

Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta aplikovaných věd
Katedra matematiky

BAKALÁRSKÁ PRÁCE

Mobilní aplikace pro digitální údržbu informací
o geodetických bodových polích

Autor:

Martin Vetýška

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Karel Jedlička, Ph.D.

Plzeň 2012

Zadání práce

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr bakalářského studia na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené odborné literatury a zdrojů informací.

V Plzni dne 4. června 2012

.....

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Karlu Jedličkovi Ph.D .

Abstrakt:

Práce se zabývá využitím globálních navigačních satelitních systémů pro vyhledávání bodů bodových polí s pomocí chytrých mobilních telefonů. V práci jsou popsány známé navigační systémy (s důrazem na GPS), přesnost určení polohy a metody zpřesnění polohy. Dále je popsán standard NMEA, který slouží k přenosu dat při kódových měřeních GNSS. Praktická část se věnuje tvorbě navigační aplikace umožňující správu bodových polí. Aplikace je vyvinuta pro operační systém Android.

Klíčová slova:

GNSS, WMS, bodové pole, NMEA, Android

Abstract:

This work deals with a usage of GNSS for finding geodetic control points via smartphone. It describes known navigation systems (focusing on GPS), positioning accuracy and methods of accuracy improvement. Furthermore, NMEA standard, which transfers code measurement data, is specified. The practical part of this work gives a procedure of creating a navigation application, which helps maintain geodetic control, for Android operating system.

Keywords:

GNSS, WMS, geodetic control, NMEA, Android

Obsah

Seznam zkratk.....	7
1 Úvod	8
2 GNSS	9
2.1 GNSS obecně	9
2.2 GPS	11
2.3 GLONASS	12
2.4 GALILEO	13
2.5 COMPASS	14
2.6 Budoucnost GNSS	15
3 Způsoby získání polohy a jejich přesnost.....	16
3.1 Kódová měření.....	16
3.2 Fázová měření.....	17
3.3 Zpřesňování měření	18
3.3.1 Diferenční GNSS	18
3.3.2 Rozšiřující systémy využívající diferenční GNSS	19
3.4 Diferenční GNSS síť na území České republiky	20
4 Standard NMEA 0183	23
5 Úvod do tvorby aplikace.....	25
6 Návrh aplikace	26
6.1 Uživatelské požadavky	26
6.2 Analýza uživatelských požadavků.....	26
7 Tvorba aplikace	29
7.1 Nezbytný základ	29
7.1.1 WMS.....	29
7.1.2 Aplikace v systému Android	29
7.2 Popis aplikace	30
7.2.1 Programátorská dokumentace.....	30
7.2.2 Uživatelská dokumentace	32
8 Diskuse	38
9 Závěr.....	39
Zdroje:	40
Příloha A: Přehled GNSS	45
Příloha B: Ukázka vět formátu NMEA 0183	46
Příloha C: Obsah přiloženého CD	48

Seznam zkratek

CAGAN	GPS-Aided Geo Augmentation Navigation
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service
GLONASS	ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система, translitetrace: GLObalnaja NAvigacionnaja Sputnikovaja Sistěma
GNSS	globální navigační satelitní systém
GPS	Global Positioning System
IRNSS	Indian Regional Navigational Satellite System
MSAS	Multi-functional Satellite Augmentation System
NADCON	North American Datum CONversion
NMEA	National Marine Electronics Assosiation
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System
SBAS	Satellite Based Augmentation System
SDMC	System for Differential Correction and Monitoring
S-JTSK	Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
WGS84	World Geodetic System 1984
WMS	Web Map Service

1 Úvod

V současné době, při vhodných observačních podmínkách, zaručují metody měření využívající globálních navigačních satelitních systémů (GNSS) takovou přesnost, že není k polohovému připojení měřických sítí nutné využívat klasických polohových bodových polí. To ovšem neznamená, že by tato pole ztrácela na významu. V nedostupném či nepřístupném terénu, kde se pomocí metod GNSS nemůže dosáhnout požadované přesnosti, není jiné možnosti, než využít klasické polohové pole. Je proto třeba, aby informace o poli byly správné a odrážející aktuální stav. Správa bodového pole musí být proto postavena na jeho rekognoskaci.

Většina informací primárně uchovávána v elektronické podobě. Lze tedy při rekognoskaci bodového pole nějakým způsobem využít hardwarového a softwarového vybavení? Jednou z možností jsou chytré mobilní telefony, do kterých lze doinstalovat potřebný program a jsou schopny přijímat a zpracovávat vysílání satelitů GNSS, a které poté lze využít pro navigaci k danému bodu.

Předkládaná práce si klade několik cílů. Hlavními cíli jsou shrnutí poznatků o GNSS, možnosti jejich využití pro navigační aplikaci a tvorba samotné navigační aplikace. Autorovou motivací je vytvořit takovou aplikaci, která usnadní geodetům vyhledávání bodů bodových polí při měřeních v terénu. Dalším cílem je seznámení čtenáře se standardem NMEA.

2 GNSS

Tato kapitola pojednává o GNSS. Je nastíněna historie satelitních systémů, popsán současný stav a zmíněn možný budoucí vývoj.

Prvním funkčním globálním navigačním systémem byl systém *Transit*, který od poloviny šedesátých let dvacátého století provozovalo námořnictvo Spojených států amerických, jeho podpora byla ukončena v roce 1996 [HRD95]. V tomto systému se využívalo ke zjištění polohy Dopplerova posunu¹, současné navigační systémy jsou tzv. pasivní dálkoměrné systémy². Principu určení polohy na základě Dopplerova posunu a historickému vývoji GNSS se více věnují např. v [HRD95] a [RAP02].

V současné době (rok 2012) jsou v plném provozu dva GNSS. Jedná se o GPS (*Global Positioning System*, kapitola 2.1), který je vyvinutý a spravovaný ministerstvem obrany Spojených států amerických, a systém Ruské federace GLONASS (*ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система*, translitetrace: *GLObalnaja NAVigacionnaja Sputnikovaja Sistéma*, kapitola 2.2).

Na svých globálních navigačních systémech pracují také státy Evropské unie (systém Galileo, kapitola 2.3) a Čínská lidová republika (systém Compass, kapitola 2.4).

Pro doplnění výkonu GNSS v určitém regionu slouží regionální navigační satelitní systémy. Jmenovitě se jedná o QZSS (*Quasi-Zenith Satellite System*), zlepšující výkon v oblasti Japonska, a IRNSS (*Indian Regional Navigational Satellite System*), pokrývající svým signálem oblast Indického poloostrova. Těmito systémy se tato práce nezabývá.

Následující části této kapitoly se věnují obecnému popisu GNSS. Jsou popsány konkrétní systémy s uvedením odlišností. Jelikož systém GPS je nejstarším, nejdéle sloužícím a tudíž nejvíce rozšířeným, lze o něm získat nejvíce informací, je mu věnována větší pozornost než ostatním systémům. V příloze A se nachází tabulka srovnávající základní parametry jednotlivých systémů, které lze získat z dostupných zdrojů.

2.1 GNSS obecně

Globální navigační satelitní systém je tvořen třemi částmi. Jednotlivé části jsou:

- kosmická,
- řídicí,

¹ Dopplerův posun – změna frekvence a vlnové délky přijatého a vyslaného signálu, způsobená nenulovou vzájemnou rychlostí přijímače a vysílače

² Pasivní dálkoměrný systém – k určení polohy třeba znát vzdálenost, dochází k jednostranné komunikaci

- uživatelská.

Kosmická část je tvořena soustavou umělých družic, jejich vybavením a jejich oběžnými drahami. Tato část navigačního systému zaručuje dopravení signálu uživateli, který na jeho základě s pomocí příslušného vybavení zjistí svoji polohu na povrch Země. Družice jsou v blízkém vesmírném prostoru rozmístěny tak, aby k určení polohy byla zajištěna viditelnost minimálního potřebného počtu. K vybavení družic patří vysílač, atomové hodiny pro přesnou časovou synchronizaci s hlavními kontrolními hodinami a další přístroje sloužící k navigaci. Družice jsou dále vybaveny slunečními bateriemi, setrvačnickými pro udržování orientace a raketovými motory pro opravu dráhy. Oběžné dráhy družic jsou definovány jejich typem (geostacionární, kruhové, eliptické...), výškou (nízké, střední, vysoké) a sklonem. [HRD95] a [RAP02]

Řídicí část slouží k řízení a správě celého systému, je tvořena systémem pozemních stanic. Rozlišujeme tři základní typy stanic: hlavní, monitorovací a komunikační. Monitorovací stanice jsou velmi přesnými přijímači signálu vysílaného družicemi, na nichž je prováděno měření z viditelných družic. Tato měření jsou spolu s navigačními zprávami předávána hlavní stanici, která ze získaných informací počítá efemeridy³ a případné korekce hodin jednotlivých družic. Opravy jsou pak předávány příslušným družicím prostřednictvím komunikačních stanic. [HRD95] a [RAP02]

Do **uživatelské části** patří přijímače, uživatelé, vyhodnocovací nástroje a postupy. [RAP02]

Všechny GNSS jsou pasivními⁴ dálkoměrnými systémy. Princip získání polohy v těchto systémech vyžaduje, aby byla známa vzdálenost přijímače GNSS od jednotlivých družic, respektive doba šíření signálu na trase družice – přijímač. K výpočtu polohy přijímače je nutné dále znát rychlost šíření signálu prostorem a polohu družic. Vypočtení polohy přijímače lze modelovat soustavou rovnic:

$$c \cdot \Delta t_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2},$$

kde x, y, z jsou souřadnice přijímače, x_i, y_i, z_i souřadnice dané družice, c je rychlost šíření vln v prostoru, Δt_i časový rozdíl mezi odesláním a přijetím signálu a i označuje hodnoty náležející příslušné družici. Hodnoty časového rozdílu a souřadnice příslušné družice vyhodnotí přijímač na základě informací obsažených v přijatých signálech. Z technických důvodů nejsou hodiny přijímače synchronní s přesnými atomovými hodinami družic, proto je

³ efemerida – údaj o zdánlivé poloze astronomického objektu na obloze v určitý čas

⁴ pasivní – nedochází k obousměrné komunikaci na trase satelit - přijímač

třeba pro určení polohy přijmout signál z alespoň čtyř družic. Určení polohy lze tedy modelovat soustavou čtyř rovnic o čtyřech neznámých, těmi jsou souřadnice přijímače a časový posun hodin přijímače oproti systémovému času GNSS. [HRD95] [RAP02]

2.2 GPS

GPS navazuje na systém Transit. Jedná se o vojenský systém, který byl vyvinut a je spravován ministerstvem obrany Spojených států amerických, a který byl zpřístupněn civilním uživatelům.

Kosmická část je tvořena 24 družicemi (21 navigačních a 3 aktivní záložní) [USD08], které jsou rozmístěny na šesti oběžných drahách. Družice se pohybují po téměř kruhových drahách s výškou zhruba 20 200 km nad zemským povrchem, mají vůči Zemi stálou polohu a jejich sklon vzhledem k rovníku je zhruba 55° . Tato prostorová konfigurace umožňuje přijímat signál z alespoň 4 družic po celý den (24 hodin) kdekoli na zemském povrchu. Doba oběhu družic je polovina siderického dne⁵ [RAP02]. V lednu 2010 je rozhodnuto o změně konfigurace satelitů na 24 + 3 (navigační, záložní), a to v horizontu dvou let [JEW10].

Řídicí část se skládá z hlavní řídicí stanice, pěti pozemních monitorovacích stanic a tří stanic pro komunikaci s družicemi. Hlavní stanice je umístěna na území USA na letecké základně Schriever v Coloradu [USD08]. Ostatní stanice jsou umístěny na vojenských základnách armády Spojených států nacházejících se v blízkosti rovníku, čímž je umožněno téměř nepřetržité sledování družic.

Signál, který vysílají družice GPS, je kombinací nosné vlny, dálkoměrného kódu a navigační zprávy, každá z těchto složek signálu je odvozena od základní frekvence celočíselným násobením nebo dělením (viz. tabulka 1). Hodnota základní frekvence f_0 je 10,23 MHz.

Složka	Frekvence (MHz)	Přibližná vlnová délka
Základní frekvence	$f_0 = 10,23$	29,31 m
Nosná frekvence L_1	$154 \cdot f_0 = 1575,42$	19,05 cm
Nosná frekvence L_2	$120 \cdot f_0 = 1227,60$	24,45 cm
P-kód	$f_0 = 10,23$	29,31 m
C/A kód	$f_0 / 10 = 1,023$	293 m
Navigační zpráva	$f_0 / 204600 = 50 \cdot 10^{-6}$	5950 km

Tabulka 1: složky signálu GPS – převzato z [HEF08]

⁵ siderický den – doba mezi dvěma horními kulminacemi jarního bodu, doba otočení Země o 360°

Signály jsou vysílány na dvou nosných vlnách označených jako L1 a L2 a je využita tzv. dvoufázová modulace. Vlnu L1 modulují dva dálkoměrné kódy, jde P-kód a C/A kód. Vlna L2 je modulována pouze P-kódem (Y-kódem). Obě vlny moduluje ještě navigační zpráva. [MER97]

V případě dálkoměrných kódů se jedná o tzv. pseudonáhodný šum, který je generován hardwarovým zařízením, jež je součástí vybavení družice. Princip generování kódu je popsán v [NAV06]. Pokud je P-kód šifrován označuje se jako Y-kód a je přístupný pouze autorizovaným uživatelům⁶. [RAP02]

Informace obsažené ve vyslané navigační zprávě umožňují stanovení polohy družice a čas, kdy došlo k odeslání signálu. Další informace obsažené ve vysílané navigační zprávě jsou stav družice, informující o případných závadách, almanach, obsahující informace o ostatních družicích (jejich poloze a stavu). Samotná data jsou zabezpečena pomocí Hammingova kódu⁷. [NAV06]

Budoucí rozvoj GPS předpokládá zvýšení počtu civilních signálů vysílaných družicemi. Již dnes jsou modernizované družice schopny vysílat druhý a třetí civilní signál na nosných vlnách označovaný jako L2C a L5. Další generace družic označená jako GPS III, jejichž vypouštění je plánováno v letech 2014 – 2015, přidá čtvrtý civilní signál na nosné vlně L1C. [HAY10]

2.3 GLONASS

GLONASS je spravován Ruskými kosmickými silami za účelem poskytnutí uživatelům informace o poloze, rychlosti a přesném čase, a to kdekoliv na zemském povrchu a v přilehlém vesmírném prostoru. [RAP02] [RIS08]

Plná konstelace GLONASS je složena z 24 satelitů, umístěných ve třech oběžných rovinách a posunutých o 120°. V každé rovině je osm satelitů rovnoměrně rozmístěných po 45°, obíhajících ve výšce 19 100 km nad zemským povrchem. Sklon oběžné dráhy k rovině rovníku je 64,8° a doba oběhu je přibližně jedenáct hodin a patnáct minut. Toto uspořádání vesmírného části systému zaručuje, že družice prochází stejným místem zemského povrchu po osmi siderických dnech (17 oběžných dob družice). [RIS08]

⁶ armády spřátelené s armádou Spojených států

⁷ Hammingův kód – samoopravný kód využívaný v telekomunikaci

Řídicí segment zahrnuje Kontrolní centrum systému a síť stanic, které zaručují monitorování a komunikaci s družicemi. Řídicí segment se nachází pouze na území Ruské federace. [RIS08] Z tohoto důvodu nejsou družice po většinu své oběžné doby monitorovány.

Družice GLONASS vysílají na dvou nosných vlnách, označovaných stejně jako u GPS L1 a L2. Specifikem GLONASS je, že každá družice vysílá na vlastní frekvenci stejné kódy (tzv. *mnohonásobný přístup s frekvenčním dělením – Frequency Division Multiple Access, FDMA*), zatímco v ostatních systémech jednotlivé družice vysílají na stejných frekvencích, příslušný satelit pak přijímač určí pomocí unikátního kódu vyslaného daným satelitem (tzv. *mnohonásobný přístup s kódovým měřením – Code Division Multiple Access, CDMA*). Nosné frekvence jsou definovány vztahy:

$$L1: f_{k1} = f_{01} + k \cdot \Delta f_1$$

$$L2: f_{k2} = f_{02} + k \cdot \Delta f_2$$

kde k je číslo frekvenčního kanálu, které náleží jedné konkrétní družici, a $f_{01} = 1602$ MHz, $\Delta f_1 = 562,5$ kHz, $f_{02} = 1246$ MHz, $\Delta f_2 = 437,5$ kHz. Pro všechny družice platí $f_{k2}/f_{k1} = 7/9$. Hodnota k je vždy celé číslo, u družic vypuštěných do roku 1998 nabývá hodnot 0 až 24, u družic vypuštěných v letech 1998 až 2005 hodnot -7 až 12 a u družic vypuštěných po roce 2005 -7 až 6. [HEF08] [RIS08]

Stejně jako u GPS jednotlivé družice také vysílají dálkoměrné kódy, označovaných jako C/A kód a P-kód, a navigační zprávu. Vlna L1 je modulována dvěma kódy a navigační zprávu, vlna L2 pouze P-kódem a navigační zprávu. Kódy nejsou šifrovány. Navigační zpráva obsahuje data, která se vztahují k danému satelitu a také vztahující se k celému systému (almanach). [HEF08] [RIS08]

Budoucí vývoj systému předpokládá zvýšení počtu satelitů na 30 [RIA08]. Nové generace satelitů označená jako Glonass-K1 a Glonass-K2 budou poskytovat další tři civilní signály na nosných vlnách L3, L1C a L5. Tyto signály budou využívat mnohonásobný přístup s kódovým dělením (CDMA). [LAN10]

2.4 GALILEO

Galileo je evropský globální družicový navigační systém, který bude sloužit zejména k civilním a komerčním účelům.

Plná konstelace systému se bude skládat z 30 družic (27 operačních a 3 záložní), umístěných ve třech oběžných rovinách se sklonem 56° vzhledem k rovině rovníku, výška oběžné dráhy bude zhruba 23 000km nad zemským povrchem [EUR10].

Pozemní segment systému bude obsahovat 2 řídicí centra, jedno bude mít na starost polohu družic a druhé bude kontrolovat navigační funkce celého systému. Ke komunikaci s družicemi budou obě řídicí centra využívat 5 stanic, monitorování družic bude zajišťovat globální síť 30 stanic. Administrativní centrum systému se bude nacházet v Praze. [ŠUN06] [ČTK10]

Družice budou vysílat na třech nosných vlnách označených jako E1 (1575,420 MHz), E5 (1191,795 MHz) a E6 (1278,750 MHz) [EUR10]. Signál vysílaný na frekvenci E5 bude rozdělen do dvou signálů označených jako E5a (1176,450 Mhz) a E5b (1207,140 Mhz) [EUR10]. Nosné vlny bude modulovat 10 signálů, 6 bude obsahovat navigační data (tzv. *datové* signály), 4 nebudou přenášet žádnou informaci (tzv. *pilotní* signály) [ESA07]. Bližší specifikace o struktuře, charakteristice vysílaných informací a modulaci nosných vln v [EUR10]

Systém bude poskytovat několik druhů služeb: *Open Service* (OS), *Safety of Life Service* (SoL), *Commercial Service* (CS), *Public Regulated Service* (PRS) a *Search and Rescue Service* (SAR). Služby budou k dispozici zdarma nebo za poplatek, rozlišeno to bude podle toho, zda bude garantována přesnost služby, případně jaké signály budou v této službě využity. Základní službou bude OS, ta bude využívat otevřených signálů na frekvencích a bude dostupná zdarma všem uživatelům systému. Ostatní služby budou využívat dalších signálů informující uživatele o integritě a spolehlivosti systému. K využití SoL bude zapotřebí certifikovaných přijímačů, tato služba bude dostupná např. letecké a námořní dopravě. CS bude využita ke komerčním účelům a její využití bude zpoplatněno. PRS bude využita např. policií a pobřežní stráží, signály budou šifrované a dostupnost služby bude zaručena vždy a za všech okolností. SAR bude využita při hledání a záchraně osob a bude umožňovat obousměrnou komunikaci v systému. [ESA07] [ESA10]

2.5 COMPASS

O systému Compass nejsou žádné volně přístupné oficiální dokumenty, proto systém je popsán méně než ostatní, a plně funkční podoba systému může oproti zde uvedeným informacím doznat změn. Systém navazuje na družicový navigační systém Čínské lidové republiky *Beidou*, někdy je proto označován jako *Beidou2*, který byl navržen jako regionální navigační systém pokrývající území Číny a části sousedních států. [GAO08]

Compass je navržen tak, aby jako ostatní GNSS pokrýval celý povrch Země, s přihlédnutím na vyšší výkon v Asijském regionu. Dokončení systému je naplánováno na rok

2020 [CNS11]. Systém se bude skládat z 27 satelitů obíhajících na středně vysokých oběžných drahách, 3 satelitů se kloněnou geosynchronní dráhou a 5 geostacionárních satelitů. Autor se domnívá, že zvětšení výkonu v Asijském regionu bude realizováno umístěním geostacionárních satelitů právě v této oblasti. Satelity obíhající na středně vysokých drahách budou rozloženy na třech oběžných rovinách se klonem 55° s výškou nad povrchem zhruba 21 500 km. Každý ze satelitů by měl vysílat na 4 frekvencích E1 (1589,74 MHz), E2 (1561,10 MHz), E6 (1268,52 MHz) a E5b (1207,14 MHz) [GRE07]. Více o signálech a jejich struktuře v [GRE07].

2.6 Budoucnost GNSS

V případě, že dojde k modernizaci dvou stávajících systémů (GPS a GLONASS) a zbylé dva (Galileo a Compass) budou uvedeny do provozu, bude možné přijímat signály alespoň na devíti různých frekvencích z až 112 satelitů. Tímto by mělo být zaručeno zlepšení přesnosti určení polohy. Na základě dohod mezi provozovateli jednotlivých systémů by mělo dojít k interoperabilitě systémů a jejich signálů. [CHE09]

3 Způsoby získání polohy a jejich přesnost

Faktorů ovlivňující přesnost určení polohy pomocí GNSS je celá řada. Tyto faktory lze rozdělit do dvou základních skupin. Do jedné lze přiřadit ty, které může měřič ovlivnit. Jedná se například o zvolení vhodného technického vybavení, způsobu, času a metody měření. Do druhé skupiny lze zařadit faktory, které měřič nedokáže ovlivnit. Jedná se například o náhlou změnu stavu atmosféry a stav jednotlivých družic. Více se jednotlivým faktorům věnuje například [RAP02].

Tato kapitola obsahuje informace o jednotlivých způsobech získání polohy, dosažitelné přesnosti při jejich využití v reálném čase a nastíní možnosti zpřesnění měření v reálném čase.

3.1 Kódová měření

Jedná se o základní princip měření pomocí GNSS, kdy se pro získání vzdálenosti družice – přijímač využívá vysílaných dálkoměrných kódů. Tento způsob se využívá pro navigační účely, proto je vysvětlení tohoto principu věnována větší pozornost. Vysvětlení je popsáno na GPS, protože tento systém využívají současné komerčně dostupné kapesní navigační přístroje.

Princip kódových měření předpokládá, že v přijímači dochází ke generování kopie signálu, který je vyslán konkrétní družicí. Kopie signálu je pak synchronizována s přijímaným signálem a je zjišťován časový posun mezi kopií a časovou základnou přijímače. Tento časový rozdíl lze převést na vzdálenost, tato vzdálenost je označována jako *zdánlivá vzdálenost*, protože nejsou synchronní hodiny přijímače, které jsou řízeny křemíkovým krystalem, se systémovým časem navigačního systému, který určují přesné atomové hodiny. Pro získání polohy přijímače je potřeba přijímat signály vyslané z alespoň čtyř družic, protože pak jsou známy všechny hodnoty pro vyřešení soustavy rovnic. Neznámými jsou v tomto případě souřadnice přijímače a pak také rozdíl mezi časem přijímače a časem systému. [HRD95] [HEF08]

V případě GPS je tento princip aplikován na nosnou vlnu L1, která je modulována C/A kódem. Vlna je po přijetí převedena na nižší frekvenci. Poté je směřována s C/A kódem, který generuje přijímačem. Po nalezení kódu odpovídajícího příslušné družici dochází postupným posouváním vygenerovaného signálu ke shodě obou signálů. Po dosažení synchronizace dojde k vyrušení přijatého a vygenerovaného C/A kódu. K dalšímu zpracování

se poté dostává pouze nosná vlna modulovaná navigační zprávou. Protože je znám čas odeslání a přijetí C/A kódu (z navigační zprávy), je znám časový rozdíl potřebný k šíření signálu. Přenásobením tohoto rozdílu rychlostí šíření vln se získá zdánlivá vzdálenost přijímač – družice. Po přijetí signálů z potřebného počtu družic dokáže přijímač pomocí softwarového vybavení určit svoji polohu. [HRD95] [RAP02]

Uvažuje-li se teoretická přesnost měření 1 – 2 % z vlnové délky [RAP02], pak při použití C/A kódu, který je vyslán frekvencí 1,023 MHz, což odpovídá vlnové délce zhruba 300 metrů, je přesnost určení zdánlivé vzdálenosti 3 – 6 metrů. Po zahrnutí ostatních vlivů (viz. tabulka 2) je přesnost, za ideálních observačních podmínek, 10 – 14 metrů [HRD95]. Tato přesnost je k navigačním účelům naprosto dostačující.

Segment	Zdroj chyby	Podíl na UERE ⁸ při použití C/A kódu [m]
Kosmický	Stabilita kmitočtového normálu družice	3,0
	Predikce preturbací družice	1,0
	Jiný	0,5
Řídící	Chyba predikce efemerid	4,2
	Jiný	0,9
Uživatelský	Ionosférická refrakce	5,0 – 10,0
	Troposférická refrakce	2,0
	Šum a rozlišovací schopnosti přístroje	7,5
	Vícecestné šíření signálu	1,2
	Jiný	0,5
UERE celkem		10,8 – 13,9

Tabulka 2: Podíl jednotlivých zdrojů chyb na zdánlivé vzdálenosti – převzato z [HRD95]

3.2 Fázová měření

Pro dosažení přesnějších výsledků měření, než zaručují kódová měření, je zapotřebí využít tzv. fázových měření. Jelikož je při tomto měření třeba přijímačů, které se skládají z externí antény spojené s kontrolní jednotkou (polním počítačem) a nehodí se pro svou rozměrnost pro navigaci. U této metody je nastíněn její princip pro funkční GNSS, tzn. GPS a GLONASS.

Stejně jako u kódových měření je základní myšlenkou této metody zjistit vzdálenost na trase družice – přijímač. Pro určení vzdálenosti je třeba zjistit počet celých vln

⁸ UERE – User Equivalent Range Error

a desetinnou část nosné vlny, které potřebuje signál k uražení vzdálenosti od družice k přijímači. [RAP02]

Počet vln není zprvu jednoznačný, proto se pro hledání tohoto počtu využívá termínu *nejednoznačnost (ambiguity)*. Pro určení nejednoznačnosti existuje řada metod, některé jsou nastíněny např. v [MER97], [FIX00] nebo [HEF08]. Je třeba přijímat signál z alespoň čtyř družic, protože fázová měření jsou stejně jako kódová zatížena chybami. Když je nejednoznačnost nalezena je třeba zajistit spojitý příjem signálů z družic, protože v případě přerušení příjmu dochází k tzv. fázovému skoku (*cycle slip*) a je potřeba znovu nejednoznačnost vyřešit znovu. Při hledání nejednoznačnosti se lze setkat s termínem *celočíselná nejednoznačnost*, protože se hledá celkový počet celých vlnových délek nosné vlny. [HEF08] [RAP02]

Přesnost výsledků měření pomocí fázových měření závisí na použitém přijímači a jeho schopnosti přijímat signály vysílané na jedné, nebo dvou nosných vlnách. V praxi se fázových měření používá při přesných geodetických měřeních (viz. dále). [HEF08] [RAP02]

3.3 Zpřesňování měření

Přesnost měření, při použití metod zmíněných v kapitolách 3.1 a 3.2 může být, zlepšena v reálném čase, nebo při následném zpracování v kanceláři. Podle [RAP02] lze metody sloužící ke zpřesnění měření rozdělit do dvou skupin. Jsou to metody založené na organizaci a zpracování měření, nebo použití dalšího technického vybavení. Do první kategorie lze zařadit průměrování, do druhé diferenční GNSS.

Průměrování je založeno na dlouhodobém měření na bodě, jehož polohu je potřeba zjistit. Ve zvolených časových intervalech se poté ukládají měřené hodnoty, které jsou na konci měření zprůměrovány. Této metodě se více věnuje [RAP02].

Lepších výsledků, pohledu časové náročnosti, se dosáhne využitím diferenčních metod GNSS. Těmto metodám je věnována větší pozornost a jsou popsány podrobněji.

3.3.1 Diferenční GNSS

Myšlenkou metod diferenčního GNSS je umístit na bodě o známé poloze přijímač, tzv. *referenční stanici*, který provádí měření na všechny viditelné družice. Z těchto měření se získají korekce, které jsou uživatelům předávány v reálném čase, nebo jsou uchovány pro následné zpracování. Metody diferenčního GNSS mohou být využity pro zpřesnění kódových i fázových měření.

Využívané korekce jsou dvojího druhu, jde o korekce polohových souřadnic referenční stanice nebo o korekce zdánlivých vzdáleností k jednotlivým družicím. V prvním případě je z přijatých signálů spočtena poloha referenční stanice a porovnána s její skutečnou polohou. Korekce jsou ve formě polohových souřadnic, o které přijímač opravuje svojí polohu. Hlavní podmínkou je, aby byly korekce a poloha přijímače určeny ve stejnou dobu a při měření na stejné družice. Splnění této podmínky není zdaleka jednoduché, proto se pro zlepšení kódových měření využívá korekcí zdánlivé vzdálenosti. U této metody provádí referenční stanice měření zdánlivých vzdáleností na viditelné družice. Protože lze vypočítat skutečnou vzdálenost družice – referenční stanice, ze známé polohy stanice a poloh družic (z efemerid), je následně možné provést korekci měřené zdánlivé vzdálenosti a vyjádřit její předpověď pro přijímač nacházející se na daném místě v daný čas. Přesnost této metody je větší, čím blíže jsou referenční stanice a přijímač, protože se předpokládá, že referenční stanice i přijímač jsou zatíženy stejnými chybami. [HEF08] [HRD95] [RAP02]

Platnost korekcí je v případě kódových měření do stovky kilometrů, v případě fázových měření jsou to první desítky kilometrů. Aby při zpracování korekcí nedocházelo ke komplikacím, bylo třeba definovat formát, v jakém se budou přenášet. Pro přenos v reálném čase se využívá formátu RTCM a k následnému zpracování formát RINEX.

Korekcí lze využít v reálném čase, nebo při následném zpracování v kanceláři (anglicky *postprocessing*). Zpracování v reálném čase se využívá se v případech, kdy je potřeba dosáhnout přesných výsledků přímo v terénu, např. při vytyčování. Korekce jsou od poskytovatele získávány pomocí mobilního internetového připojení. Následného zpracování se využívá v případech, kdy je kladen požadavek na větší přesnost výsledků měření a jsou nutné delší observace na příslušných bodech, např. budování polohového pole. Výsledná poloha bodů je získána po skončení měření v kanceláři, korekce jsou z internetu staženy a následně aplikovány na měření. O popis jednotlivých metod využívající diferenční GNSS a jejich přesnost viz. [HEF08].

3.3.2 Rozšiřující systémy využívající diferenční GNSS

Systémy rozšiřující a zlepšující výkonnost GNSS v určité geografické oblasti se označují zkratkou SBAS (*Satellite Based Augmentation System*). Jde o kombinaci sítě pozemních stanic a geostacionárních družic poskytující korekce a informace o integritě daného GNSS. Oblast severní Ameriky pokrývá WAAS (*Wide Area Augmentation System*), na území evropského kontinentu je tento systém znám pod jménem EGNOS (*European*

Geostationary Navigation Overlay Service), Japonska MSAS (*Multi-functional Satellite Augmentation System*). Oblast Indie bude pokrývat CAGAN (*GPS-Aided Geo Augmentation Navigation*) a Ruska pak SDCM (*System for Differential Correction and Monitoring*). [EUR09].

Protože na území ČR lze využít korekcí ze systému EGNOS, je právě na tomto systému je popsána funkčnost SBAS. EGNOS rozšiřuje americký GPS pro civilní použití, tvoří ho vesmírná a pozemní část, vesmírná část se skládá ze tří geostacionárních satelitů přenášejících korekce a informace o integritě satelitů GPS ve frekvenčním pásmu L1. Satelity jsou umístěny tak, aby pro uživatele byla zajištěna viditelnost alespoň dvou z nich. Pozemní část tvoří monitorovací stanice RIMS (*Ranging and Integrity Monitoring Stations*), čtyři řídicí stanice MCC (*Mission Control Center*) a šest pozemních navigačních stanic NLES (*Navigation Land Earth Stations*). [EUR09]

Získané korekce se využijí ke zpřesnění kódových měření pomocí C/A kódu. Informace pozemní segment předává pomocí satelitů koncovým uživatelům. Celý systém je konstruován tak, aby po 99 % času byla výsledná přesnost určení polohy 3 – 4 metry (horizontálně, resp. vertikálně) [EUR09]. Více o systému EGNOS v [EUR09].

3.4 Diferenční GNSS sítě na území České republiky

Diferenční GNSS na celém území České republiky poskytují následující sítě referenčních stanic: *Česká síť permanentních stanic pro určování polohy CZEPOS*, kterou spravuje a provozuje Zeměměřičský úřad v Praze, dále lze využít síť *TopNET*, která je provozována firmou GEODIS BRNO, a síť *Trimble VRS Now Czech*, kterou provozuje firma GEOTRONICS Praha. Korekce z těchto sítí lze využívat za stanovený poplatek a bude o nich psáno jako o sítích komerčních. Následující text se je zaměřen na přesnost dosažitelnou pomocí těchto sítí v reálném čase. O dalších referenčních stanicích, které slouží k výzkumným účelům a některé z nich jsou zahrnuty do sítí komerčních, lze najít informace např. v [ŠLO10].

Přesnost měření při využití sítí referenčních stanic GNSS je popsána na síti CZEPOS. V reálném čase poskytuje síť CZEPOS následující služby: DGPS, RTK, RTK – PRS, RTK – FKP, RTK3, VRS3 – Max a iMax.

DGPS slouží pro korekci kódových měření, k přenosu korekcí postačí přijímač schopný přijímat korekce DGPS, tuto službu lze využít k navigaci a sběr dat v GIS [ŘEZ06]. Korekce jsou získávány z předem zvolené referenční stanice [ZEM00a].

Pro využití služeb RTK, RTK – PRS a RTK – FKP je potřeba měřit pomocí dvoufrekvenční aparatury. U služby RTK dochází k připojení pouze k jedné, nejbližší, referenční stanici sítě.

Nachází-li se uživatel ve větší vzdálenosti, je třeba použít jednu ze dvou zbývajících služeb. Pro jejich aplikaci je použito dat ze všech stanic sítě, tzv. *síťové řešení*. Služba RTK – PRS využívá korekce z tzv. *pseudoreferenční (virtuální) stanice*, která je vygenerována zhruba ve vzdálenosti 5 kilometrů od uživatele. Služba RTK – FKP využívá síťového řešení jinak – získané korekce z nejbližší stanice jsou doplněné o tzv. plošné parametry, které jsou určeny na základě síťového řešení. [ŘEZ06]

Při použití těchto služeb se pro přenos korekcí využívá formátu RTCM ve verzích 2.1 a 2.3. V roce 2006 proběhlo testování kvality sítě podle metodiky [KOS00], zpracování a rozbor výsledků proběhlo v rámci [VIL07]. Celkem bylo zaměřeno 147 bodů a získáno 3467 měření [VIL07]. Pro metodu DGPS byla střední chyba měření v porovnání s podkladem⁹ 23 centimetrů v poloze a 45 centimetrů ve výšce. Při použití metody RTK 1,4 centimetru v poloze a 4,5 ve výšce, u metody RTK – PRS 1,3 centimetru v poloze a 4,3 centimetru ve výšce a konečně u metody RTK – FKP 1,3 centimetru v poloze a 4,4 centimetru ve výšce [VIL07].

Dále uvedené služby sítě CZEPOS přenášejí korekce ve formátu RTCM ve verzi 3.1, to umožňuje kromě rychlejšího přenosu dat zejména příjem korekcí z GLONASS. Na jaře roku 2012 byl dokončen upgrade jednotlivých stanic sítě. Ta umožňuje současný příjem signálů GPS i GLONASS a na celém území České republiky poskytuje služby virtuálních referenčních stanic.

V roce 2008 proběhlo testování služeb: RTK3, VRS3 – iMax a CPRG3. První služba přijímá korekce z nejbližší stanice, druhá z virtuální referenční stanice za pomoci síťového řešení a u třetí služby byly přijímány korekce GPS i GLONASS přímo ze stanice Praha. Směrodatné odchylky při porovnání s podkladem jsou pro službu RTK3 1,1 centimetru v poloze a 3,4 centimetru ve výšce, pro metodu VRS3 1,0 centimetru v poloze a 3,9 centimetru ve výšce a u metody CPRG3 1,1 centimetru v poloze a 1,8 centimetru ve výšce.

Síť VRS Now Czech poskytuje korekce za pomoci síťového řešení. V této síti je možné využít přijatých signálů GPS i GLONASS. Zajímavou službou sítě je možnost pozastavení příjmu korekcí a tím zmenšit přenesený objem dat. V síti TopNET lze

⁹ Podkladem jsou v tomto případě dané souřadnice v ETRS89

pro měření také využít signálů GPS a GLONASS, pro příjem korekcí lze využít jednu ze stanic sítě případně síťového řešení. [LÁS11], [ČER10a], [ČER10b]

V roce 2010 proběhlo testování přesnosti sítí CZEPOS, VRS Now Czech a TopNet na území Brna viz. [KUR10]. Z tohoto testování vyplývá, že jednotlivé sítě poskytují porovnatelnou přesnost. Porovnání služeb jednotlivých sítí v celostátním měřítku v současné době neexistuje.

4 Standard NMEA 0183

Jedná se o standard využívaný k přenosu dat kódových měření. Tento způsob získání polohy využívání navigační přístroje, resp. chytré mobilní telefony, proto je standardu NMEA 0183 věnována následující kapitola.

Standard vyvíjí od osmdesátých let 20. století NMEA (*National Marine Electronics Assosiation*). Důvodem vzniku byla potřeba vytvoření jednoduchého standardu pro implementaci, který by umožňoval komunikaci mezi námořními elektronickými zařízeními. Výsledný standard je natolik obecný, že umožňuje využití i mimo námořní oblast, pro kterou byl původně vyvinut. Jednoduchá implementace a obecnost tohoto standardu jsou tedy důvody, proč do tohoto standardu jsou zahrnuty přijímače GPS.

Standard je založen na konceptu „mluvčího“ (*talker*) a „posluchačů“ (*listeners*). Mluvčí je zařízení vysílající data posluchačům formou *vět*. Při aplikaci v oblasti GNSS je *mluvčím* satelit a *posluchačem* je jakékoliv zařízení umožňující zpracovávat standard NMEA 0183 (např. turistická navigace, automobilová navigace, PDA vybavené příslušným hardwarem a softwarem).

Data jsou od mluvčího k posluchači přenášena textově ve formě vět o maximální délce 82 znaků [LAN95]. Každá věta začíná znakem \$ a je zakončena znaky <CR>¹⁰<LF>¹¹ [LAN95]. Věta obsahuje několik polí. Je tvořena polem *adresa*, která identifikuje mluvčího a formát věty. Věta může obsahovat buď žádné, nebo více datových polí a, ve většině případů, pole pro součet znaků ve větě, které slouží pro identifikaci případné chyby [LAN95]. K oddělení jednotlivých polí slouží jako oddělovač znak *čárka*. Existují tři typy vět:

- věty ze strany mluvčího,
- proprietární věty,
- dotazovací věty.

Ve **větě ze strany mluvčího** je pole *adresa* tvořeno pěti znaky. První dva identifikují mluvčího¹², další tři pak specifikují přenášený typ dat. Pro každou větu je specifikován přesný počet datových polí. Jestliže jsou data v příslušném datovém poli nedostupná nebo nedůvěryhodná, je doplněno pole o nulové délce, čárky oddělující jednotlivá pole zůstávají. Následuje kontrolní součet začínající znakem * a dvě hexadecimální číslice, představující součet všech znaků věty [LAN95].

¹⁰ Carriage Return – návrat tiskové hlavičky na začátek řádku

¹¹ Line Feed – posun o 1 řádek dolů - odřádkování

¹² Pro satelity GPS se používá identifikátor GP

Proprietární typ vět může být využit výrobcem zařízení pro specifické účely daného zařízení. V této větě je v poli adresa prvním znakem písmeno „P“, poté následuje třípísmenný kód výrobce.

Dotazovací věty slouží posluchači k vyžádání konkrétní věty od mluvčího. Pole adresa má pět znaků, první dva slouží k identifikaci tazatele (posluchač), další dva identifikují mluvčího. Posledním znakem je písmeno „Q“, označující dotazovací typ věty. Následuje třípísmenné datové pole, které specifikuje dotazovaný typ věty. Věta je ukončena kontrolním součtem a znaky pro návrat na začátek řádku a odřádkování. Autor předpokládá, že těchto vět není v GNSS využito, jelikož se jedná o systémy, kde probíhá jednosměrná komunikace.

Ukázka vět přijatých GPS přijímačem je uvedena v příloze B.

5 Úvod do tvorby aplikace

Autorovou motivací bylo vytvořit aplikaci, která usnadní geodetům při měřeních v terénu vyhledávání bodů bodových polí. Umožní získat atributy a místopis jednotlivých bodů. Aplikaci, která bude jednoduchá na ovládání, nebude uživatele zatěžovat nastavováním všemožných parametrů. Aplikaci, kterou uživatel při geodetických měřeních pustí a dostane informaci o bodových polích jeho okolí.

Vývoj aplikace probíhal pro chytré mobilní telefony¹³. Tyto přináší řadu výhod, například disponují připojením k internetu přes mobilní datové služby, jako jsou GPRS, EDGE a UMTS, nebo pomocí bezdrátového standardu Wi-Fi. Data a informace tak lze získat kdekoli v dosahu signálu mobilní sítě. Pro určení polohy přístrojů lze využít signálů ze satelitů GPS, nebo ze sítě mobilního operátora, telefony také mohou disponovat digitálním kompasem. Všechny popsané vlastnosti byly využity při tvorbě aplikace.

Následující kapitoly budou popisovat tvorbu aplikace pro vyhledávání bodů bodových polí v terénu. Postup vývoje lze popsat jako posloupnost následujících kroků: definice uživatelských požadavků, analýza těchto požadavků, programování, testování a následné publikování.

¹³ Chytrý mobilní telefon (smartphone) – telefon disponující operačním systémem.

6 Návrh aplikace

Kapitola se zabývá požadavky na funkčnost aplikace a jejich rozbořem.

6.1 Uživatelské požadavky

Před začátkem tvorby aplikace bylo třeba stanovit požadavky na její funkčnost z pohledu uživatele. Ke stanovení požadavků pomohla autorovi, kromě konzultací s vedoucím práce, jeho praxe měřiče v geodetické kanceláři.

Požadavky lze shrnout do následujících bodů:

- a) zobrazit mapový podklad,
- b) nad mapovým podkladem zobrazit polohu přístroje,
- c) na území ČR nad mapovým podkladem zobrazit bodová pole,
- d) získání a zobrazení údajů o vybraném bodu,
- e) navigace na bod,
- f) import a zobrazení bodů definovaných uživatelem,
- g) správa bodového pole.

Analýzou těchto požadavků lze získat podrobnější představu o jejich následné realizaci.

6.2 Analýza uživatelských požadavků

Předchozí podkapitola stanovila požadavky, které uživatel očekává, že budou realizovány v konečné aplikaci. Následující text se zabývá jejich analýzou a výběrem operačního systému, který tyto požadavky splňuje.

Základním požadavkem je **zobrazení mapového podkladu**. To je hlavní podmínka, která uživateli umožní zorientovat se na neznámém místě. Je třeba uživateli poskytnout podklad základní a ten doplnit o další, který poskytne doplňující informace. Základní podklad je takový, který dokáže, v závislosti na velikosti zobrazeného území, znázornit dostatečně přesně následující základní mapové prvky: vodstvo, vegetaci, sídla a pozemní komunikace. Doplňující podklad může být založený na ortofotu, které poskytuje k datu pořízení

nezkreslený snímek situace na daném území. Uvedené podmínky splňují např. mapové podklady dostupné v Google Maps¹⁴.

Další uživatelským požadavkem je **zobrazení polohy přístroje**. To je dalším krokem k usnadnění orientace uživatele v terénu. Polohu přístroje lze získat příjmem signálů GPS, nebo ze sítě mobilního operátora.

Uživatel dále vyžaduje **zobrazení bodových polí** na mapovém podkladu. Pro zobrazení polí dostupných na celém území České republiky nabízí ČÚZK pomocí prohlížečích WMS¹⁵ služby „Bodová pole“ přístup k aktuálním datům Databáze bodových polí ČR. Tato služba umožňuje dotazování na atributy jednotlivých bodů a zobrazení místopisu. Tím je splněna i následující uživatelská podmínka na **získání a zobrazení údajů o vybraném bodu**.

Navigace na bod je úzce spjata s požadavkem na zobrazení polohy uživatele. Bez nalezení polohy není uživatel schopný určit, kde se nachází a není schopen zvolit správnou cestu k bodu. Minimálním navigačním požadavkem je tedy zobrazit polohu na mapovém podkladu a doplnit je o další informace, které usnadní vyhledání bodu. Těmito informacemi mohou být např. údaje z kompasu.

V případě **importu bodů definovaných uživatelem** je třeba zvolit formát souboru, ve kterém budou souřadnice načítány. Ošetřit načtení tohoto souboru, jeho uložení do databáze v telefonu a následnou vizualizaci na mapovém podkladu. Po zobrazení je dalším krokem vizualizace údajů uložených v databázi.

Posledním uživatelským požadavkem je **správa bodového pole**. Správou se rozumí udržování atributů a informací o jednotlivých bodech daného pole v aktuálním stavu a napravování zjištěných chyb. Pole pokrývající celou Českou republiku spravuje ČÚZK, z pohledu měřiče je důležité předat úřadu informaci o zjištěných nedostatcích, nejčastěji pomocí formuláře o hlášení závad¹⁶. Správa uživatelských polí vyžaduje přístup k uložené databázi a uložení zjištěných nedostatků, např. zapsáním poznámky k bodu nebo uložení fotografie. Tyto informace pak lze využít při následném zpracování v kanceláři.

Pro vývoj aplikace se nabízelo využít následující operační systémy: Android, Symbian, iOS (iPhone), Windows Mobile 6.5 a Windows Phone 7.5. Ze jmenovaných operačních systémů, dostupných na začátku tvorby aplikace, splňuje uživatelské požadavky nejlépe systém Android. Ten je celosvětově nejrozšířenějším operačním systémem pro chytré

¹⁴ Mapová technologie poskytovaná společností Google – umožňuje zobrazit různé mapové podklady.

¹⁵ Informace o WMS jsou uvedeny v kapitole 4.1.1

¹⁶ Formuláře pro příslušné bodové pole jsou dostupné z adresy: <http://dataz.cuzk.cz/oznameni.php>

mobilní telefony [GAR11]. Pro vývoj aplikací nabízí rigidní aplikační rámec¹⁷, takže aplikace v něm vyvinuté nenarušují funkci ostatních programů, nebo dokonce celého telefonu [MUR11]. Systémy Symbian a Windows Mobile 6.5 byly vyloučeny, protože v průběhu roku 2016 [VOŘ11], resp. 2013 [RAM12] pro ukončí výrobci jejich podporu. Bing Maps¹⁸ implementované v systému Windows Phone nabízí pro Českou republiku nedostatečně podrobné mapové podklady. Systém iOS zatím jako mapové podklady využívá Google Maps, ale jeho vývojář, firma Apple, plánuje tuto mapovou technologii opustit a nahradit ji vlastní [SED11]. Z výše uvedených důvodů pro vývoj aplikace nebyly vybrány systémy Windows Phone a iOS.

Jelikož nebyla autorovi známa žádná aplikace pro systém Android, která by splňovala nadefinované uživatelské požadavky, začal vyvíjet novou. Bylo nutné prostudovat dokumentaci k systému. Z ní vyplývá, že obsluhu veškerých funkcí systému spojených se zobrazováním mapových podkladů nalezneme v balíku *com.google.android.maps*¹⁹ a pro práci s databází nabízí systém balík *android.database.sqlite*²⁰.

¹⁷ Aplikační rámec – softwarová struktura, která slouží jako podpora při programování, vývoji a organizaci jiných softwarových projektů.

¹⁸ Mapová technologie poskytovaná společností Microsoft – umožňuje zobrazit různé mapové podklady.

¹⁹ Dokumentace k balíku dostupná z - <https://developers.google.com/maps/documentation/android/reference/>

²⁰ Dokumentace k balíku dostupná z - <http://developer.android.com/reference/android/database/sqlite/package-summary.html>

7 Tvorba aplikace

Tato kapitola se zabývá samotnou aplikací a odráží její verzi ke květnu 2012. Nejprve jsou uvedeny informace pro sestavení WMS dotazu, je nastíněno, z čeho se aplikace v systému Android skládá. Nakonec je aplikace popsána z pohledu programátora a uživatele.

7.1 Nezbytný základ

Před psaním kódu se autor musel seznámit se specifikací WMS, konkrétně s její verzí 1.3.0, ve které ČÚZK poskytuje data o bodových polích na území České republiky. Dále také musel autor proniknout do základů programování aplikací pro systém Android.

7.1.1 WMS

WMS (Web Map Service – Webová Mapová Služba) je služba, která dynamicky produkuje prostorově orientované mapy. Mapou se v tomto případě rozumí obraz geoinformací v podobě digitálního obrázku²¹.

Služba pracuje na principu klient – server. Klient komunikuje se serverem pomocí dotazů, dotazy jsou pokládány formou URL. Rozlišují se dva základní dotazy: *GetCapabilities* a *GetMap*, které server vždy podporuje, a jeden volitelný: *GetFeatureInfo*. Dotaz *GetCapabilities* slouží k získání metadat o službě, které server poskytuje. Dotaz *GetMap* vrátí rastrový obrázek. *GetFeatureInfo* vrátí podrobnější informace o konkrétním prvku z dotazu *GetMap*. Každý z dotazů má své povinné a volitelné parametry, ty jsou specifikovány v [OGC06]. V češtině se problematice věnuje [JIR07].

7.1.2 Aplikace v systému Android

Vývoj aplikace pro mobilní telefon přináší řadu úskalí, je třeba se vypořádat např. s různými velikostmi obrazovky, rychlostí procesoru, velikostí operační paměti... Průvodcem programováním aplikací pro Android je kniha [MUR11], ze které při vývoji autor čerpal.

Zdrojový kód samotné aplikace v systému Android je psán v jazyce Java, pro vytvoření uživatelského rozhraní se využívá XML. Výsledná aplikace je zabalený archiv s příponou *.apk (Android package). Archiv obsahuje všechny zdroje, které aplikace

²¹ Např. PNG, JPG

pro svoje fungování potřebuje, jedná se o zkompilované zdrojové soubory, obrázky, zvukové soubory, Java archivy a další.

Základním stavebním prvkem každé aplikace je tzv. *aktivita*. Aktivitu lze chápat jako každou obrazovku, která se zobrazí a vyžaduje interakci s uživatelem (potvrzení volby, vyplnění formuláře, aj.). Každá aplikace obsahuje alespoň jednu aktivitu. Aplikace se dále skládají z *dodavatele obsahu*, *záměru* a *služby*. *Dodavatel obsahu* umožňuje sdílet data mezi různými aplikacemi. *Služba* je navržena tak, aby běžela na pozadí nezávisle dlouho na aktivitě. A *záměr* je pak systémová zpráva upozorňující na výskyt určité události, pomocí záměrů lze z např. jedné aktivity spustit jinou. [MUR11]

Nezbytným informačním zdrojem při vývoji aplikace jsou oficiální stránky systému Android pro vývojáře²², archiv Google Groups věnovaný vývoji Android aplikací²³, a v poslední řadě otázky a odpovědi na stránkách Stackoverflow²⁴.

7.2 Popis aplikace

Následující podkapitoly popisují aplikaci ze dvou pohledů programátorského, kde budou popsány jednotlivé třídy a jejich funkcionalita, a uživatelského, v této části bude popsáno, jak se aplikace ovládá a co umí.

7.2.1 Programátorská dokumentace

Aplikace se skládá z pěti tříd. Na přiloženém CD je dostupný projekt, kde jsou k nalezení i zdrojové kódy aplikace. Hlavní třídou je *BodovaPole.java*. Třída je potomkem třídy *MapActivity* z balíku *com.google.android.maps*, který dovoluje aplikacím zobrazit a ovládat rozhraní Google Maps. Jak již bylo uvedeno, tato třída je hlavní třídou celé aplikace a má na starosti obsluhu všech nezbytností týkajících se aktivity. Třída obsahuje následující metody:

- *onCreate()* – je zavolána po spuštění aplikace a provádí počáteční nastavení aktivity.
- *onResume()* – zavolána po metodě *onCreate*, nebo při obnovení aktivity. Spouští příjem aktualizací o změnách polohy a z kompasu.

²² Dostupné z - <http://developer.android.com/index.html>

²³ Dostupné z - <http://groups.google.com/group/android-developers>

²⁴ Dostupné z - <http://stackoverflow.com/questions/tagged/android>

- *onPause()* – volána před spuštěním jiné aktivity. Ukončí příjem aktualizací o změnách polohy a kompasu.
- *onCreateOptionsMenu()* – vytvoří menu podle XML návrhu.
- *onOptionsItemSelected()* – ošetřuje výběr prvku v menu a volá metodu k prvku přiřazenou. Při stisku tlačítka pro výběr vrstvy volá metodu *dialogNaVyber()*, při stisku tlačítka o informacích o aplikaci volá metodu *ukazDialog()*.
- *ukazDialog()* – ukáže informační okno o aplikaci.
- *dialogNaVyber()* – ošetřuje výběr vrstev pomocí zaškrťovacích tlačítek. Předává třídě *WMS.java* pole s vybranými vrstvami, které dále slouží pro nastavení WMS dotazu.

Třída *WMS.java* slouží k sestavení dotazů *GetMap* a *GetFeatureInfo* podle specifikace WMS, konkrétně její verze 1.3.0. Parametry potřebné pro sestavení dotazu třída přebírá pomocí metod třídy *MapView*, která je součástí balíku *com.google.android.maps*, ze zobrazené části mapy na displeji telefonu. Dále třída transformuje zeměpisnou šířku a délku na souřadnice souřadnicového systému *WGS 84 / Pseudo-Mercator*. Tento systém je použit pro korektní zobrazení mapových služeb v kombinaci s použitými Google Maps.

- *nastav()* – nastavuje číselné parametry potřebné k sestavení WMS dotazů. Parametry jsou: souřadnice levého dolního a pravého horního rohu v metrech, výška a šířka zobrazeného výřezu mapy v pixelech.
- *nastavVrstvu()* – přebírá z hlavní třídy pole s vybranými vrstvami a nastavuje příslušné vrstvy do dotazu.
- *sestavGetMap()* – sestaví z nastavených parametrů WMS dotaz *GetMap*, který je použit pro získání obrázku s vybranými vrstvami.
- *sestavGetFeatureInfo()* – sestaví z nastavených parametrů WMS dotaz *GetFeatureInfo*, který je použit pro získání atributů zvoleného prvku.
- *toMercator()* – převádí zeměpisnou šířku a délku na souřadnice systému *WGS 84 / Pseudo-Mercator*

Třída *WMSOverlay.java* je potomkem třídy *Overlay*, která je součástí balíku *com.google.android.maps*. Třída *Overlay* je základní třídou sloužící pro zobrazení prvků překrývajících mapový podklad, jejím rozšířením se upraví kreslení obrázku získaného z WMS serveru a umožní se výběr bodu bodového pole poklepáním na displej telefonu.

- *draw()*²⁵ – metoda pomocí třídy *WMSObrazek.java* získá obrázek z WMS serveru reprezentující vybraná bodová pole a následném překreslení přes mapový podklad.
- *onTap()* – ošetřuje poklepaní na displej, za účelem získání informací o vybraném bodě bodového pole.

Třídou, ze které jsou odvozeny následující třídy, je *AsyncTask*²⁶, ta se nachází v balíku *android.os*. Tato třída umožňuje pohodlné provádění úkolů běžících na pozadí a následnou interpretaci jejich výsledků. Byla proto zvolena jako základ pro komunikaci s WMS serverem.

Třída *WMSObrazek.java* ošetřuje komunikaci s WMS serverem za účelem získání odpovědi na dotaz GetMap.

- *doInBackground()* – metoda přebírá jako svůj vstupní parametr dotaz GetMap ve formátu URL. Ten se použije pro získání obrázku ze serveru, který je použit metodou *draw()* třídy *WMSOverlay.java* pro překreslení přes mapový podklad.

Třída *WMSHTML.java* je také potomkem třídy *AsyncTask*, slouží ke komunikaci s WMS serverem pro získání atributů vybraného bodu.

- *doInBackground()* – přebírá souřadnice bodu na displeji, které reprezentují dotazovaný bod. Jejich pomocí je doplněn WMS dotaz *GetFeatureInfo*, odeslán na server a odpověď formou html kódu otestována, jestli obsahuje atributy bodu. Když kód obsahuje atributy bodu, je dotaz předán metodě *onPostExecute()*.
- *onPostExecute()* – přebírá z předchozí metody URL a pomocí *záměru* ji předává internetovému prohlížeči nainstalovanému v telefonu.

7.2.2 Uživatelská dokumentace

Aplikace je uživatelům dostupná na Google Play pod názvem *Bodová pole*. Jedná se o jednoduchý WMS klient, který přistupuje k WMS serveru ČÚZK a získává z něj

²⁵ Tato metoda je volána pokaždé, když dojde ke změně mapového podkladu – přiblížení, oddálení, posun. V každém z uvedených případů dochází ke komunikaci se serverem. Důsledkem této komunikace může být neplynulé načítání mapového podkladu, protože ten se také načítá online.

²⁶ Dokumentace ke třídě dostupná z - <http://developer.android.com/reference/android/os/AsyncTask.html>

podklady pro zobrazení bodových polí na území České republiky a atributy jednotlivých bodů.

Po stažení, nainstalování a spuštění se objeví úvodní obrazovka podobná té, která je zobrazena na obr. 1²⁷. Je zobrazen podklad, který umožňuje libovolné přibližování, oddalování a pohyb do stran. Pro využití všech funkcí aplikace, autor uživatelům doporučuje mít zapnutou funkci systému Android „Moje poloha“. V případě, že je tato funkce zapnuta, je na podkladu zobrazena poloha přístroje modrým bodem²⁸ tak, jak je uživatel zvyklý z jiných aplikací systému Android využívajících Goole Maps.



obr. 1: aplikace po prvním spuštění se zobrazenou polohou.

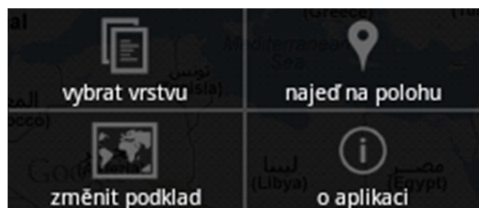
Stiskem klávesy menu se zobrazí hlavní menu aplikace. To, jak menu vypadá, ukazuje obr. 2. Položky v menu jsou následující: *vybrat vrstvu*, *najed' na polohu*, *změnit podklad* a *o aplikaci*.

Položka *vybrat vrstvu* slouží k výběru jedné nebo více vrstev. Každá vrstva reprezentuje příslušný soubor bodů z bodového pole. Položka *najed' na polohu*, při zapnutí funkce „Moje poloha“, umožní zobrazit oblast, ve které se nachází mobilní telefon, v minimálním možném přiblížení potřebném pro zobrazení bodových polí. Je-li funkce „Moje

²⁷ Obrázky jsou pořízeny pomocí emulátoru zařízení Android, mohou být odlišné od zobrazení na skutečném zařízení.

²⁸ Na obr. 1 je poloha zobrazena v západní části ČR.

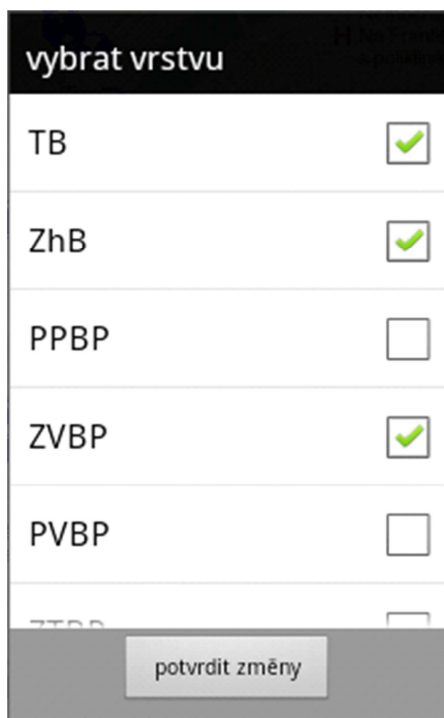
poloha“ vypnuta provede se pouze přiblížení. *Změnit podklad* provede přepnutí mezi mapovými podklady, které poskytuje společnost Google. Poslední položka, *o aplikaci*, zobrazí informace o aplikaci a jednoduchou nápovědu.



obr. 2: menu aplikace.

Účelem této aplikace je zobrazení bodových polí v okolí, kde se nachází uživatel, získání jejich atributů²⁹ a zobrazení místopisu. Tyto informace uživateli usnadňují při geodetických měřeních s připojení vlastní měřické sítě.

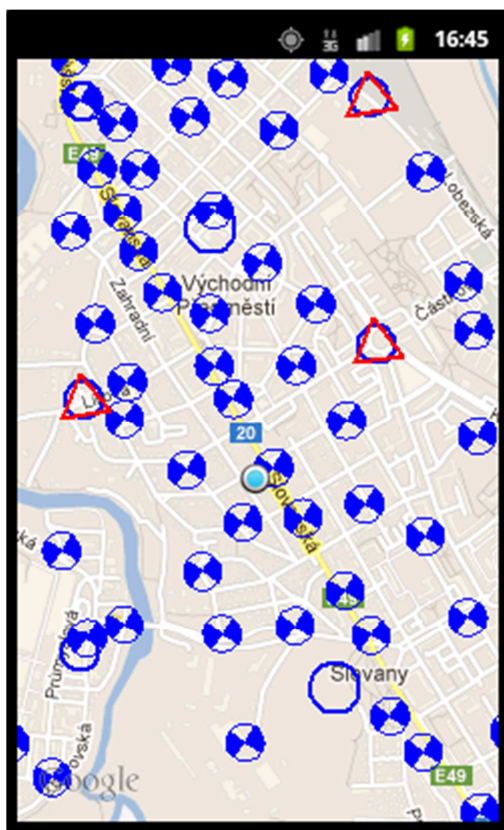
Pro zobrazení bodového pole je třeba pomocí příslušné volby z menu vybrat zájmová bodová pole. Po stisku volby *vybrat vrstvu* se zobrazí tabulka se zaškrťovacími volbami, umožňující vybrat jednu, nebo více položek. Na výběr je polohové, výškové i tíhové bodové pole. Možnosti výběru ilustruje obr. 3.



obr. 3: vybrání vrstev

²⁹ Jde zejména o souřadnice bodu a jeho výšku.

Po potvrzení výběru začíná aplikace komunikovat s WMS serverem a zobrazí vybraná bodová pole, viz. obr. 4. S mapou může uživatel libovolně pohybovat a přibližovat ji. Pokud k vycentrování a přiblížení použil uživatel tlačítko *najed' na polohu*, nebudou při oddálení vybrané volby zobrazeny. To je způsobeno vlastností serveru poskytovat údaje od určitého měřítka³⁰.



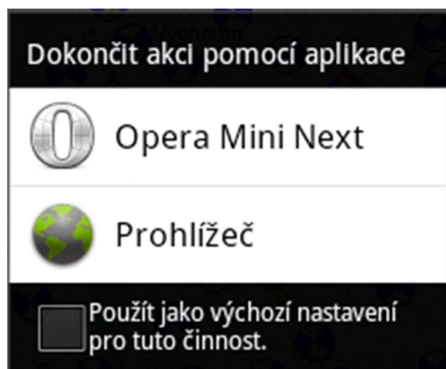
obr. 4: zobrazené vybrané vrstvy

Pro získání atributů daného bodu musí uživatel poklepat na displej v místech, kde se bod nachází. Při poklepání na displej by měl uživatel vycházet z předpokladu, že telefony se systémem Android jsou vybaveny displejem s kapacitní technologií. Při shluku bodů na určitém místě může dojít k záměně bodů tak, že např. místo atributů trigonometrického bodu uživatel získá atributy nivelačního bodu. K zamezení těchto záměn doporučuje autor vybrat pouze vrstvu, jejíž je zájmový bod součástí, nebo přiblížit mapu natolik, aby nedošlo k záměně bodů, a následně na bod poklepat.

Po poklepání na displej aplikace znovu komunikuje se serverem. Získá-li od serveru odpověď, zobrazí se okno podobné tomu na obr. 5. Položky v něm zobrazené závisí

³⁰ U podrobného polohového bodového pole je dané měřítko 1:5 000, u ostatních polí je 1:50 000.

na nainstalovaných internetových prohlížečích. V tomto případě je *Opera Mini Next* prohlížeč doinstalovaný a *Prohlížeč* je standardní prohlížeč systému Android.



obr. 5: dokončení operace

Po výběru internetového prohlížeče je načtena internetová stránka s atributy zvoleného bodu tak, jak je ukazuje obr. 6³¹. Zobrazené atributy se liší podle bodového pole, ke kterému bod náleží.

BP_TB

ZTLTL	2013
CISLO	11
PL	0
DRUH	TB
Y	821348.34
X	1072552.33
VYSKA	371.07
B	
L	
HEL	
GPS	
GEODETICKE_UDAJE	http://geoportal.cuzk.cz/mistopis/mistopis_soap_h.asp?NAME=BP_TB&TYP=TB&HID=248655e69dd8be508dfd0898f526e4e6
NAZEV_OKRES	Plzeň-město
NAZEV_KU	Plzeň
ZM50	1233
NAZEV_SMO5	PLZEN 8-6
CISLO_SMO5	70486
TYPV	0

obr. 6: atributy zvoleného bodu.

³¹ Obrázek je, pro lepší názornost, pořízen z prohlížeče nainstalovaného ve stolním počítači.

Na místopis bodu uživatel přejde pomocí odkazu v kolonce geodetické údaje. V následujícím okně může uživatel, kromě prohlédnutí místopisu, pokračovat na stránku s verzí místopisu k tisku. Shledá-li uživatel nesrovnalost mezi poskytnutými daty a skutečným stavem je další možností, kam ze stránky s místopisem pokračovat, přejít na stránku obsahující formulář o hlášení závad bodů bodových polí. Verzi místopisu pro tisk je možné, pro pozdější využití, uložit do telefonu jako obrázek.

Výše uvedený postup lze aplikovat na všechna dostupná bodová pole. Jednotlivé kroky a zobrazené údaje se však mohou v závislosti na typu bodového pole měnit.

8 Diskuse

Autorovým cílem bylo vytvořit aplikaci, která usnadní vyhledávání bodů bodových polí v terénu a bude splňovat požadavky definované uživatelem. Práce na aplikaci postupovaly od většího celku k menšímu, tedy od bodových polí pokrývajících území České republiky po pole definovaná a importovaná uživatelem. Aplikace zatím nesplňuje požadavky na import a správu uživatelských bodových polí.

Výsledkem je aplikace pro chytré mobilní telefony s operačním systémem Android, která je uveřejněna na Google Play pod názvem *Bodová pole* a slouží k vyhledávání bodů bodových polí na území České republiky.

Aplikace zobrazuje mapový podklad, k tomu využívá služeb Google Maps, které jsou integrovány do systému Android. Pomocí prohlížečích WMS služby „Bodová pole“ komunikuje aplikace s WMS serverem a nad podkladem zobrazuje vybraná bodová pole, zobrazuje atributy vybraného bodu a jeho místopis. Aplikace tedy implementuje WSM dotazy GetMap a GetFeatureInfo. Služba umožňuje přístup k Databázi bodových polí ČR. Tím je zajištěna správnost a aktuálnost zobrazených informací. Shledá-li uživatel nesrovnalost mezi poskytnutými daty a skutečným stavem, aplikace umožňuje nahlášení závady pomocí internetového formuláře.

Aplikace nad mapovým podkladem zobrazuje polohu přístroje a směrovou růžici kompasu. Uživatel tak získá informaci, kde v jeho okolí se nachází jednotlivé body, a dokáže se zorientovat podle světových stran. Pomocí těchto informací je uživatel schopen vyhledat konkrétní bod.

Směr dalšího vývoje aplikace je rozšíření její funkčnosti o možnost spravovat uživatelská bodová pole. Tento uživatelský požadavek není zatím v aplikaci realizován. Pro plnou funkčnost je třeba dořešit problematiku spojenou s načtením tohoto pole, jako je přístup k uloženému souboru a jeho načtení, naplnění databáze a její propojení s mapovým podkladem. Na příloženém CD je testovací verze, která z uložené testovací databáze zobrazuje na mapovém podkladu jednotlivé body. Tato verze dále umožňuje zobrazit informace o bodech uložené v databázi, neumí importovat uživatelské pole a uložit nové informace do databáze.

Potencionálními uživateli aplikace jsou geodeti měřiči, kterým v terénu poskytne informace o poloze bodů, jejich atributech a usnadní jim připojení měřických sítí k bodům stávajících bodových polí.

9 Závěr

Práci lze rozdělit do dvou částí. V první z nich je věnována pozornost provedené rešerši současného stavu GNSS, jsou popsány jednotlivé systémy s uvedením jednotlivých odlišností. Je nastíněn možný budoucí vývoj jednotlivých GNSS. Toto je shrnuto v příloze A. Dále jsou v této části popsány způsoby získávání a zpřesňování polohy v reálném čase.

Druhá část práce se věnuje tvorbě navigační aplikace. Ta je dostupná na Google Play, oficiálním distribučním místě aplikací pro systém Android, pod názvem *Bodová Pole*. Aplikace je mobilním WMS klientem, který usnadňuje geodetům, při jejich měřeních v terénu, vyhledávání bodových polí.

Nad mapovým podkladem poskytuje, pomocí WMS služby ČÚZK „Bodová pole“, informaci o vybraných bodových polích. Využitím služby získává měřič v terénu aktuální data a informace potřebné pro připojení měřických sítí. Při zjištění nesouladu mezi poskytnutými daty a skutečností, lze pomocí aplikace odeslat hlášení o závadě bodu bodového pole.

Zdroje:

- [CNS11] CHINA SATELLITE NAVIGATION OFFICE. *BeiDou Navigation Satellite System Signal In Space Interface Control Document (Test Version)* [online]. December 2011 [cit. 2012-02-14]. Dostupné z: <<http://interact.beidou.gov.cn/interact/download.service?attachment=2011/12/27/201112273f3be6124f7d4c7bac428a36cc1d1363.pdf>>
- [ČER10a] ČERNÝ Matěj. Vznik sítě referenčních stanic Trimble VRS Now CZ. In *Družicové metody v geodézii a katastru. Seminář s mezinárodní účastí. Sborník referátů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav geodézie, 2010. s. 64-67.
- [ČER10b] ČERNÝ Matěj, HONČ Tomáš. Testování sítě referenčních stanic Trimble VRS Now CZ. In *Družicové metody v geodézii a katastru. Seminář s mezinárodní účastí. Sborník referátů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav geodézie, 2010. s. 68-72.
- [ČTK10] ČESKÁ TISKOVÁ KANCELÁŘ. *EU potvrdila, že administrativa pro Galileo bude sídlit v Praze* [online]. 10. 12. 2010 [cit. 2010-12-27]. Dostupné z: <http://www.ctk.cz/sluzby/slovni_zpravodajstvi/ekonomicke/index_view.php?id=568011>
- [DEW90] DEWHURST, Warren T.. *NADCON* [online]. Maryland USA. [1990]. Dostupné z: <http://www.ngs.noaa.gov/PUBS_LIB/NGS50.pdf>
- [EUR09] EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE-GENERAL FOR ENERGY AND TRANSPORT. *EGNOS Service Definition Document – Open Service* [online]. Revision 1.1, 30. 10. 2009 [cit. 2011-02-14]. Dostupné z: <http://www.essp-sas.eu/docs/printed_documents/egnos_sdd_os_v1_1_30_10_2009_print.pdf>
- [EUR10] EUROPEAN UNION. *European GNSS (Galileo) open service signal in space interface control document*. [online]. February 2010. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/galileo/files/galileo_os_sis_icd_revised_3_en.pdf>
- [ESA07] EUROPEAN SPACE AGENCY. *Galileo navigation signals and frequencies*. [online]. 16 August 2007 [cit. 2011-02-14]. Dostupné z: <http://www.esa.int/esaNA/SEM86CSMD6E_galileo_0.html>
- [ESA10] EUROPEAN SPACE AGENCY. *Galileo services*. [online]. 1 July 2010 [cit. 2011-02-14]. Dostupné z: <http://www.esa.int/esaNA/SEMTHVXEM4E_galileo_0.html>
- [FIX00] FIXEL, Jan. *Geodetická astronomie I a základy kosmické geodézie*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUTIUM, 2000. 183 s. ISBN 80-214-1786-2

- [GAO08] GAO, Grace Xinxing, CHEN, Alan, LO, Sherman, DE LORENZO, David, ENGE, Per. *Compass-M1 Broadcast Codes and Their Application to Acquisition and Tracking* [online]. 2008. Dostupné z: <<http://waas.stanford.edu/~www/papers/gps/PDF/GaoIONNTM08.pdf>>
- [GAR11] GARTNER, INC. *Gartner Says Sales of Mobile Devices Grew 5.6 Percent in Third Quarter of 2011; Smartphone Sales Increased 42 Percent* [online]. 15. 11. 2011. Dostupné z: <<http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1848514>>
- [GRE07] GRELIER, T., GHION, A., DANTEPAL, J., DELATOUR, A., ISSLER, J.. *Compass Signal Structure and First Measurements* [online]. The Institute of Navigation Global Navigation Satellite System, Fort Worth, Texas 2007. Dostupné z: <<http://forschung.unibw.de/papers/zq9eyufngj0khajqqfxtwxozhi6qx3.pdf>>
- [HAY10] HAYWOOD, James E.. *GPS Status and Modernization and GPS Signal Planning* [online]. USA. [2010]. Dostupné z: <<http://www.pnt.gov/advisory/2010/10/haywood.pdf>>
- [HEF08] HEFTY, Ján, HUSÁR, Ladislav. *Družicová geodézia: Globálny polohový systém*. 3. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2008. 188 s. ISBN 978-80-227-2807-2
- [HRD95] HRDINA, Zdeněk, PÁNEK, Petr, VEJRAŽKA, František. *Rádiové určování polohy (Družicový systém GPS)*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. 267 s. ISBN 80-01-01386-3
- [CHE09] CHEN, He-Chin, HUANG, Yu-Sheng, CHIANG, Kai-Wei, YANG, Ming, RAU, Ruey-Juin. The performance comparison between GPS and BeiDou 2/COMPASS: A perspective from Asia. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, [online]. 2009. [cit. 2011-02-14]. Dostupné z: <<http://140.118.16.82/www/index.php/JCIE/article/view/580/1132>>
- [JEW10] JEWELL, Don. New GPS Configuration: 24+3=Win/Win. *GPS WORLD* [online]. January 12, 2010, [cit. 2010-05-14]. Dostupné z: <<http://www.gpsworld.com/gnss-system/news/new-243-gps-configuration-will-increase-accuracy-9368>>
- [JIR07] JIRÁNEK, Jan. *Webový portál o mapových službách* [online]. Praha, 2007. Bakalářská práce na Fakultě stavební Českého vysokého učení technického v Praze. 55 str., 23 str. příloh. Vedoucí diplomové práce Ing. Petr Soukup, PhD. Dostupné z: <<http://geo2.fsv.cvut.cz/~soukup/bkl/jiraneck/jiraneck.pdf>>
- [LAN95] LANGLEY, Richard B.. NMEA 0183: A GPS Receiver Interface Standard. *GPS WORLD* [online]. July 1995. Dostupné z: <<http://gauss.gge.unb.ca/papers.pdf/gpsworld.july95.pdf>>
- [LAN10] LANGLEY, Richard B.. GLONASS Update Delves into Constellation Details. *GPS WORLD* [online]. 22 September 2010, [cit. 2011-02-19]. Dostupné z: <<http://www.gpsworld.com/gnss-system/glonass/news/glonass-update-delves->

constellation-details-10499>

- [LÁS11] LÁSKA, Zdeněk. Novinky v síti TopNET. In *GNSS v geodetické praxi. Seminář s mezinárodní účastí. Sborník referátů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav geodézie, 2011. s. 42-45.
- [KOS00] KOSTELECKÝ, Jakub, TARABA, Pavel, JANEČEK, Bohumil. *Návrh technologie pro ověření funkce a kvality produktů a služeb poskytovaných Českou sítí permanentních stanic pro určování polohy – CZEPOS* [online]. Dostupné z: <<http://czepos.cuzk.cz/technologie.pdf>>
- [KUB09] KUBÁTOVÁ, Romana. *Analýza transformace referenčních souřadnicových systémů S-JTSK a ETRS89 v GIS* [online]. Plzeň, 2009. Diplomová práce na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni. 62 str., 5 str. příloh. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Ježek. Dostupné z: <<https://stag-ws.zcu.cz/ws/services/rest/kvalifikacniprace/downloadPraceContent?adipIdno=30641>>
- [KUR10] KURUC Michal, PUCHRIK Lukáš, VOLAŘÍK Tomáš. Srovnání služeb poskytovaných sítěmi GNSS permanentních stanic na území ČR. In *Družicové metody v geodézii a katastru. Seminář s mezinárodní účastí. Sborník referátů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav geodézie, 2010. s. 86-94.
- [MAR06] MARTÍNEK, Jan. *GPS a komunikační protokol NMEA - 3 (dekódování dat)* [online]. 10. 10. 2006, [cit. 2011-05-14]. Dostupné z: <<http://www.abclinuxu.cz/clanky/ruzne/gps-a-komunikacni-protokol-nmea-3-dekodovani-dat>>
- [MER97] MERVART, Leoš, CIMBÁLNÍK, Miloš. *Vyšší geodézie 2*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1997. 178 s. ISBN 80-01-01628-5
- [MUR11] MURPHY, Martk L. *Android 2 – Průvodce programováním mobilních aplikací*. 1. vyd. Brno. Computer Press, a.s., 2011. 375 s. ISBN 978-80-251-3194-7
- [NAV06] NAVSTAR GPS JOINT PROGRAM OFFICE. *IS-GPS-200: Navstar GPS Space Segment / Navigation User Interfaces* [online]. 7 March 2006. Dostupné z: <http://www.navcen.uscg.gov/gps/modernization/IS-GPS-200D_w_IRN_1_7Mar06%20NS.pdf>
- [OGC06] OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM INC. *OpenGIS® Web Map Server Implementation Specification* [online]. 15. 5. 2006. Dostupné z: <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=14416>
- [RAM12] RAMA, Gladys. *Microsoft Shuttering Windows Mobile Marketplace in May* [online]. 9. 3. 2012 [cit. 2012-04-14] Dostupné z: <<http://rcpmag.com/articles/2012/03/09/windows-mobile-marketplace-to-close-in-two-months.aspx>>

- [RAP02] RAPANT, Petr. *Družicové polohové systémy* [online]. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2002. Dostupné z: <http://gis.vsb.cz/Publikace/Knizni_Publikace/DNS_GPS/DNS_GPS.pdf> ISBN 80-248-0124-8>
- [RIA08] RIA NOVOSTI. *Glouass system to consist of 30 satellitest.* [online]. 21. 3. 2008 [cit. 2010-12-14]. Dostupné z: <<http://en.rian.ru/russia/20080321/101957980.html>>
- [RIS08] RUSSIAN INSTITUTE OF SPACE DEVICE ENGINEERING. *Global navigatioin sattelite system GLONASS: Interface control document.* [online]. Edition 5.1 2008, Moscow. Dostupné z: <http://rniikp.ru/en/pages/about/publ/ICD_GLONASS_eng.pdf>
- [ŘEZ06] ŘEZNÍČEK, Jan. *Česká síť permanentních stanic pro určování polohy CZEPOS.* [online]. 2006. Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/odis/sborniky/jine/geos06/paper/23_reznicek_j/paper/23_reznicek_j.pdf>
- [ŘÍH07] ŘÍHA, Jan. *Distribuce map pomocí webových služeb.* Praha, 2007. Bakalářská práce na fakultě stavební Českého vysokého učení technického v Praze. 60 str. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Soukup, Ph.D.
- [SED11] SEDLÁK, Jan. *Zárodek iMaps? Apple kupuje mapové firmy* [online]. 1. 11. 2011 [cit. 2012-04-14] Dostupné z: <<http://navigovat.mobilmania.cz/bleskovky/zarodek-imaps-apple-kupuje-mapove-firmy/sc-266-a-1317628>>
- [ŠLO10] ŠLOUFOVÁ, Alena. *Vyhodnocení stability vybraných GNSS stanic na území ČR z časových řad v ETRS89* [online]. Plzeň, 2010. Diplomová práce na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni. 89 str., 18 str. příloh. Vedoucí diplomové práce Ing. Vratislav Filler, Ph.D. Dostupné z: <<https://stag-ws.zcu.cz/ws/services/rest/kvalifikacniprace/downloadPraceContent?adipIdno=31063>>
- [VIL07] VILÍMKOVÁ, Miluše. *Testování sítě CZEPOS* [online]. Praha, 2007. Diplomová práce na fakultě stavební Českého vysokého učení technického v Praze. 68 str., 41 str. příloh. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Jan Soukup, DrSc. Dostupné z: <<http://czepos.cuzk.cz/diplomka.pdf>>
- [VOŘ11] VOŘÍŠEK, Lukáš. *Symbian skončí v roce 2016, první Nokia s WP7 vyjde ještě letos* [online]. 29. 5. 2012 [cit. 2012-04-14] Dostupné z: <http://pctuning.tyden.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=21148&catid=1&Itemid=57>
- [ZEM00] ZEMĚMĚŘICKÝ ÚŘAD. *Výsledky ověření nových služeb CZEPOS* [online]. Dostupné z: <http://czepos.cuzk.cz/os_postup_podrobne.pdf>
- [ZEM00a] ZEMĚMĚŘICKÝ ÚŘAD. *CZEPOS - Informace o službách a produktech*

[online]. [cit. 2010-04-12]. Dostupné z:
<http://czepos.cuzk.cz/_servicesProducts.aspx>

Příloha A: Přehled GNSS

	GPS	GLONASS	GALILEO³²	COMPASS^{32,33}
Počet satelitů	31 ³⁴	30 ³⁴	27	27
Počet oběžných rovin	6	3	3	3
Sklon oběžné roviny k rovníku (°)	55	64,8	56	55
Doba oběhu družice (hodiny:minuty)	11:58	11:15	14:05	12:50
Velikost hlavní poloosy (km)	26 650	25 508	29 601	27 840
Souřadnicový systém	WGS 84	PZ 90	GTRF ³⁵	Beijing 1954
Časový systém	GPST ³⁶	UTC (SU) ³⁷	GST ³⁸	China UTC
Metoda kódování	CDMA	FDMA, CDMA ¹⁹	CDMA	CDMA
Vysílané frekvence (MHz)	L1: 1575,42 L2: 1227,60 L5: 1176,45	L1: 1598,0625 – 1605,375 ³⁹ L2: 1242,9375 – 1248,625 ²⁴	E1: 1575,42 E6: 1278,75 E5a: 1176,45 E5b: 1207,14	E1: 1589,74 E2: 1561,10 E6: 1268,52 E5b: 1207,14

³² budoucí GNSS

³³ údaje se týkají družic obíhajících na středně vysokých oběžných drahách

³⁴ budoucí vývoj

³⁵ GTRF – Galileo Terrestrial Reference Frame

³⁶ GSPT – GPS Time

³⁷ UTC (SU) – UTC (Soviet Union)

³⁸ GST – Galileo Systém Time

³⁹ Frekvenční rozsah

Příloha B: Ukázka vět formátu NMEA 0183

Pozn.: tabulky jsou převzaty z [MAR06] a aplikovány na přijatá data.

GSA – aktivní satelity a DOP (Dilution Of Precision)

\$GPGSA,A,3,02,04,09,12,14,27,30,,,,,2.3,1.3,1.8*37

Číslo pole	Formát	Příklad	Komentář
1	c ⁴⁰	A	Přepínání mezi N-rozměrnými módy (A=automatické, M=manuální)
2	d ⁴¹	3	Počet dimenzí N (1=?, 2=2D, 3=3D)
3	dd	02	ID prvního satelitu použitelného pro výpočet
4	dd	04	ID druhého satelitu použitelného pro výpočet
5	dd	09	ID třetího satelitu použitelného pro výpočet
6	dd	12	ID čtvrtého satelitu použitelného pro výpočet
7	dd	14	ID pátého satelitu použitelného pro výpočet
8	dd	27	ID šestého satelitu použitelného pro výpočet
9	dd	30	ID sedmého satelitu použitelného pro výpočet
10	dd	N.A. ⁴²	ID osmého satelitu použitelného pro výpočet
11	dd	N.A.	ID devátého satelitu použitelného pro výpočet
12	dd	N.A.	ID desátého satelitu použitelného pro výpočet
13	dd	N.A.	ID jedenáctého satelitu použitelného pro výpočet
14	dd	N.A.	ID dvanáctého satelitu použitelného pro výpočet
15	d.d	2.3	PDOP (Position Dilution Of Precision) v metrech
16	d.d	1.3	HDOP (Horizontal Dilution Of Precision) v metrech
17	d.d	1.8	VDOP (Vertical Dilution Of Precision) v metrech
18	*xx ⁴³	37	Kontrolní součet

GSV – informace o družicích

\$GPGSV,3,1,09,02,28,111,29,04,24,060,30,31,08,310,21,29,23,209,*7D

\$GPGSV,3,2,09,12,80,032,28,27,32,143,20,14,37,279,26,09,37,143,23*72

\$GPGSV,3,3,09,30,56,278,25*4A

Číslo pole	Formát	Příklad	Komentář
1	d	3	Celkový počet vět (číslují se od 1)
2	d	1	Číslo aktuální věty (taktéž se čísluje od 1)
3	dd	09	Počet viditelných družic
4	dd	02	Identifikační číslo družice
5	dd	28	Úhlová výška, kde se daná družice nachází
6	ddd	111	Azimut, kde se daná družice nachází
7	dd	29	Odstup signálu od šumu (SNR - Signal to Noise Ratio). Je-li tento údaj roven nule, nelze daný satelit využít k výpočtu polohy. Nejčastěji proto, že je zastíněn.

⁴⁰ c – znak

⁴¹ d – číslo (desítková soustava)

⁴² N.A – hodnota není k dispozici

⁴³ xx – číslo (šestnáctková soustava)

...	Podle počtu viditelných družic mohou následovat další čtveřice údajů (stejně údaje jako pole 4-7)
N	*xx	74	Kontrolní součet

GGA – zeměpisná délka a šířka, geodetická výška, čas určení souřadnic
 \$GPGGA,182759.0,4945.387697,N,01323.546723,E,1,08,1.1,363.0,M,,,*0B

Číslo pole	Formát	Příklad	Komentář
1	hhmmss.sss	182759.0	Čas (UTC), pro který platí údaje o vypočtené pozici
2	ddmm.mmmm	4945.387697	Zeměpisná šířka
3	C	N	Indikátor severní/jižní šířka (N=sever, S=jih)
4	dddmm.mmmm	01323.546723	Zeměpisná délka
5	C	E	Indikátor východní/západní délky (E=východ, W=západ)
6	D	1	Indikátor kvality: 0 — nebylo možno určit pozici, 1 — pozice úspěšně určena, 2 — pozice úspěšně určena (diferenční GPS)
7	Dd	08	Počet viditelných satelitů 00 — 12
8	d.d	1.1	Vliv rozestavení družic na určení polohy, HDOP (Horizontal Dilution of precision)
9	d.d	363.0	Výška antény nad geoidem
10	C	M	Jednotka pro předchozí údaj (č.9) (M=metr)
11	d.d	N.A	Geoidal separation, rozdíl mezi WGS-84 zemským elipsoidem a střední úrovní moře (geoid). Znaménko mínus znamená, že střední úroveň země je pod elipsoidem.
12	C	N.A	Jednotka vzdálenosti pro předchozí položku (č.11) (M=metr)
13	d.d	N.A	Stáří poslední aktualizace DGPS. Údaj je uváděn v sekundách. Jestliže údaj chybí, nepoužívá se DGPS.
14	Dddd	N.A	Identifikační číslo referenční stanice pro DGPS (0000 — 1023)
15	*xx	0B	Kontrolní součet

RMC – minimální doporučená informace pro navigaci
 \$GPRMC,182759.0,A,4945.387697,N,01323.546723,E,2.1,7.4,220510,,A*60

Číslo pole	Formát	Příklad	Komentář
1	hhmmss.sss	182759.0	Čas (UTC)
2	C	A	Status (A=v pořádku, V=varování)
3	ddmm.mmmm	4945.387697	Zeměpisná šířka
4	C	N	Indikátor sever/jih (N=sever, S=jih)
5	ddmm.mmmm	01323.546723	Zeměpisná délka
6	C	E	Indikátor východ/západ (E=východ, W=západ)
7	d.d	2.1	Vodorovná rychlost (Speed Over Ground, v uzlech)
8	d.d	7.4	Kurz pohybu ve stupních
9	ddmmyy	220510	Datum
10	d.d	N.A.	Magnetická deklinace ve stupních
11	c	N.A.	Indikátor východ/západ (E=východ, W=západ)
12	*xx	60	Kontrolní součet

Příloha C:Obsah přiloženého CD

Vetyska_BP.pdf – text práce ve formátu pdf

BodovaPole – adresář s projektem Android, zde jsou v adresáři **src** dostupné zdrojové kódy

Testovací – adresář s testovacím projektem, který je zmíněn v diskuzi

BodovaPole.apk – aplikace pro systém Android určená k instalaci

Pokusna8.apk – testovací aplikace, zmíněná v diskuzi