, aplikačních rozhraní a knihoven. Neměla by klást speciální požadavky na SW ani HW vybavení pracovišť.

3.3.2 Bezpečnost a ochrana osobních údajů

- 3.3.2.1. Systém musí být zabezpečen tak, aby nebylo možné získat polohu osoby v nouzi, aniž by k tomu sama dala podnět.
- 3.3.2.2. K informacím o poloze a případným dalším záznamům usnadňujícím vyhledání a záchranu osoby v nouzi smí přistupovat pouze oprávněné osoby podílející se na zásahu.
- 3.3.2.3. O tom, jaká doplňující data budou k dispozici, rozhoduje vždy uživatel.
- 3.3.2.4. Vstup do systému musí být chráněn přístupovými údaji jak pro občany, tak pro členy záchranných složek.
- 3.3.2.5. Veškeré přístupy do systému a prováděné operace musí být zaznamenávány po dobu nejméně 90 dnů.

3.3.3 Dostupnost systému

Systém musí být dostupný v režimu 24/7, za tímto účelem budou data replikována v reálném čase. Případně je možné využít cloudových služeb.

3.3.4 Úspornost mobilní aplikace vůči spotřebě energie

Mobilní aplikace musí být úsporná k spotřebě energie, mobilní zařízení musí být schopno na jedno nabití zajistit provoz po dobu 48 hodin.

3.3.5 Jednoduché uživatelské rozhraní

Především mobilní aplikace by měla mít intuitivní a jednoduché ovládání. Přehledné by měly být také další aplikace tvořící celý systém.

Požadavky na podobu dispečerské aplikace budou formulovány ve zvláštní části dokumentu.

3.3.6 Rychlost zjištění a přenosu polohy a samotného alarmu na dispečink

- 3.3.6.1. Doba od vyvolání alarmu po jeho indikaci dispečerovi by neměla překročit 5 sekund. Alarm je odesílán bezprostředně po jeho vyvolání.

- 3.3.6.2. Informace o poloze osoby v nouzi musí být k dispozici v nejkratším možném čase od jejího zjištění. Doba od zjištění polohy po její zobrazení dispečerovi by neměla překročit 10 sekund.
- 3.3.6.3. Doba zjištění polohy by měla trvat minimální dobu danou technickými možnostmi zařízení a použité technologie pro určení polohy. Neměla by překročit 1 minutu.

3.4 Uchovávané údaje o uživateli

3.4.1 Povinné osobní údaje

- 3.4.1.1. Jméno a příjmení osoby
- 3.4.1.2. Rodné číslo
- 3.4.1.3. Telefonní číslo (mobilního telefonu s aplikací)

3.4.2 Doplnující údaje vhodné k usnadnění lokalizace

- 3.4.2.1. Adresa bydliště včetně GPS souřadnic
- 3.4.2.2. Adresa zaměstnání/školy včetně GPS souřadnic (obvyklé místo výskytu v pracovní době)
- 3.4.2.3. Adresa a souřadnice dalších často navštěvovaných míst
- 3.4.2.4. Plán plánované trasy výletu ve formátu KML

3.4.3 Doplnující údaje určené pro zasahujícího lékaře

- 3.4.3.1. Alergologická anamnéza
- 3.4.3.2. Farmakologická anamnéza
- 3.4.3.3. Osobní anamnéza
- 3.4.3.4. Krevní skupina

3.4.4 Ostatní informace

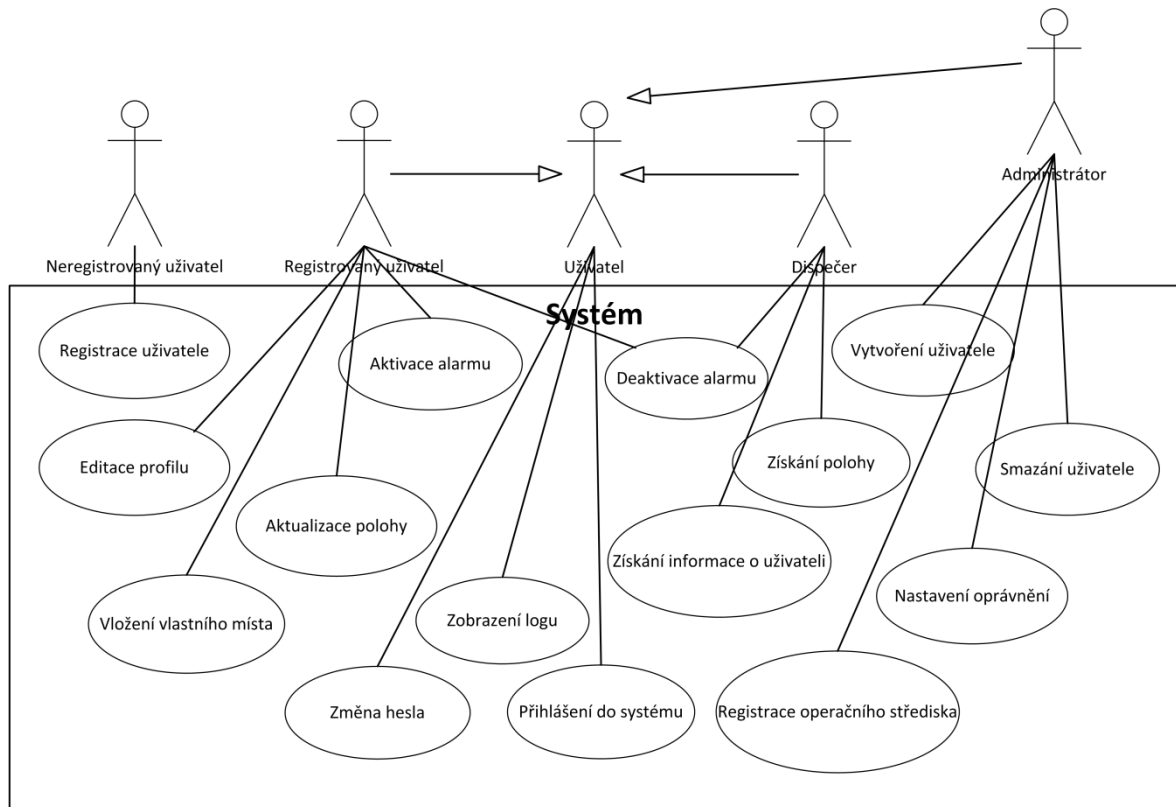
- 3.4.4.1. Kontakt na příbuzné osoby
- 3.4.4.2. Jiné poznámky

3.4.5 Případné informace o poslední poloze

Aplikace může průběžně odesílat informace o poloze, což urychlí proces lokalizace.

4 SPECIFIKACE SYSTÉMU

4.1 Use case model



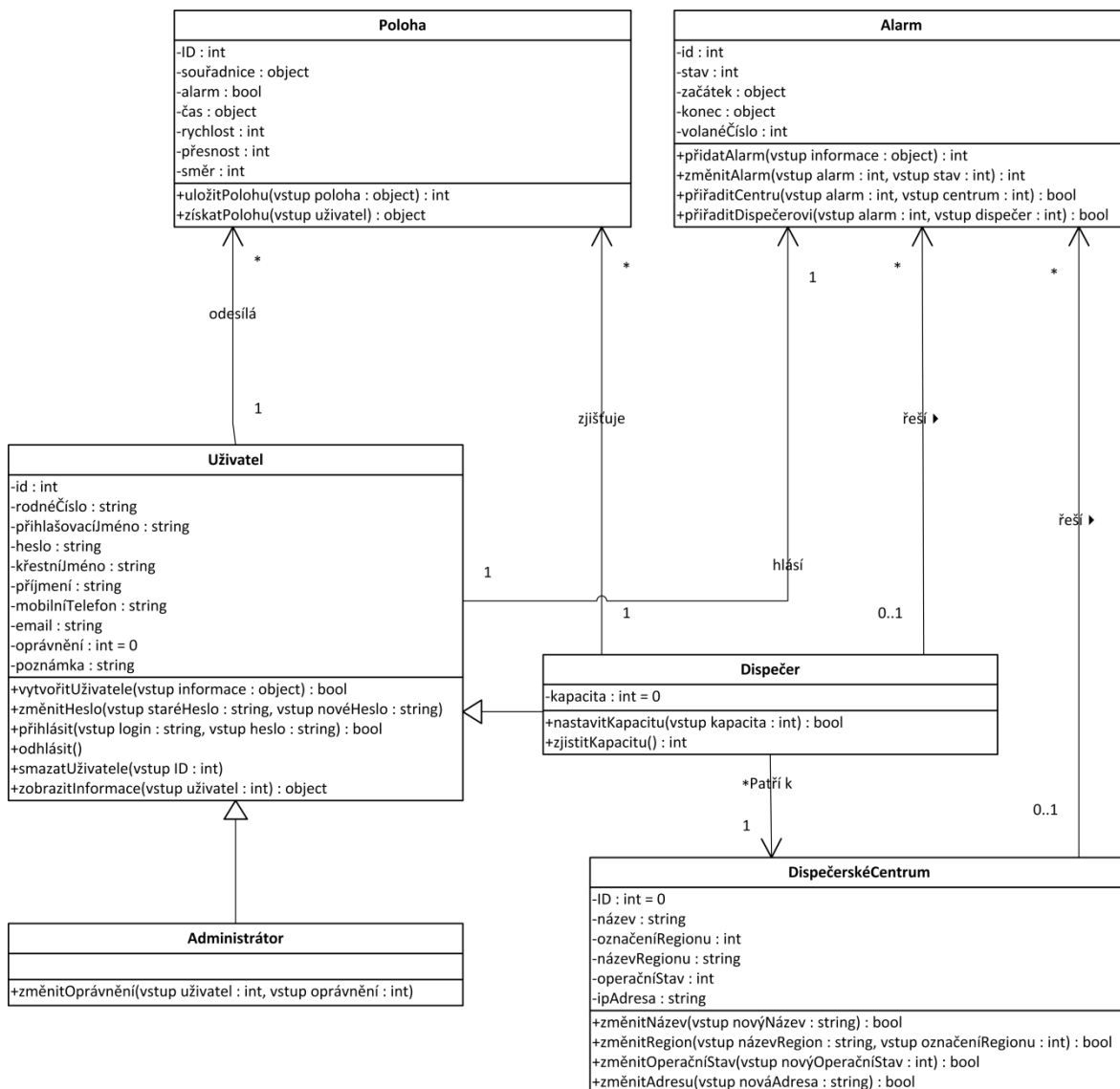
Obrázek 8: Celkový model případů užití

V systému jsou definovány čtyři role:

1. **Neregistrovaný uživatel** – anonymní uživatel bez účtu v systému, má pouze možnost se registrovat.
2. **Registrovaný uživatel** – uživatel, který provedl registraci, má oprávnění spravovat svůj účet, vkládat vlastní místa a další údaje. Prostřednictvím mobilní aplikace může aktualizovat svou polohu a aktivovat či deaktivovat alarmový stav.
3. **Dispečer** – oprávněná osoba, která má přístup k veškerým informacím o uživateli, který aktivoval alarmový stav, smí zjistit jeho polohu, podrobnosti o uživateli a provést deaktivaci alarmového stavu.
4. **Administrátor** – administrátor systému, má možnost vytvářet uživatelské účty a spravovat je. Také registruje operační střediska a přiřazuje k nim jednotlivé dispečery. V rámci ochrany osobních údajů nemá přístup k datům uživatelů, kromě možnosti obnovy zapomenutého hesla.

4.2 Diagram tříd

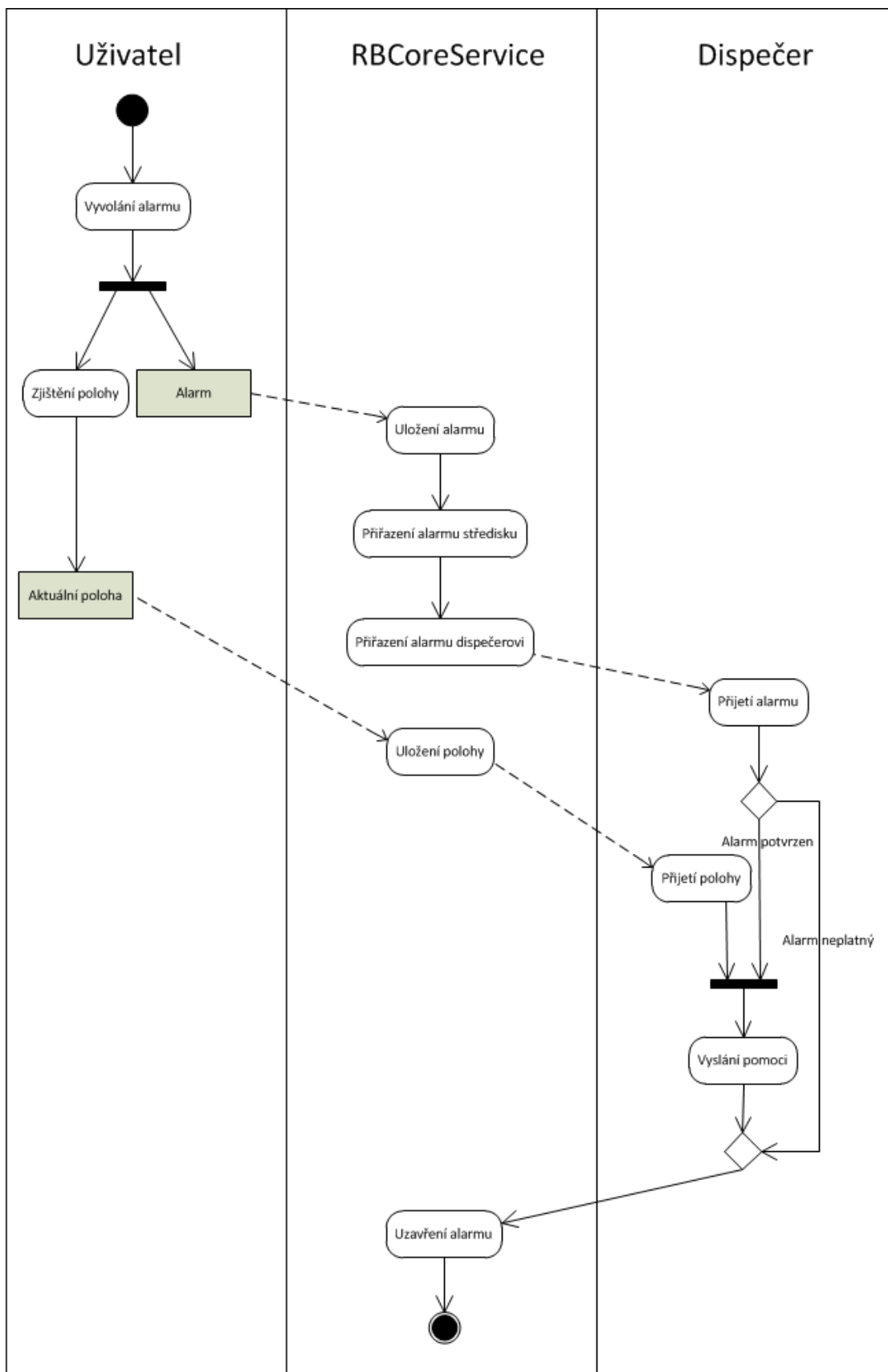
Diagram tříd popisuje šest základních tříd a jejich vzájemné vazby. V návrhu nejsou zobrazeny třídy pro uložení uživatelem definovaných míst a tras a třídy vztahující se k rozšíření pro uchovávání informací o zdravotním stavu uživatele.



Obrázek 9: Diagram tříd pro základní variantu systému (bez rozšiřující funkcionality)

Následující diagram ukazuje posloupnost aktivit, které budou probíhat od vzniku alarmu až k jeho uzavření.

4.3 Diagram aktivit



Obrázek 10: Diagram aktivit – přijetí a zpracování alarmu

5 NÁVRH ARCHITEKTURY SYSTÉMU

5.1 Serverová část

Klíčovou součástí celého systému je serverová část. Server bude přijímat aktualizace polohy i alarmové stavy. Veškerá tato data budou uložena v centrální databázi. Dále bude server předávat požadavky a potřebné informace na dispečerská pracoviště, a to dvojnásobným způsobem – automaticky nebo na vyžádání (on-demand).

V prvním případě bude na veřejnou IP adresu pracoviště se spuštěnou dispečerskou aplikací zasílána zpráva o vzniklém alarmu bezprostředně po jejím vzniku (preferovaná varianta). Tento přístup zajistí maximální rychlost doručení, avšak vyžaduje, aby aplikace byla připojena k internetu pomocí statické veřejné IP adresy. Výběr centra bude proveden na základě informace o obsluhované oblasti. Tuto informaci bude mít server k dispozici.

V druhém případě se budou klientské aplikace dotazovat serveru na případná alarmová hlášení. Tento způsob předávání informací je náročný na komunikaci a zatěžuje více server, avšak je nutné jej implementovat také pro případy, kdy bude chtít dispečer či jiný člen záchranného týmu získat informace o poloze uživatele v terénu. V takovém případě bude možné se k serveru připojit prostřednictvím mobilní aplikace.

5.1.1 Návrh databáze

Datový model databáze obsahuje deset tabulek. Hlavní tabulkou, k níž jsou data v dalších tabulkách navázána pomocí cizích klíčů, je tabulka **Users**, která obsahuje seznam uživatelů. Tabulka obsahuje registrační, přihlašovací a kontaktní údaje, informace o oprávnění a sloupec pro uložení poznámek. Tato tabulka má jako primární klíč **user_id**, dalším důležitým sloupcem je **user_rc**, který musí obsahovat unikátní hodnoty, uchovává rodné číslo uživatele. Dalším unikátním sloupcem je sloupec **user_login**. Kromě sloupce **user_memo** jsou všechny sloupce povinné.

Tabulka **Locations** slouží k uložení poloh uživatelů, primárním klíčem je **loc_id**, cizím klíčem pak **loc_user** mající vazbu na tabulku **Users**. Všechny údaje jsou povinné.

Tabulka **Alarms** obsahuje informace o alarmových stavech. Je zde uložen každý vyvolaný alarm, jeho aktuální stav, informace o dispečerském pracovišti a dispečerovi, který jej zpracoval a době, od kdy do kdy byl tento stav aktivní navíc obsahuje informace o tom, zda uživatel volal na některou z krizových linek. Obsahuje tři cizí klíče, z nichž dva

(**alarm_user** a **alarm_dispatcher**) odkazují na tabulku **Users**, **alarm_center** pak odkazuje na tabulku **DispatchCenters**, která obsahuje informace o jednotlivých centrech - název, číslo regionu, operační stav a případně IP adresu pro příjem alarmů.

Tabulka **Dispatchers** slouží k vytvoření vazby dispečer (**Users**) - dispečerské pracoviště (**DispatchCenter**). Jediným dalším sloupcem je povinný údaj, určující zda je schopen dispečer přijmout další požadavek.

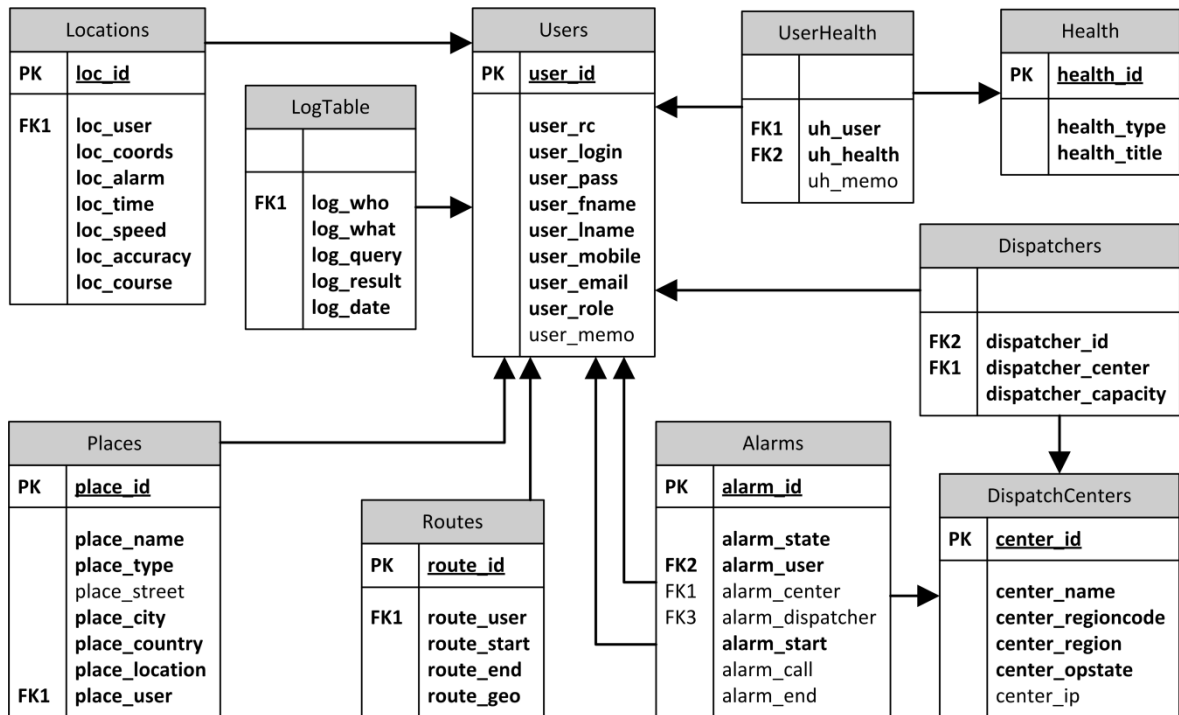
Veškeré změny a přístupy do databáze jsou zaznamenávány po dobu 90 dnů v tabulce **LogTable**. Nezapisuje se záznam o dotazech na tabulku **Alarms** s prázdným výsledkem. Tabulka obsahuje informace o tom, kdo prováděl jakou operaci, SQL dotaz, počet řádků výsledku a datum provedení.

Ostatní tabulky slouží k uchování volitelných informací o uživatelích, jedna pak slouží jako číselník anamnéz a krevních skupin, jedná se o tabulku **Health**. Primárním klíčem je **health_id**, **health_type** slouží k rozlišení alergologické, farmakologické a osobní anamnézy a krevní skupiny a **health_title** k popisu sledovaného jevu (označení krevní skupiny, název alergenu atd.). K vazbě anamnéza-uživatel slouží tabulka **UserHealth**, kromě dvou cizích klíčů obsahuje sloupec pro poznámku upřesňující informaci.

Poslední dvě tabulky slouží k uložení informací o možných místech pobytu uživatele. Mohou být využity při nepřesné lokalizaci uživatele prostřednictvím mobilní aplikace. Tabulka **Places** slouží k uložení často navštěvovaných míst (domov, zaměstnání, práce). Obsahuje adresu, souřadnice a typ místa. Cizí klíč **place_user** tvoří vazbu na uživatele.

Tabulka **Routes** slouží k uložení informace o plánované trase výletu, především při turistickém výletu do volné přírody, kde je možnost lokalizace pomocí BTS velmi špatná a při nemožnosti využití GPS signálu by byl prohledávaný prostor příliš velký. Obsahuje informaci o trase a datum od kdy do kdy je trasa plánována. Po skončení platnosti je automaticky odstraněna z databáze.

Při návrhu databáze byly uvažovány datové typy dostupné v databázovém stroji MS SQL 2008, který obsahuje rozšíření pro prostorová data. Více informací lze najít na webu společnosti Microsoft (22) nebo v dokumentu *Delivering Location Intelligence with Spatial Data*. (23) Struktura databáze je znázorněna na obrázku databázového modelu na další straně.



Obrázek 11: Databázový model

5.1.2 Webová služba pro vkládání a přístup k datům přes HTTP/SOAP

Pro komunikaci s dalšími částmi systému bude sloužit webová služba *RBWebService* umožňující komunikaci prostřednictvím protokolů SOAP či HTTP POST nebo HTTP GET. Komunikace bude zabezpečena pomocí SSL (protokol HTTPS).

Služba bude poskytovat následující metody:

addPosition(user, pass, lat, lng, accu, time, course, speed, alarm, call) ;

Metoda zajistí vložení polohy do tabulky **Locations**. Současně, v případě, že **alarm = 1**, vytvoří nový záznam do tabulky **Alarms**, vyjma případů, kdy tak bylo učiněno již dříve.

Význam jednotlivých parametrů:

- user, pass** přihlašovací údaje uživatele (textový řetězec)
- lat, lng** GPS souřadnice, zeměpisná šířka a délka (desetinné číslo)
- accu** informace o přesnosti (celé číslo v metrech, -1 = neznámá)
- time** čas polohy
- course** směr pohybu (celé číslo ve stupních, rozsah -1 – 360, -1 = neznámý)
- speed** rychlost pohybu (celé číslo v m/s, záporné číslo = neznámá)
- alarm** indikátor, zda je vyvolán alarm (logická hodnota)
- call** v případě, že je volána nouzová linka, je uvedeno číslo (celé číslo)

Návratové hodnoty funkce:

> 0	ID vytvořeného alarmu / ID polohy pokud nebyl alarm
0	polohu se nepodařilo uložit
-1	nesprávné přihlašovací údaje

setAlarmState(user, pass, time, alarmID, state, dispatcher);

Metoda změni stav alarmu v tabulce **Alarms**.

Význam jednotlivých parametrů:

user, pass	přihlašovací údaje uživatele (textový řetězec)
alarmID	ID alarmu (celé číslo), jehož stav chceme nastavit, 0 = nový alarm
state	nastavovaný stav (celé číslo), 1 = nový alarm, 2 = přidělování dispečera, 3 = zpětné volání, 4 = potvrzený alarm, 0 = alarm vyřešen, deaktivován dispečerem, -1 = falešný poplach, deaktivován uživatelem, -2 = falešný poplach, deaktivován dispečerem
dispatcher	ID dispečera, který alarm řeší (celé číslo)

Návratové hodnoty funkce:

> 0	ID alarmu v případě úspěchu
0	nepodařilo se uložit
-1	nesprávné přihlašovací údaje

setCenterState(user, pass, centerID, state, ip);

Metoda změni operační stav střediska a případně IP adresu v tabulce **DispatchCenters**.

Význam jednotlivých parametrů:

user, pass	přihlašovací údaje uživatele (textový řetězec)
centerID	ID centra (celé číslo), jehož stav chceme nastavit
state	nastavovaný stav (celé číslo), 0 = mimo provoz, 1 = přijímá alarmy ze svého regionu, 2 = přijímá alarmy z celého území
ip	pevná veřejná IP adresa centra, na kterou mají být zasílána upozornění

Návratové hodnoty funkce:

1	změny byly uloženy
0	nepodařilo se uložit
-1	nesprávné přihlašovací údaje

```
getAlarmData(user, pass, alarmID, type);
```

Metoda zašle dle zadaného typu informace týkající se alarmu. Vždy zašle údaje z tabulky **Alarms** a **Locations**. Volitelně může zaslat také data z tabulek **UserHealth**, **Places** nebo **Routes**. Současně je využita při získání nových alarmů v režimu on-demand.

Význam jednotlivých parametrů:

user, pass	přihlašovací údaje uživatele (textový řetězec)
alarmID	ID alarmu (celé číslo), jehož data chceme získat, 0 = dotaz na nový alarm
type	požadovaný typ dat (celé číslo), 1 = pouze základní informace (poloha, stav), 2 = zdravotnické informace, 4 = relevantní pomocné pozice (z tabulek Places a Routes, 7 = všechna data, dále kombinace: 3 = 1 + 2, 5 = 1 + 4, 6 = 2 + 4

Návratové hodnoty funkce:

datová struktura, v případě, že je dotaz chybný obsahuje hodnota alarm_id následující hodnoty:

0	alarm se zadaným ID neexistuje / žádný alarm pro dané středisko
-1	nesprávné přihlašovací údaje

5.1.3 Síťová aplikace pro zpracování dat z GPS trackerů prostřednictvím GPRS

Síťová aplikace bude určena k příjmu dat prostřednictvím GPRS, aplikace bude naslouchat na veřejné IP adrese. GPS trackery, např. Xexun TK102 nebo Teltonika GH1202, umožňují přenášet speciální datové zprávy na zadanou IP adresu a port. Zařízení lze nastavovat pomocí SMS zpráv, nicméně pro podporu těchto zařízení by bylo vhodné navrhnout další rozhraní pro konfiguraci a nastavení. Proto se podrobněji touto částí zabývat nebudeme a ani ji v této fázi nebudeme implementovat.

5.1.4 Aplikace pro zpracování požadavků a jejich distribuci

Jestliže jsme zmínili, že klíčovou částí celého systému je serverová část, tak aplikace pro zpracování požadavků a jejich distribuci, která by měla běžet jako služba operačního systému na tomto serveru, je doslova jeho jádrem. Proto ji v rámci odlišení od webové služby budeme dále označovat jako *RBCoreService*. Tato vícevláknová aplikace bude zabezpečovat předávání požadavků k dispečerům v automatickém režimu.

Vláknem pro kontrolu nových alarmů bude provádět v intervalu 1 sekundy dotaz na nová alarmová hlášení. Nový alarm bude předán funkci, která se pokusí najít středisko, které

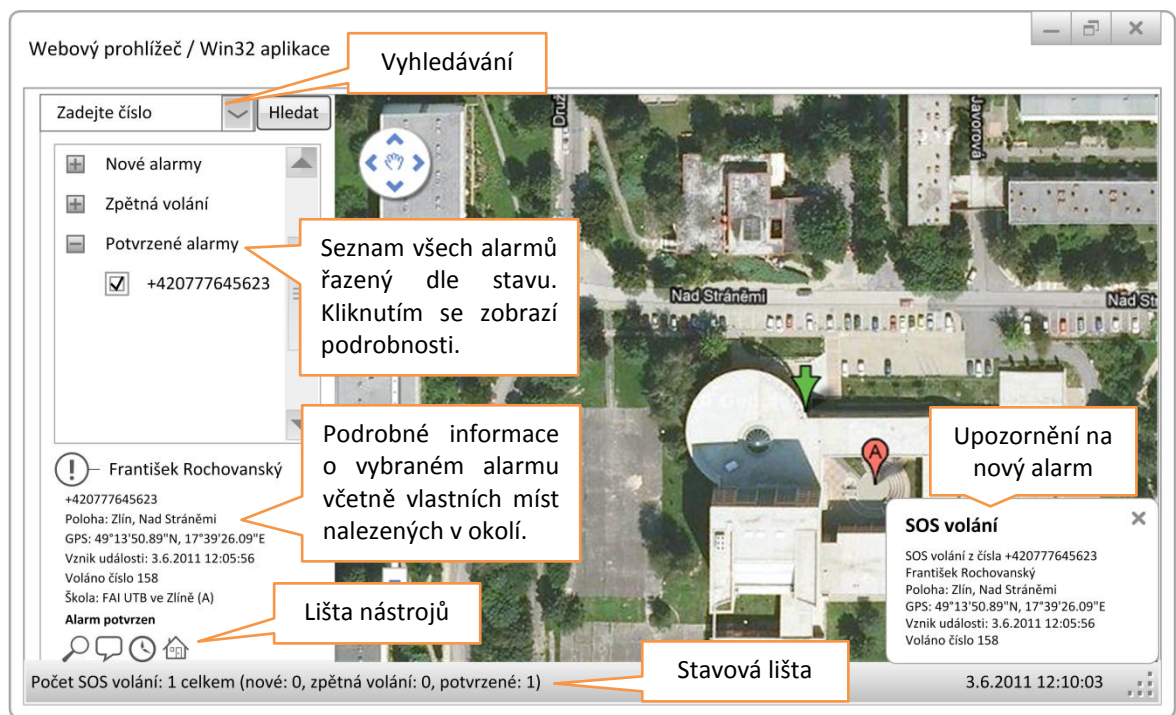
přijímá alarmy z příslušného regionu. Současně budou pro všechny aktivní alarmy vyhodnocovány informace o poloze, zejména historie pohybu pro případné zpřesňování polohy a porovnání s tabulkou **Places** a **Routes**.

5.2 Klientská část pro záchranné složky

Aplikace pro záchranné složky musí v jakékoliv verzi umožňovat zobrazit polohu uživatele na mapě. Mapa musí umožňovat přepínání mezi mapovými podklady, minimálně mezi klasickou mapou a satelitními snímky. Aplikace také musí poskytnout případné dodatečné informace o uživateli, nebo je umožnit dispečerovi získat.

5.2.1 Desktopová aplikace

Pro potřeby návrhu byl vytvořen následující obrázek, na kterém je názorně ukázáno, jak by mělo uživatelské rozhraní vypadat.



Obrázek 12: Návrh desktopové aplikace pro dispečery

Největší část obrazovky bude zaujímat mapa. V této mapě se budou zobrazovat různými typy ikon poloha uživatele a uživatelem definovaná vlastní místa, pokud je v blízkosti. Ikony by měly rozlišovat také různé stavy alarmu. U ikony uživatele bude uvedeno telefonní číslo a jméno.

Další významnou část tvoří boční panel, který ve své horní části obsahuje výběrový ovládací prvek, určený k vyhledání alarmu v případě, že je alarmů více. Všechny alarmy budou zobrazeny v podobě stromu a to tak, že budou rozděleny do skupin dle stavu. Pod seznamem budou zobrazovány podrobné informace o uživateli a alarmu. Zejména jméno, telefonní číslo, poloha, stav alarmu, čas vzniku události a případné další informace.

Dále bude aplikace obsahovat panel nástrojů pro práci s alarmovým stavem. Tlačítko pro vycentrování mapy, zahájení zpětného volání, zobrazení historie poloh nebo vlastních míst v mapě a tlačítko pro změnu stavu alarmu.

Posledním prvkem aplikace bude stavová lišta, která bude informovat dispečera o stavu spojení se serverem, počtu alarmů a bude zobrazovat aktuální čas.

Na nové události bude dispečer upozorňován akusticky, dokud nebude změněn stav alarmu, a také pomocí dialogu, který však nebude bránit v práci s aplikací. Po přijetí alarmu bude zahájeno automaticky zpětné volání.

Aplikace bude umožňovat využití obou způsobů distribuce alarmových hlášení, způsob komunikace bude možné změnit nastavení za běhu aplikace. Po spuštění bude aplikace vyžadovat zadání přihlašovacích údajů, přičemž jejich změna bude možná za běhu aplikace, v případě, že není aktuálně přihlášenému dispečerovi přiděleno alarmové hlášení.

5.2.2 Webová aplikace

Jediný rozdíl mezi desktopovou a webovou verzí by měl být ve způsobu předávání alarmových stavů. Webová aplikace bude využívat *RBWebService*, dotazy na nové alarmové stavy budou prováděny v intervalu jedné sekundy. Co se týče uživatelského rozhraní, mělo by být co nejpodobnější verzi desktopové. Nepředpokládá se automatické vytáčení zpětných volání.

5.2.3 Mobilní aplikace

Mobilní aplikace bude určena pro použití v terénu, bude využívat *RBWebService*. Bude obsahovat obrazovku s mapou s funkcí pro navigaci k poloze uživatele a obrazovku s informacemi o uživateli, dále bude umožňovat změnit stav alarmu.

5.3 Klientská část pro uživatele

5.3.1 Mobilní aplikace

Mobilní aplikace musí splňovat požadavky na systém v bodech, které se jí týkají. Především v oblasti zajištění soukromí a bezpečnosti, splnění stanovených limitů na zjišťování polohy a rychlost předávání informací. Dále musí vhodně zajistit, aby nedocházelo k falešným poplachům a rychlému vybíjení baterie zařízení. Mělo by se jednat o jednoduchou a přehlednou aplikaci. Požadavky shrneme v několika bodech:

- Po spuštění aplikace bude zahájen odpočet do aktivace alarmu v délce 10 sekund.
- Během odpočtu a probíhajícího alarmu bude přehráván akustický signál SOS a telefon bude, pokud to je možné, vibrovat. Tato vlastnost krom varovného efektu před vyvoláním planého poplachu bude sloužit také pro vyhledání zraněné osoby v nepřehledném terénu.
- Aplikace bude obsahovat tlačítka pro aktivaci a deaktivaci alarmu a tlačítka pro volání na čísla 150, 155 a 158. Informace o volání na tato čísla bude předávat na server. Použití tlačítek pro zahájení hovoru provede okamžitou aktivaci alarmu.
- Během běhu aplikace bude umožňovat v závislosti na svém nastavení odesílat polohu na server.
- Každý stisk tlačítka bude potvrzován dialogem.
- Aplikace bude plně lokalizovatelná.

5.3.2 Webová aplikace

Webová aplikace bude v podstatě webovou stránkou, která bude sloužit uživatelům k registraci, změnám profilu, definici vlastních míst a kontrole přístupů. Bude velmi podobná číste pro záchranné složky, avšak s tím rozdílem, že nebude obsahovat seznam alarmů, ale seznam vlastních míst, možnost nahrávat vlastní trasy a definovat vlastní místa přímo kliknutím do mapy. Aplikace bude zabezpečena přístupovými údaji, po 120 sekundách nečinnosti dojde k automatickému odhlášení uživatele.

6 POPIS IMPLEMENTACE

6.1 Serverová část

Základním stavebním kamenem všech serverových částí je DLL knihovna obsahující implementaci všech navržených tříd. Přímo v této knihovně je zajištěna tvorba logu. Jedná se o jedinou komponentu systému, která má přímý přístup do databáze. Ostatní části, ať už webové služby či služba systému Windows ji nezbytně potřebují k přístupu k datům.

K implementaci byl použit jazyk C#.

6.1.1 Požadavky na instalaci

Databázový server MS SQL 2008

.NET Framework 4.0

6.2 Webový klient

Klient byl vytvořen pomocí jazyka PHP a XHTML 1.0. Využívá mapové podklady Google Maps. Byla implementována pouze základní funkcionalita. Klient nevyžaduje žádné speciální knihovny.

6.3 Mobilní aplikace pro systém iOS

Aplikace je dostupná v češtině a angličtině a splňuje všechny definované požadavky.

6.3.1 Minimální požadavky

Minimální požadavky aplikace jsou definovány především použitými knihovnami.

Verze OS: iOS 3.0 a novější (testováno na iOS 3.1.2 a iOS 4.3.3).

6.3.2 Použité knihovny iOS

Kromě standardních knihoven, které se běžně používají k vývoji View-based aplikace, což jsou `UIKit.framework`, `Foundation.framework` a `CoreGraphics.framework`, je použito několik dalších knihoven, na jejichž použití se blíže podíváme.

AudioToolbox.framework

Zajišťuje přehrání zvuku a vibrace telefonu. Způsob práce s touto knihovnou lze dobře vidět v následujícím úryvku zdrojového kódu aplikace:

```

// Nastavení cesty k zvukovému souboru
NSString *path = [NSString stringWithFormat:@"%s",
                  [NSBundle mainBundle] resourcePath], @"/SOS.wav"];

// Deklarace ID zvuku
SystemSoundID soundID;

// Vytvoření URL z cesty k souboru
NSURL *filePath = [NSURL fileURLWithPath:path isDirectory:NO];

// Použití audio služby k vytvoření zvuku
AudioServicesCreateSystemSoundID((CFURLRef) filePath, &soundID);

// Použití audio služby k přehrání zvuku
AudioServicesPlaySystemSound(soundID);

// Použití parametru kSystemSoundID_Vibrate k aktivaci vibrací
AudioServicesPlaySystemSound(kSystemSoundID_Vibrate);

```

CoreLocation.framework

Tato knihovna poskytuje aplikacím informace o poloze a směru pohybu. Používá veškeré dostupné metody k zjištění polohy, GPS, mobilní síť a WiFi síť. Od verze iOS 3.0 poskytuje informace o směru pohybu na základě vestavěného magnetometru, tedy pokud jím zařízení disponuje. Verze iOS 4.0 přinesla další funkci, energeticky úsporné zjišťování polohy bez využití GPS. Tato metoda využívá k určení polohy pouze mobilní síť

V aplikaci je za účelem získávání polohy vytvořeno rozhraní (**LocationController**), které je napojeno na službu **CLLocationManager**. Toto rozhraní obsluhuje události **didUpdateToLocation:fromLocation:** a **didFailWithError:** na způsob implementace se podíváme podrobněji:

Část kódu rozhraní **LocationController**:

```

// Obsluha události aktualizace polohy
- (void)locationManager:(CLLocationManager *)manager
  didUpdateToLocation:(CLLocation *)newLocation
  fromLocation:(CLLocation *)oldLocation
{
  // Předání nové polohy ke zpracování
  [self.delegate locationUpdate:newLocation];
}

// Obsluha události chyby při zjištění polohy
- (void)locationManager:(CLLocationManager *)manager
  didFailWithError:(NSError *)error
{
  // Předá událost k dalšímu zpracování
  [self.delegate locationManagerError:error];
}

```

Použití rozhraní `LocationController`:

```
// Inicializace rozhraní a zahájení zjišťování polohy
locationController = [[LocationController alloc] init];
locationController.delegate = self;
// Je možné nastavit přesnost a velikost změny k vyvolání události
[locationController.locationManager startUpdatingLocation];

// funkce zajišťující zpracování nové polohy
- (void)locationUpdate:(CLLocation *)location {
    // Tělo funkce pracující se strukturou CLLocation
}
```

Struktura `CLLocation` obsahuje následující informace:

<code>coordinate</code>	souřadnice GPS ve formátu WGS-84 (v struktuře <code>CLLocationCoordinate2D</code>)
<code>altitude</code>	nadmořská výška v metrech
<code>horizontalAccuracy</code>	horizontální přesnost v metrech, definuje poloměr kružnice, jejímž středem jsou souřadnice
<code>verticalAccuracy</code>	vertikální přesnost v metrech
<code>timestamp</code>	časové razítko pozice (kdy byla zaznamenána)
<code>course</code>	směr pohybu zařízení ve stupních
<code>speed</code>	rychlost pohybu zařízení v metrech za sekundu

6.3.3 Obrazovky aplikace

Pro představu o podobě aplikace ve verzi pro iPhone jsou přiloženy snímky obrazovky pro všechny možné typy stavů. Na obrázku je vidět například změna uspořádání prvků při rotaci pohledu. Vše vypadá uspořádaně v obou pohledech a díky velikosti tlačítek je ovládání bezproblémové i pro starší osoby.



Obrázek 13: Dialog pro nastavení aplikace



Obrázek 15: Stav aplikace po spuštění



Obrázek 17: Rozložení ovládacích prvků po rotaci



Obrázek 14: Dialog pro odvolání hlášení alarmu



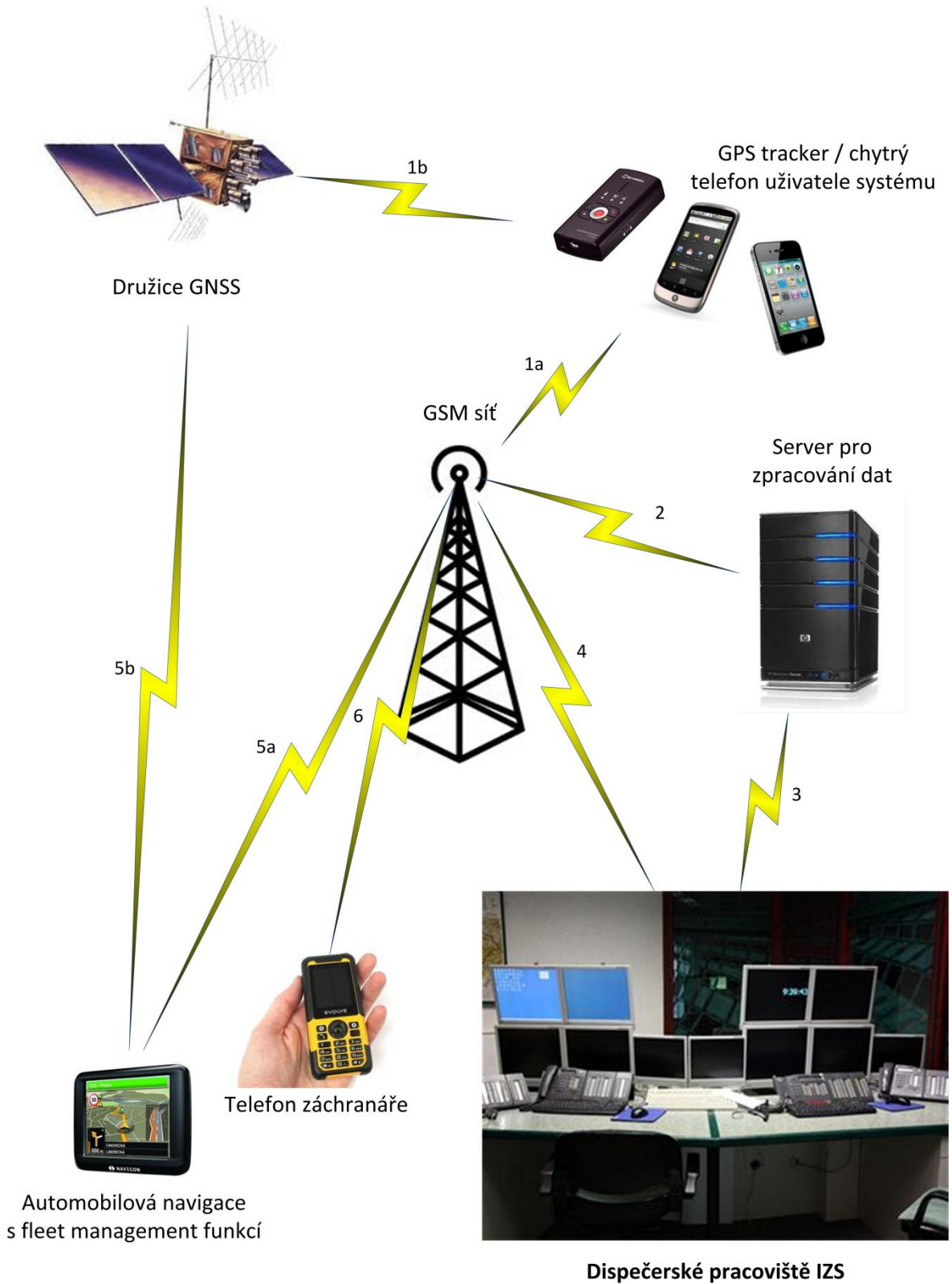
Obrázek 16: Aplikace ve stavu vypnutého alarmu



Obrázek 18: Potvrzení volání na krizovou linku

7 PŘÍPADOVÉ STUDIE MOŽNÉHO NAsAZENÍ

Podívejme se nejprve na způsob, jakým systém pracuje a předává si informace.



Obrázek 19: Ilustrační schéma systému

V případě vzniku krizové situace je uživatelem systému prostřednictvím mobilního telefonu či GPS trackeru vyvolán alarm. Na základě této události je vygenerována zpráva směřující přes GSM síť (1a) na server (2), odkud je prostřednictvím zabezpečeného kanálu přes Internet předána na dispečink IZS (3). Současně je zahájeno zjišťování polohy za využití GNSS případně jiných dostupných metod (1b). Dispečer na základě přijetí alarmového hlášení zahájí ověřovací fázi a pomocí GSM sítě se pokusí spojit s mobilním telefonem (4). V případě, že je potvrzen incident, je vyslán záchranný tým. S využitím dalších zařízení je možné zaslat prostřednictvím GSM sítě (5a) přijatou polohu uživatele do navigací ve vozidlech týmu. Případně je možné zaslat další instrukce či informace o osobě na mobilní telefon (6).

Propojení aplikace s navigací ve vozidle umožňuje například společnost HI Software Development s.r.o. se svým produktem Webdispečink. Uživatelé tohoto systému mají možnost komunikovat s řidiči prostřednictvím navigací Garmin nebo Dynavix. Komunikace je obousměrná a umožňuje například plánovat vzdáleně cíl. Odesílat předdefinované i upravené zprávy. Dispečer má k dispozici informaci o době příjezdu a také o stavu vozidla, například zapnutí majáku, rychlosti, poloze atp. Systém je primárně určen k monitoringu vozového parku, což může být a také často již je, užitečný nástroj i pro dispečera záchranných složek. Propojení s tímto systémem je možné bez větších úprav díky API rozhraní Webdispečink. Podobně by bylo možné realizovat i propojení přímo na mobilní telefony záchranářů. V rámci studií budou proto uvedeny oba dva prvky jako možné rozšíření stávajícího řešení.

Navržený systém lze použít v celé řadě aplikací, nejen pro účely integrovaného záchranného systému, kde najde uplatnění především v oblastech zdravotnické záchranné služby, bezpečnostních složek státu, ale také v oblasti soukromých bezpečnostních agentur a kdekoliv jinde, kde je vyžadována funkce zaslání alarmového stavu a případné reakce na něj. Systém může být vhodně modifikován pro potřeby konkrétního nasazení. Blíže se podíváme na dvě studie, tou první bude podpůrný systém pro složky IZS především s důrazem na záchranu lidských životů. V druhé studii se podíváme na možné využití v oblasti bezpečnosti, především pak soukromých bezpečnostních agentur provozujících PCO (pult centrální ochrany).

7.1 Aplikace v oblasti zdravotnictví

Oblastí zdravotnictví je v tomto případě myšlena především záchrana osob v ohrožení života. Při záchraně životů hraje čas klíčovou roli, a včasné rozpoznání možných komplikací může být rozhodujícím faktorem, majícím vliv na přežití raněného. Použití systému červeného tlačítka pro mobilní telefony by umožnilo přesněji lokalizovat osobu a především poskytnout záchranářům velmi cenné informace o její anamnéze a případně i aktuálním zdravotním stav. Neocenitelné by bylo použití pro samostatně žijící osoby, které si často nemusí stihnout přivolat pomoc při akutních zdravotních komplikacích.

Díky napojení na systém elektronické zdravotnické knížky IZIP, který je určen pro uchovávání lékařských záznamů by bylo možné nahradit část navrhovaného systému za podrobnější, specializovaný systém, jehož aktualizaci by zajišťovali sami praktičtí a odborní lékaři.

Současná řešení využívaná IZS neumožňují získání potřebných informací zcela automaticky, pokud vůbec a tak často záchranáři až na místě zjišťují detaily, na základě kterých mohou například použít některé medikamenty. Typickým případem jsou informace o alergiích na různé účinné látky, případných chorobách či krevní skupině.

Možným napojením na další systém, určený pro lokalizaci vozidel, je možné systém rozšířit o zajímavou funkcionalitu, která usnadní práci jak dispečerovi, tak řidičům i doktorům. Doktor se cestou k zraněnému může prostřednictvím mobilního zařízení seznámit s pacientovým profilem a řidič obdrží přesnou polohu raněného pomocí GSM modulu přímo do navigace umístěné ve vozidle.

Dalším krokem by mohlo být předání veškeré informace, včetně předpokládaného příjezdu, oddělení příjmu v nemocnici, kam je zraněný převážen. Oproti využití rádiové komunikace či komunikace prostřednictvím mobilních telefonů je předání informace rychlejší, přesnější a méně zatěžuje řidiče i záchranáře. Ti se tak mohou věnovat výlučně pomoci raněnému.

Náklady na provoz systému jsou vzhledem k stávající infrastruktuře a architektuře systému zanedbatelné v porovnání s přínosy, které přináší. Cena jediného zachráněného života je s nimi neporovnatelná.

Ovládání aplikace je natolik snadné a rychlé, že se vyrovná době, za jakou je možné vytočit klasickým způsobem tísňovou linku. Rozdíl je však v tom, že dispečer může

v případě, že bylo stisknuto tlačítko První pomoc a nikdo nekomunikuje, předpokládat, že raněná osoba upadla do bezvědomí a první pomoc je nezbytná. Současně se jedná o tři operace a tak se dá předpokládat, že planých poplachů by mělo být minimum. Stejná situace, kdy uživatel vytočí například číslo 112 a následně nekomunikuje ani neodpovídá na zpětné volání, není zdaleka tak jednoznačná.

7.2 Aplikace v oblasti bezpečnosti

Aplikací v oblasti bezpečnosti se myslí především využití systému v případech, kdy nemusí být přivolána první pomoc. V podstatě je možné systém provozovat na komerční bázi, tedy provozovat vlastní pult centrální ochrany (PCO), kam budou přijímána hlášení o libovolných typech problémů. V případě, že rozšíříme aplikaci o další tlačítka, je pak možné určit typ problému (zloděj, dopravní nehoda, požár, atd.). Systém takto umožňuje identifikovat mnohem větší počet událostí (desítky tisíc), než kolik by bylo rozumné definovat.

Představme si například situaci, kdy jsme přepadeni, v našem domě se pohybuje zloděj, či jakoukoliv jinou situaci, která vyžaduje přivolání cizí pomoci. Většinou nemáme čas dlouze popisovat, odkud voláme. V případě použití navrženého systému však postačuje opět stisknutí tlačítka a je odesláno potřebné hlášení. Uvažujeme-li rozšíření, nemusí uživatel říci nahlas jediné slovo.

Dalším příkladem je situace, kdy chceme nahlásit problém na technologickém zařízení, jehož poloha může být těžko identifikovatelná či zaměnitelná (železniční přejezd, sloup elektrického vedení). Díky přesné poloze, kterou se zprávou předáme dispečinku, je možné vyhledat potřebný záznam v speciální databázi či alespoň tuto samotnou informaci předat provozovateli. Stejně tak lze aplikaci využít v případech, kdy se pohybujeme v neznámém prostoru, nebo na silnici, která nemá při krajnici rozmístěny milníky.

Opět zmiňme možnost propojení se systémy pro monitoring polohy vozidel, díky kterému by bylo možné automaticky vyhledat nejbližší volnou jednotku a vyslat ji na potřebné místo. Využití systému by ušetřilo především čas a umožnilo by přesně navigovat posádku na místo incidentu.

V obou případech může být systém využit také k reportování a vykazování činnosti například pro potřeby příspěvku ze státního rozpočtu či k účtování zákazníkům.

ZÁVĚR

System je navržen pro základní využití složkami IZS, avšak umožňuje rozšíření o další funkcionalitu. Nabízí se napojení především na zdravotnické systémy nebo propojení na systémy sledující polohu vozidel. Své uplatnění by mohl najít také v komerční sféře, obzvláště pokud bychom uvažovali o možnosti archivace poloh a jejich následné zobrazení do mapy či možnost vyžádání si polohy zařízení autorizovaným uživatelem, například rodičem.

Architektura systému umožňuje jeho snadný rozvoj i rozšíření na další platformy. System nevyžaduje specializovaný software ani zásahy do infrastruktury, jeho nasazení je velmi rychlé, použití je snadné. Velký důraz je kladen na bezpečnost a ochranu soukromí. Všechny přístupy do systému jsou zaznamenávány a uchovávány po nezbytně nutnou dobu.

System obsahuje několik komponent, z nichž většina byla z velké části implementována a je tak použitelný v základní verzi.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The system is designed for basic use of units of the IRS, but can be expanded with new functionality. There is possible connection to medical systems or cooperation with vehicle tracking systems. Its application could also be found in the commercial sector, especially if we consider the options for archiving positions and their further presentation in the map or the ability to request the location of devices by authorized users, for example by parents.

The system architecture allows easy development and expansion to other platforms. System does not require specialized software or interventions in infrastructure, its deployment is very fast, system is easy to use. Great emphasis is placed on security and privacy. All accesses to the system are recorded and kept for necessary time.

The system includes several components, most of which were fully implemented. So system is thus applicable in the basic version.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] RAPANT, Petr. *Družicové polohové systémy*. Ostrava : VŠB - TU Ostrava, 2002. ISBN 80-248-0124-8.
- [2] ČADA, Václav. Souřadnicové systémy. *Přednáškové texty z Geodézie*. [online] 2007-05-17. [cit. 2011-03-20.] Dostupné z WWW: <<http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch02s03.html>>.
- [3] HRUBÝ, Martin. Geografické Informační Systémy (GIS) Studijní opora. [online]. 2006. Dostupné z WWW: <<http://perchta.fit.vutbr.cz/vyuka-gis/uploads/1/GIS-final2.pdf>>.
- [4] Příspěvatelé Wikipedie. Globální družicový polohový systém. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie*. [online] 2011-03-28. [cit. 2011-04-15.] Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Glob%C3%A1ln%C3%AD_dru%C5%B Eicov%C3%BD_polohov%C3%BD_syst%C3%A9m&oldid=6702983>.
- [5] KREBS, Gunter. *Gunter's Space Page**Gunter's Space Page*. [online] 2011-05-06. [cit. 2011-05-07.] Dostupné z WWW: <<http://space.skyrocket.de/>>.
- [6] Specification for the Wide Area Augmentation System (WAAS). *Federal Aviation Administration Official Sites*. [online] 2001-08-13. [cit. 2011-04-25.] Dostupné z WWW: <http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/library/documents/media/waas/2892bC2a.pdf>.
- [7] EGNOS: Europe's first venture in satellite navigation. *Europe's Satellite Navigation Systems*. [online] European Space Agency, 2011-03-24. [cit. 2011-05-02.] Dostupné z WWW: <http://www.esa.int/SPECIALS/European_Satellite_Navigation/SEMXQR49J2G_2.html>.
- [8] *The Indian SBAS System - GAGAN*. SURYANARAYANA RAO, K. N. Bangalore : India-United States Conference on Space Science, Applications & Commerce, 2004.
- [9] Gibbons Media & Research LLC. Indian Navigation Augmentation Satellite GAGAN to be Launched May 19. *Inside GNSS*. [online] 2011-04-13. [cit. 2011-05-05.] Dostupné z WWW: <<http://www.insidegnss.com/node/2562>>.

- [10] NavCom Technology. StarFire Datasheet. *StarFire Network*. [online] 2009-08-24. [cit. 2011-05-05.] Dostupné z WWW: <<http://www.navcomtech.com/support/Download/StarFire%20DS%2008-24-2009%20low-res.pdf>>.
- [11] *Zkušenosti ze 4-letého provozu systému virtuálních referenčních stanic by/S@t v České Republice*. BOLINA, Václav a FAFEJTA, Jan. Praha : GEOS 2006, 2006.
- [12] CZEPOS - česká síť permanentních stanic pro určování polohy. *Zeměměřičský úřad*. [online] 2011-04-20. [cit. 2011-05-05.] Dostupné z WWW: <<http://czepos.cuzk.cz/>>.
- [13] What is Galileo? *ESA*. [online] European Space Agency, 2010-05-11. [cit. 2011-05-03.] Dostupné z WWW: <http://www.esa.int/esaNA/GGGMX650NDC_galileo_0.html>.
- [14] Galileo : a constellation of 30 navigation satellites. *ESA*. [online] European Space Agency, 2010-05-12. [cit. 2011-05-03.] Dostupné z WWW: <http://www.esa.int/esaNA/ESAAZZ6708D_galileo_0.html>.
- [15] EU-US Cooperation on Satellite Navigation Working Group C. Combined performances for open GPS/GALILEO receivers. [online] 2010-07-19. [cit. 2011-05-02.] Dostupné z WWW: <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/galileo/files/combined-open-gps-galileo_en.pdf>.
- [16] ŠUNKEVIČ, Martin. Ruský globální družicový navigační systém GLONASS. *Česká kosmická kancelář*. [online] 2007-01-08. [cit. 2011-04-26.] Dostupné z WWW: <<http://www.czechspace.cz/cs/galileo/aktuality-GPS-Glonass/GLONASS>>.
- [17] Information-analytical centre. *Information-analytical centre official website*. [online] 2011-04-07. [cit. 2011-04-25.] Dostupné z WWW: <<http://new.glonass-iac.ru/en/index.php>>.
- [18] REVNIVYKH, Sergey G. GLONASS Status, Development and Application. *Federal Space Agency*. [online] 2007-09-24. [cit. 2011-04-25.] Dostupné z WWW: <<http://www.unoosa.org/pdf/icg/2007/icg2/presentations/05.pdf>>.
- [19] International Cospas-Sarsat Programme. *International Cospas-Sarsat Programme*. [online] 2010-12-15. [cit. 2011-04-23.] Dostupné z WWW: <<http://www.cospas-sarsat.org/index.php>>.

- [20] Příspěvatelé Wikipedie. List of devices with Assisted GPS. [online] 2011-04-24. [cit. 2011-05-07.] Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=List_of_devices_with_Assisted_GPS&oldid=426402782>.
- [21] POPESCU, Andrei. Geolocation API Specification. *W3C Editor's Draft*. [online] 2010-09-07. [cit. 2011-04-25.] Dostupné z WWW: <<http://www.w3.org/TR/2010/CR-geolocation-API-20100907/>>.
- [22] ALEXANDRE, Claire. CGALIES A member's summary. *CORDIS Website*. [online] 2004-03-08. [cit. 2011-04-28.] Dostupné z WWW: <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/ist/docs/directorate_d/cnt/wshop/ws040308/cgalies_en.pdf>.
- [23] CGALIES. Report on implementation issues related to access to location information by emergency services (E112) in the European Union. [online] 2002-02-19. [cit. 2011-05-10.] Dostupné z WWW: <http://www.esafetysupport.org/download/working_groups/cgaliesfinalreportv1_0.pdf>.
- [24] Microsoft Corporation. Spatial Data. *SQL Server 2008*. [online] 2011. [cit. 2011-05-03.] Dostupné z WWW: <<http://www.microsoft.com/sqlserver/2008/en/us/spatial-data.aspx>>.
- [25] Microsoft Corporation. Delivering Location Intelligence with Spatial Data. [online] 2008. [cit. 2011-05-14.] Dostupné z WWW: <<http://download.microsoft.com/download/a/c/d/acd8e043-d69b-4f09-bc9e-4168b65aaa71/SpatialData.doc>>.
- [26] United Nations Office for Outer Space Affairs. Report on Current and Planned Global and Regional Navigation Satellite Systems and Satellite-based Augmentation Systems. *International Committee on Global Navigation Satellite Systems*. [online] United Nations Office for Outer Space Affairs, 2010. [cit. 2011-04-28.] Dostupné z WWW: <http://www.unoosa.org/pdf/publications/icg_ebook.pdf>.
- [27] United Nations Office for Outer Space Affairs. International Committee on Global Navigation Satellite Systems - leaflet. *International Committee on Global Navigation Satellite Systems*. [online] United Nations Office for Outer Space Affairs, 2007. [cit.

- 2011-04-28.] Dostupné z WWW:
<http://www.unoosa.org/pdf/publications/icg_book01E.pdf>.
- [28] EGNOS Safety-of-life Service. *EGNOS for Professionals*. [online] European Space Agency, 2011. [cit. 2011-05-02.] Dostupné z WWW:
<http://download.esa.int/docs/Navigation/factsheet_SoL.pdf>.
- [29] Union of Concerned Scientists. UCS Satellite Database. *Nuclear Wapons & Global Security*. [online] 2011-02-01. [cit. 2011-04-21.] Dostupné z WWW:
<http://www.ucsusa.org/nuclear_weapons_and_global_security/space_weapons/technical_issues/ucs-satellite-database.html>.
- [30] WANG, Shu a MIN, Jungwon. Location Based Services for Mobiles: Technologies and Standards. *IEEE International Conference on Communication (ICC) 2008*. [online] 2008. [cit. 2011-04-30.] Dostupné z WWW:
<<http://to.swang.googlepages.com/ICC2008LBSforMobilesimplifiedR2.pdf>>.
- [31] DAVE, Mark a LAMARCHE, Jeff. *iPhone SDK: Průvodce vývojem aplikací pro iPhone a iPod touch*. Brno: Computer Press, 2010. str. 480. ISBN 978-80-251-2820-6.
- [32] CAO, Chong, JING, Guifei a LUO, Ming. COMPASS Satellite Navigation System Development. [online] 2008-11-06. [cit. 2011-04-28.] Dostupné z WWW:
<http://scpnt.stanford.edu/pnt/PNT08/Presentations/8_Cao-Jing-Luo_PNT_2008.pdf>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A-GPS	Assisted GPS
ALI	Automatic Location Information
API	Application Programming Interface
APOS	Austrian Positioning Service
BTS	Base transceiver station
CC	Control Center
CDMA	Code Division Multiple Access
CGALIES	Coordination Group for Access to Location Information by Emergency Services
CNES	Centre National d'Etudes Spatiales
COSPAS	Cosmicheskaya Sistemya Poiska Avariynich Sudov
CS	Commercial Service
CWAAS	Canadian Wide Area Augmentation System
CZEPOS	Česká síť permanentních stanic
ČD	České dráhy
DASS	Distress Alerting Satellite System
DGPS	Diferencial GPS
DLL	Dynamic-link library
DND	Department of National Defence
E-OTD	Enhanced Observed Time Difference
ECEF	Earth-Centered, Earth-Fixed
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service
ELT	Emergency Locator Transmitters
EPIRB	Emergency Position Indicating Radio Beacons
ESA	European Space Agency
ESTEC	European Space Research and Technology Centre
EUREF	European Reference Frame
FCC	Federal Communications Commission
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FM	Frequency modulation
FOC	Full Operational Capability
GAGAN	GPS Aided Geo Augmented Navigation
GBAS	Ground Based Augmentation Systems

GCC	Galileo Control Centre
GEO	Geostationary Earth Orbit
GEOSTAR	Geostationary satellite system for SAR
GLONASS	GLObal Navigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GRAS	Ground-based Regional Augmentation System
GSA	Galileo Supervising Authority
GSM	Groupe Spécial Mobile, Global System for Mobile Communications
GTRF	Galileo Terrestrial Reference Frame
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ICAO	International Civil Aviation Organization
ICSPA	International Cospas-Sarsat Programme Agreement
IMO	International Maritime Organization
IRNSS	Indian Regional Navigational Satellite System
IRS	Integrated Rescue System
ITDC	The International Telecommunication Development Corporation
ITU	International Telecommunication Union
IZIP	Elektronická zdravotní knížka
IZS	Integrovaný záchranný systém
KML	Keyhole Markup Language
LAAS	Local Area Augmentation System
LEO	Low Earth Orbit
LEOSTAR	Low Earth Orbit satellite system for SAR
LPIS	Věřejný registr půdy
LUT	Local Users Terminals
MCC	Mission Control Center
MEO	Medium Earth Orbit
MEOSAR	Medium Earth Orbit Search and Rescue satellites
MORFLOT	Federalnoe Agentstvo Morskogo i Rečnogo Transporta
MS	Monitor Station
MS SQL	Microsoft Structured Query Language
MSAS	Multi-functional Satellite Augmentation System

MSC	Master Control Station
MT	mobilní telefon
MZe ČR	Ministerstvo zemědělství České republiky
NAGU	Notice Advisory to Glonass Users
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NAVSTAR	Navigation System Using Time and Ranging
NLES	Navigation Land Earth Station
NMEA	National Marine Electronics Association
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OS	Open Service
OTF	On The Fly
OWG	Operations Working Group
PCO	pult centrální ochrany
PHP	PHP: Hypertext Preprocessor
PLB	Personal Locator Beacons
PPP	Public Private Partnership
PPS	Precise Positioning Service
PRN	Pseudo Random Noise
PRS	Public Regulated Service
PSAP	Public Safety Answering Point
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System
RCC	Rescue Coordination Centre
RDS	Radio Data System
RFID	Radio Frequency Identification
RINEX	Receiver Independent Exchange Format
RHCP	Right-Handed Circularly Polarized
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime Services
RTK	Real-Time Kinematic
S-JTSK	Souřadnicový systém jednotné sítě katastrální
SAPOS	Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung
SaR	Search and Rescue
SARSAT	Search And Rescue Satellite Aided Tracking
SBAS	Satellite Based Augmentation System

SCC	System Control Center
SiRF	Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems
SIM	Subscriber Identity Module
SKPOS	Slovenská Priestorová Observačná Služba
SLR	Satellite Laser Ranging
SNAS	Satellite Navigation Augmentation System
SMS	Short Message Service
SOAP	Simple Object Access Protocol
SOL	Safe of Life Service
SPS	Standard Positioning Service
SSID	Service Set Identifier
TA	Time Advance
TDMA	Time Division Multiple Access
TGW	Technical Working Group
TT&C	Telemetry, Tracking and Command
TTF	Time To First Fix
UCS	Union of Concerned Scientists
ULS	Uplink Station
UHF	Ultra High Frequency
URL	Uniform Resource Locator
USAF	United States Air Force
UTM	Universal Transverse Mercator
VOIP	Voice over Internet Protocol
VPN	Virtual Private Network
WAAS	Wide Area Augmentation System
WAGE	Wide Area GPS Enhancement
WiFi	Wireless Fidelity
WGS	World Geodetic System
XHTML	eXtensible HyperText Markup Language
ZABAGED	Základní báze geografických dat

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Schéma frekvenčních pásem přidělených jednotlivým GNSS.....	21
Obrázek 2: Družice Navstar-2F	22
Obrázek 3: Družice Galileo-IOV	29
Obrázek 4: Družice Uragan-K1	31
Obrázek 5: Mapa států využívajících systém Cospas-Sarsat.....	34
Obrázek 6: Rozmístění a dráhy satelitů systému Cospas-Sarsat	35
Obrázek 7: Schéma předávání zpráv v systému Cospas-Sarsat.....	36
Obrázek 8: Celkový model případů užití.....	51
Obrázek 9: Diagram tříd pro základní variantu systému	52
Obrázek 10: Diagram aktivit – přijetí a zpracování alarmu.....	53
Obrázek 11: Databázový model.....	56
Obrázek 12: Návrh desktopové aplikace pro dispečery.....	59
Obrázek 13: Dialog pro nastavení aplikace	65
Obrázek 14: Dialog pro odvolání hlášení alarmu	65
Obrázek 15: Stav aplikace po spuštění	65
Obrázek 16: Aplikace ve stavu vypnutého alarmu	65
Obrázek 17: Rozložení ovládacích prvků po rotaci.....	65
Obrázek 18: Potvrzení volání na krizovou linku	65
Obrázek 19: Ilustrační schéma systému.....	66

SEZNAM TABULEK

Tab 1: Srovnání plochy, ve které se může nacházet lokalizovaný MT, dle typu lokalizace a vzdálenosti od BTS	44
---	----

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Srovnání jednotlivých GNSS

Příloha P II: 1 CD s textem práce a zdrojovými soubory

PŘÍLOHA P I: SROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH GNSS

	NAVSTAR GPS	GLONASS	Galileo	Compass
Počet satelitů	24	24	27+3	35
Počet oběžných rovin	6	3	3	3+1
Sklon oběžných drah	55°	64,8°	56°	55,5°
Poloměr dráhy (od povrchu)	20 000 km	19 100 km	23 222 km	21 150 km
Používané frekvence	1176,45 MHz *	1176,45 MHz *	1189,50 MHz	1207,14 MHz
* značí plánovanou frekvenci	1227,60 MHz	1201,50 MHz	1280,00 MHz	1268,52 MHz
	1575,42 MHz	1246,00 MHz	1575,42 MHz	1561,10 MHz
	2204,40 MHz	1575,42 MHz *		1589,74 MHz
		1602,00 MHz		2491,75 MHz
Identifikace družic	CDMA	FDMA	CDMA	CDMA
Použitý souřadnicový systém	WGS-84	PZ-90	GTRF	???
Horizontální přesnost				
- pro vojenské účely	jednotky cm	???	jednotky cm	< 1 m
- pro civilní sektor	2 – 13 m	do 16 m	2 – 14 m	do 10 m
Vertikální přesnost	2 – 14 m	70 m	3 – 16 m	???