VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

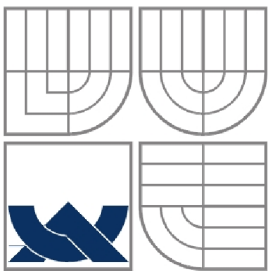
ZPRACOVÁNÍ DAT Z PŘIJÍMAČE SIGNÁLU Z NAVIGAČNÍHO SYSTÉMU GPS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

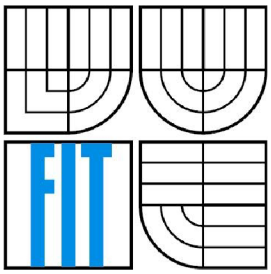
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PAVEL SRNEC

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

ZPRACOVÁNÍ DAT Z PŘIJÍMAČE SIGNÁLU Z NAVIGAČNÍHO SYSTÉMU GPS

DATA PROCESSING FROM GPS RECEIVER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PAVEL SRNEC

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RADIM DVOŘÁK

BRNO 2010

Abstrakt

Tato práce pojednává o zpracování dat z GPS přijímače, konkrétně o zpracování výškových map. V první části jsou rozebrány principy technologií GPS a protokolu NMEA s cílem pochopit výpočet aktuální pozice na mapě pomocí zeměpisných souřadnic. Dále je analyzována komunikace s přijímačem GPS, zpracování dat pro práci s mapou a zobrazení pozice. Návrh a implementace výsledné aplikace, jež je koncipována jako grafické uživatelské rozhraní, je následně detailně popsána. Konečné testování, které bylo provedeno v reálném terénu za pomocí GPS přijímače u-blox 5, a výsledky chování aplikace jsou uvedeny na konci práce. V závěru je zhodnoceno splnění cílů zadání a požadavků práce a jsou navrženy možnosti rozšíření projektu.

Abstract

This bachelor thesis is about data processing from GPS receiver, specifically about surface maps. In the beginning part, principles of GPS technologies and NMEA protocol are described to understand calculation actual position on the map using geographic coordinates. It analyses communication with GPS receiver, data processing to maps and display position. Concept and implementation of final application, which is proposed as graphical user interface, is descibed. Application has been tested in terrain with GPS receiver u-blox 5 and results behavior application are at the end of bachelor. As a result of the bachelor, executed targets and requierement is summarized and possibilities of uprading project are analysed.

Klíčová slova

GNSS, GPS, NMEA, GPS přijímač, satelit GPS, formát TIFF, výškové mapy, zeměpisná délka, zeměpisná šířka, nadmořská výška, zobrazení pozice, wxWidgets, libtiff

Keywords

GNSS, GPS, NMEA, GPS receiver, GPS satellite, format TIFF, surface maps, longitude, latitude, altitude, display position, wxWidgets, libtiff

Citace

Pavel Srnec: Zpracování dat z přijímače signálu z navigačního systému GPS, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2010

Zpracování dat z přijímače signálu z navigačního systému GPS

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Radima Dvořáka. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

……
Pavel Srnec
10.5. 2010

Poděkování

Zde bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Radimu Dvořákovi za odbornou pomoc a dohled při realizaci práce.

© Pavel Srnec, 2010
Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

1 Úvod....3
2 Navigace....4
2. 1Zeměpisná šířka....4
2.2 Zeměpisná délka....4
3 GPS....5
3.1 Kosmický segment....5
3.1.1 Počet satelitů přes plánované bloky (období vývoje)....6
3.1.2 Satelitní signál....6
3.1.3 Blokové schéma....6
3.1.4 Používané frekvence....7
3.2 Kontrolní a řídící segment....7
3.2.1 Výběrová dostupnost – Selective Availability....8
3.3 Uživatelský segment....8
3.3.1 Přijímač ublox-5....9
3.3.2 Rádiové signály....9
3.3.3 Kódy používané v L pásmech....10
3.4 Určení pozice v terénu využitím GPS....10
3.5 Efemeridy....12
3.5.1 Almanach....12
3.6 GPS zpráva....12
3.6.1 TLM a HOW....13
3.7 Modernizace GPS....13
3.7.1 Blok III....14
4 NMEA standard....15
4.1 NMEA zprávy....15
4.1.1 GSA....15
4.1.2 GGA....16
4.1.3 GSV....16
4.1.4 RMC....16
4.1.5 VTG....17
4.1.6 GLL....17
4.1.7 Ukázka přijatých dat....18
4.1.8 HDOP, PDOP, VDOP....18

5 Návrh řešení 19
5.1 Volba použitých nástrojů 19
5.2 Mapy 19
5.2.1 Formát TIFF 19
5.2.2 Obecné informace o (dané) mapě 20
5.2.3 Mapy použité v projektu 20
5.3 NMEA parser 20
5.4 Práce s mapou 21
5.5 Výpočet pozice 21
5.6 Rozhraní program – výstup NMEA parseru 22
5.7 Komunikační knihovna pro Linux 22
5.8 Uživatelské rozhraní 23
5.9 Zobrazení nadmořské výšky 23
5.10 Parser pro informační soubor k mapě 24
5.11 Výstupní formát dat 24
5.12 Ruční zadání souřadnic 25
6 Implementace 26
6.1 Zpracování uživatelských úkonů 26
6.1.1 Hlavní okna 26
6.1.2 Nově vytvořená okna 26
6.1.3 Manuální zadávání souřadnic 27
6.1.4 Parser informačního souboru 27
6.1.5 Menu 27
6.2 Zpracování dat z GPS přijímače 28
6.2.1 NMEA parser 29
6.3 Kompletní seznam tříd 29
6.4 Seznam použitých struktur 29
7 Výsledná aplikace 30
7.1 Windows 30
7.2 Linux 30
7.3 Testování aplikace 30
8 Závěr 33

1 Úvod

Práce, jak už název napovídá, pojednává o zpracování dat z přijímače GPS, konkrétně většího množství NMEA vět. Jedním z prvních úkolů bylo studium základního principu navigačního systému GPS a souvisejícího NMEA protokolu. V rámci práce byl zapůjčen GPS přijímač u-blox 5. Jeho dokumentace a především přiložený software u-center, sloužily jako menší počáteční inspirace zadané práce.

Důležitý aspekt je samotná komunikace s přijímačem GPS. Pro OS Windows je použita knihovna Bc. Miroslava Dvořáka. Jelikož projekt je multiplatformní, navržené minimum je OS Windows a Linux, bylo nutné dodělat komunikaci pro systém Linux (jeho distribuce).

Dalším bodem práce bylo samotné zpracování dat. K tomu je zapotřebí vhodný NMEA parser, který se volně váže na návrh rozhraní mezi výsledky zpracování a dalšími prvky programu.

Hlavním úkolem je zobrazení pozice na mapě a zobrazení již zpracovaných dat. Bylo potřeba navrhnout přijatelné uživatelské rozhraní pro práci s mapou. Ze všeho nejdůležitější je výstupní formát dat. Jak samotnou mapu, tak její informace, je nutné uložit do vhodného formátu z hlediska dalšího použití mapy.

První 3 kapitoly (2. Navigace, 3. GPS, 4. NMEA standard) jsou teoretické kapitoly, které mají za úkol objasnění všech technologií, informací apod. potřebných uvedení do problematiky práce. Je kladen důraz na objasnění technologií a vysvětlení principu funkčnosti, ale je snaha nezabíhat do zbytečných detailů.

Kapitola následující již popisuje návrh řešení celého projektu. Začíná od zřejmých problémů, přes okolnosti, které vyplynuly při řešení a končí uživatelským rozhraním.

Implementační kapitola popisuje strukturu celého projektu, a tudíž i jednotlivé soubory se zdrojovými kódy.

Poslední kapitola obsahuje seznámení s konečnou aplikací. Součástí kapitoly je i uvedení GPS přijímače (především v rámci softwaru - OS) do provozu. Týká se především operačního systému Linux. Obsahem kapitoly je i představení celkového uživatelského rozhraní a ovládání programu, které je velice jednoduché. Nakonec je uvedeno testování aplikace.

Práce obsahuje i dodatek v podobě krátkého popisu původního (vlastního) projektu, ze kterého vychází tato práce a rovněž je důležitý k případnému rozšíření projektu.

Velká část práce (programová) byla použita v rámci projektu FIT VUT „Adding a Rough Terrain to Atmospheric Pollutant Dispersion Model“ [1] jehož výsledkem byla publikace na mezinárodní konferenci v Košicích.

2 Navigace

Navigace je proces kontroly směru dráhy ze zadaného bodu A do očekávaného bodu B. Od počátků se navigační techniky využívaly především v oblasti námořního průmyslu. Námořní trasy byly předem určené.

V dnešní době se využívá navigace pomocí umělých družic obíhající nepřetržitě planetu Zemi tzv. satelitní navigace. Vše je pod záštitou [2] GNSS (Globální Navigační Satelitní Systém). Zcela jistě je nejznámější systém americké GPS. Ovšem existují i další jako ruský GLONASS či v poslední době rozvíjející evropské GALILEO. I když jsou to moderní technologie, tak stále využívají zeměpisné délky a šířky k určení polohy.

Pomocí satelitní navigace a přijímačů lze určit polohu kdekoliv na Zemi, dále velmi přesný čas a také rychlost. V dnešní době je satelitní navigace součástí běžného života.

2.1 Zeměpisná šířka

Zeměpisná šířka (anglicky latitude) označuje povrch Země na sever či jih od rovníku v úhlové vzdálenosti. Úhly jsou od 0° (rovník) do 90° (póly). Odlišení severního a jižního pólu je buď přidáním znaku označující sever (90° N), jih (90° S) nebo oddělení úhlů se značí pomocí znaménka mínus. Úhly na severní polokouli jsou kladné na jižní poté záporné. Zjednodušeně řečeno zeměpisná šířka je úhel, který svírá bod (kde je určena naše pozice) s rovinou zemského rovníku [12].

2.2 Zeměpisná délka

Zeměpisná délka (anglicky longitude) označuje povrch Země na východ či západ od nultého poledníku v úhlové vzdálenosti. Tento poledník se také jmenuje Greenwich (prochází Anglií). Úhly jsou od 0° do 180° jak na západ tak na východ. Označení východu je E (anglického East) západu W (anglického West). Zeměpisná délka je tedy úhel, který svírá bod s nultým poledníkem [12].

Práce se dále zabývá pouze systémem GPS, pomocí něhož je celý projekt realizován. Některé techniky GPS budou zcela jistě podobné ostatním systémům. Vše směřuje k pochopení základních principů, objasnění zpracování map a jejich následnému použití.

3 GPS

GPS neboli Global Positioning Systems (česky globální poziční systém) je systém umělých družic Země, které neustále vysílají rádiový signál, pozemních kontrolních a přijímacích stanic. Slouží především k určování polohy, rychlosti a času pevných i pohyblivých objektů. Systém provozuje ministerstvo obrany Spojených států amerických. Původní účel, a sice vojenský, zůstává zachován, ale v současné době je systém otevřený pro širokou veřejnost. Samozřejmě za cenu nižší přesnosti. Pro vojenské, vědecké nebo jiné speciální účely je možno nastavit přesnost až na pár centimetrů. Širší veřejnost disponuje přesností několik jednotek, v horších případech desítek metrů (vlivem špatného signálu nebo sníženého počtu viditelných družic apod.) [3].

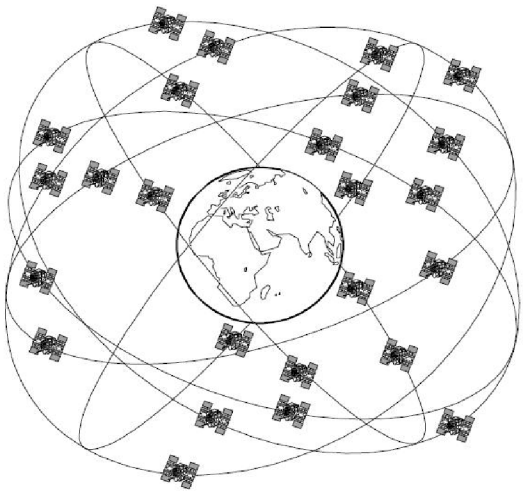
Celý sytém se dá rozdělit do tří částí (segmentů):

- Kosmický segment
- Řídící a kontrolní segment
- Uživatelský segment

V následujících podkapitolách budou jednotlivé segmenty popsány.

3.1 Kosmický segment

Původní návrh byl projektován na 24 družic. V současné době je aktivní cca 30 družic, některá období počítají mezní počet 32 (vzhledem k vysílacím frekvencím). Vše záleží na stavech družic, jsou-li aktivní nebo nikoliv.



Obr. 3.1 Orbitální dráhy [2]

Původní řešení bylo plánovaného na 24 družic po 6 orbitálních drahách (4 na jednu), které jsou ve výšce 20 180 km nad zemským povrchem. Orbitální dráhy svírají úhel 55° s rovinou zemského rovníku. Dráhy mezi sebou svírají úhel 60° (Obr 2.1). Každý satelit dokončí svou orbitální dráhu za 12 hodin. Každý satelit také obsahuje 4 velmi přesné atomové hodiny, antény pro rádiové vysílání v pásmu L, antény pro komunikaci z pozemními kontrolními stanicemi v pásmu S, antény pro vzájemnou komunikaci v pásmu UHF, optické rentgenové a pulzní-elektromagnetické senzory pro detekci startů balistických raket a jaderných výbuchů, solární články a baterie pro vlastní pohon [5].

3.1.1 Počet satelitů přes plánované bloky (období vývoje)

Při vývoji celého systému se satelity, jejich počet [10] určité funkce signály, řadí do bloků, které jsou uvedeny v tabulce 2.1. Samozřejmě ne všechny satelity, zejména starší, jsou aktivní.

Block	Launch Period	Satellite launches				Currently in orbit and healthy
		Success	Failure	In preparatiton	Planned	
I	1978-1985	10	1	0	0	0
II	1989-1990	9	0	0	0	0
IIA	1990-1997	19	0	0	0	11 of the 19 launched
IIR	1997-2004	12	1	0	0	12 of the 13 launched
IIR-M	2005-2009	8	0	0	0	7 of the 8 launched
IIF	2010-2011	0	0	10	0	0
IIIA	2014-?	0	0	0	12	0
IIIB	?	0	0	0	8	0
IIIC	?	0	0	0	16	0
Total		58	2	10	36	30

Tab. 3.1 Počty satelitů - období vývoje [8]

3.1.2 Satelitní signál

Informace, které jsou přenášeny ze satelitu [9] rychlostí 50bps:

- čas satelitu spolu se synchronizací
- přesná orbitální data (efemeridy)
- informace o časové korekci k určení přesného času satelitu
- přibližná orbitální data o všech satelitech
- korekce signálu pro výpočet času přesunu signálu
- data o ionosféře
- informace o stavu satelitu

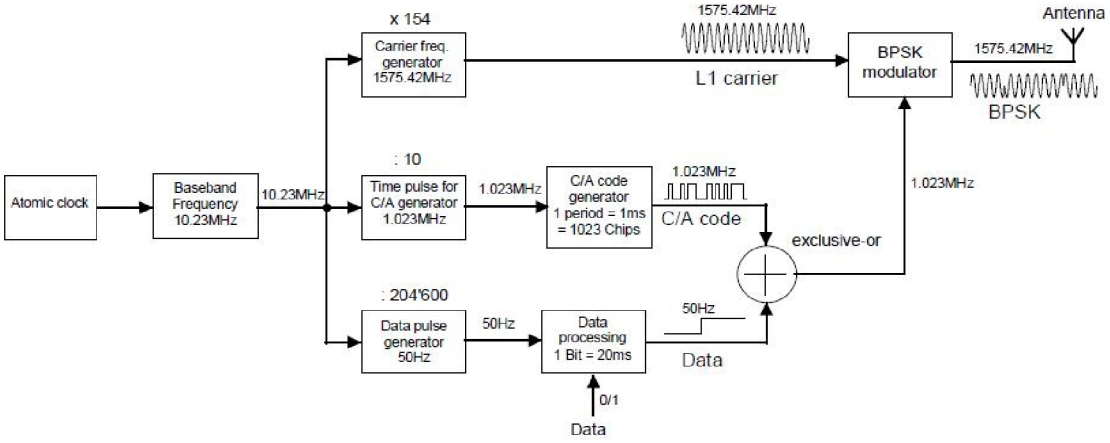
Po obdržení a zpracování informací dokáže přijímací jednotka rozpoznat čas přenosu od každého satelitu a přesnou pozici každého satelitu v čase přenosu. Každý satelit posílá svůj unikátní „podpis.“ Tento podpis slouží přijímací jednotce jednak k identifikaci a k měření doby přenosu signálu.

3.1.3 Blokové schéma

Tato podkapitola je pouze stručné naznačení schématu GPS satelitu. Pro další informace o tématu odkazuji [9] a [7], kde je více podrobností o tématu.

Signály z navigačních satelitů jsou generovány za použití procesu známého jako DSSS [7] (Direct Sequence Spread Spectrum). Tato metoda spočívá v záměrném rozdělení nominální a základní frekvence přes širší pásmo skrz vyšší signál.

GPS satelity jsou vybaveny stabilními atomovými hodinami. Čas hodin je aktualizován každou sobotu o půlnoci. Nominální nebo základní frekvence 10,23MHz je produkována z resonantní frekvence hodin. Postupně přenos frekvence, frekvence datového pulsu a C/A (coarse/acquision) kód jsou odvozeny právě z této frekvence. C/A kód a data projdou exlusivním součtem. Následně jsou přeneseny o frekvenci 1575,42 Mhz, který odpovídá frekvenci L1 (kapitola 3.1.4).



Obr 3.2 Blokové schéma GPS satelitu [9]

3.1.4 Používané frekvence

Používané frekvence [9] k přenosu dat v pásmu L(hodnoty frekvencí jsou jasně a dopředu stanovené):

- L1(1575,42MHz) vysílány dva kódy, šifrovaný P-kód pro speciální účely přístupný pouze autorizovaným uživatelům (například vojenské účely) a volně dostupný C/A kód pro všechny uživatele. Satelity od bloku IIR-M jsou připraveny vysílat M-kód
- L2(1227,60MHz) vysílán P-kód, satelity od bloku IIR-M jsou připraveny vysílat vojenský M-kód a volně dostupný C-kód
- L3(1381,05MHz) od bloku IIR vysílá signály, umožňující sledování startu balistických raket, jaderných výbuchů a dalších jevů, u kterých se projeví náhlé (rapidní) zvýšení energie
- L4(1379,913MHz) využívá se pro měření změn v ionosféře, kde dochází ke zpoždění signálu, ze kterých se projevují chyby při určení pozice. Tyto chyby lze odstranit (nebo alespoň co nejvíce eliminovat) korekcí, které obsahují zprávy.
- L5(1176,45Mhz) využití této frekvence se počítá pro tzv. SoL signál (safety of live)

3.2 Kontrolní a řídící segment

Kontrolní (a řídící) segment [3] se skládá z hlavní kontrolní stanice umístěné ve státě Colorado, pěti monitorovacích stanic a tří pozemních kontrolních stanic, které přenáší informace o satelitech. Monitorovací stanice obsahují atomové hodiny a jsou rozmístěny v blízkosti zemského rovníku.

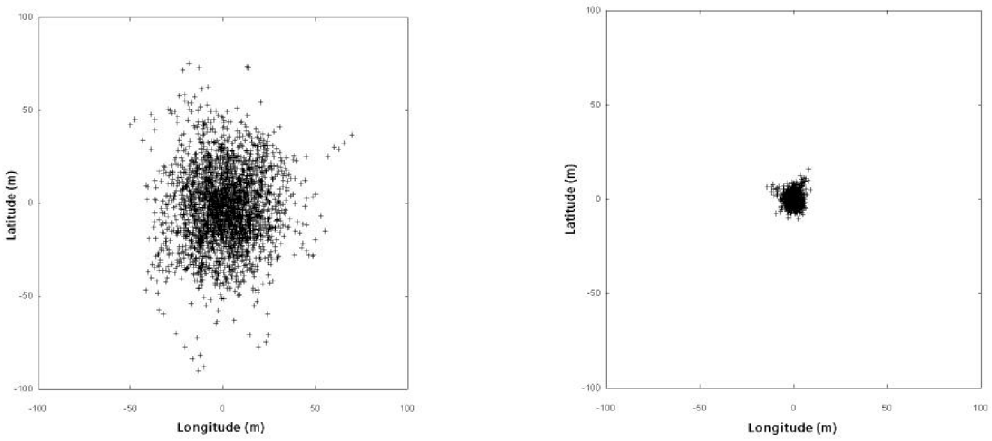
Nejdůležitější úlohy (celého) kontrolního segmentu jsou:

- Pozorování pohybu satelitů a počítání orbitálních dat (efemeridy).
- Monitorování hodin satelitů a následné předvídání jejich chování.
- Synchronizace času na všech satelitech.
- Předávání přesných orbitálních dat získaných od satelitů (efemeridy).
- Předávání přibližných orbitálních dat o všech satelitech (almanach).
- Předávání dalších informací například stav satelitů, chyby hodin atd.

Pozice (na zemském povrchu) výše uvedených stanic není náhodná, ale byla určena sérií velmi přesných astronomických a geodetických měření.

3.2.1 Výběrová dostupnost – Selective Availability

Kontrolní segment (dnes bychom mohli říci) měl také na starosti záměrné rušení (zkreslení) signálu určeného pro civilní použití. Jednalo se o náhodné chyby v signálu nebo špatná orbitální data (efemeridy). Tento „jev,“ odůvodněný politickými a vojenskými účely, byl patrný do května roku 2000. 1. května americká vláda rozhodla o vypnutí Selective Availability. Rozdíl kvality signálu je viditelný na obrázku 2.3, kde vlevo vidíme přijetí signálu s SA 1. května 2000 a bez SA o dva dny později po následném zrušení.



Obr. 3.3 vlevo signál s SA - vpravo bez SA [9]

Téma této podkapitoly v dnešní době již není aktuální, ale myslím si, že bylo klíčové, tudíž si zmínku zaslouží. A také, na to nesmíme zapomenout, nikdy nevíme co se stane, například při válce v zálivu, bylo GPS pro civilní účely zcela nedostupné. Byla nutná co největší přesnost pozic vojenských objektů. Z podobných důvodů, ne-li úplně stejných, byla Selective Availibity (česky výběrová dostupnost) vlastně zavedena.

Na druhou stranu musíme zmínit - přesnost pro civilní účely je stále horší než pro vojenské účely. Zcela jistě je, od cca. 3 května 2000, zlepšena a to téměř o řád, jelikož za doby plné funkčnosti SA byla chyba určení pozice okolo 100 metrů na zeměpisnou délku a 150 až 200 metrů na zeměpisnou šířku. Nyní se chyba (pro civilní účely) pohybuje při velmi dobrém signálu v jednotkách metrů. V případě špatného signálu, ale stále ještě postačujícího k určení pozice, v desítkách metrů. Oba údaje platí jak pro zeměpisnou šířku tak i délku.

V nové generaci GPS satelitů tzv. GPS III by nemělo být dovoleno žádné umělé zkreslení signálu pro civilní účely. Dokonce by měla být zakázána implementace podobných zařízení umělého zkreslení do satelitů GPS III, tudíž možnost zapnout SA nemá (neměla by) nikdy nastat [9].

3.3 Uživatelský segment

Uživatelský segment [3] se dá zjednodušeně rozdělit do dvou kategorií. První je skupina autorizovaných uživatelů, mezi které patří především tisíce amerických a spojeneckých vojáků, kde využití služby spočívá v naváděcích systémech zbraní, podpoře velení, přepravě vojenských objektů s tím související (i s předchozím bodem) zmapování neznámého terénu atd. Druhá skupina spadá do civilního sektoru milionů uživatelů po celém světě využívající službu především v dopravě, dále v geodezii, archeologii, ale i v rámci volného času v podobě turistiky, jízdy na kole apod.

Důležitou součástí uživatelského segmentu jsou samotné GPS přijímače. Na trhu nalezneme širokou škálu výrobců zabývající se touto problematikou, přes řešení pouze samotných přijímačů, po přijímače integrované do navigací nebo PDA. GPS přijímač zapůjčený pro tuto práci plní čistě funkci samotného přijímače s napájením přes USB port.

3.3.1 Přijímač ublox-5

Ačkoliv přijímací modul nepatří k hlavní náplni této práce, zjednodušeně řečeno jsou zapotřebí pouze přijatá data, zcela jistě je třeba zmínit pár informací. Bez přijímacího modulu by nebylo možno práci dokončit (uskutečnit) [2].

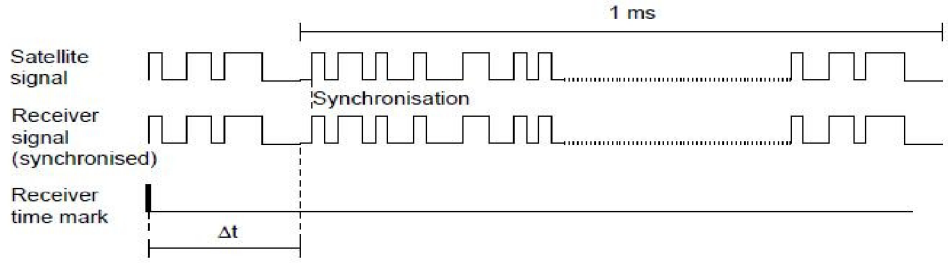
Vlastnosti modulu LEA-5H

- 50-ti kanálová architektura s optimalizací vyhledávání a sledování satelitů
- Bezkonkurenční počet korelátorů zajišťuje velmi rychlé získání pozice ihned po inicializaci
- GPS online a offline asistence
- Velmi vysoká citlivost -160dBm
- Výborné vlastnosti ve vysoké zástavbě (vylepšená detekce a eliminace odrazu signálu)
- Nízký příkon 50mW

3.3.2 Rádiové signály

Signály [9], které posílají GPS satelity, dostane přijímač za cca 67 milisekund. Rychlost signálu je po celou dobu dráhy letu konstantní, tudíž je možno přesně určit vzdálenost mezi přijímačem a satelitem, který zprávu posílal.

Přijímací jednotka vygeneruje 4 rozdílné signály[1] každý má stejnou strukturu, jako signály přijaté ze 4 satelitů. Za pomocí synchronizace signálů generovaných v přijímací jednotce se signály, které byly vyslány ze satelitů, je čas signálu posunutý o Δt (rozdíl časů – čas odeslání zprávy, čas přijmutí) určena časová známka (time mark obr 2.4). Tímto je určen důležitý údaj a to doba, za kterou se zpráva dostala od vysílače (satelit) k příjemci (GPS přijímač).



Obr. 3.4 Časová známka - time mark [9]

Všechny GPS satelity posílají zprávy s odlišným C/A kódem. K jejich identifikaci a znovuobnovení signálu je použita korelace. GPS přijímač je schopen rozpoznat všechny dosud používané C/A kódy, které systematicky řadí a porovnává všemi známými kódy s příchozími signály od satelitů. Nakonec této procedury dojde ke správnému porovnání a je znám korelační bod. Korelační bod je použit na rozsah času aktuálního signálu a identifikaci satelitu.

Kvalita korelace velmi závisí na CF (correlation factor - korelační faktor). Rozsah hodnot CF je mezi -1 a 1. CF v hodnotě plus jedna je možno dosáhnout pouze v případě, že je signál kompletně porovnán, jak sekvence bitů tak perioda.

Hodnota CF se dá určit jako suma rozdílu počtu rozpoznaných bitů a počtu bitů nerozpoznatelných, děleno počtem bitů zjištěných [9].

$$CF = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^{N} [(mB) - (uB)] \qquad 3.1$$

N je počet zjištěných bitů, mB je počet rozpoznaných bitů, uB je počet nerozpoznatelných bitů.

1 Pro určení pozice v 3D prostoru je zapotřebí minimálně 4 viditelných satelitů bez rušení signálu

3.3.3 Kódy používané v L pásmech

Kapitola je zaměřena na kódy ve všech pásmech pro komunikaci s GPS přijímači, tedy L1-L5. Největší pozornosti se dostane kódům v pásmech L1 a L2, které jsou stále nejpoužívanější.

Hlavní myšlenka v používání kódů, pokud se pomine šifrování v P-kódu oproti C/A kódu apod. je lepší znovuobnovení signálu, který je narušen působením vnějších vlivů.

P(Y)-kód

Vysílaný v pásmech L1 a L2. Kód je šifrovaný, přístupný je pouze autorizovaným uživatelům. Tudíž určit pozici v terénu lze pouze po správném dešifrování kódu. Jeho použití je logicky ve speciálních případech (účelech), používá ho americká armáda, vědci apod. Určení pozice za pomocí P-kódu je samozřejmě přesnější.

Zjednodušeně se dá říci, jsou to „obalená“ GPS data sekvencí pseudonáhodných čísel, opakující se každých 267 dní. Pracuje na frekvenci 10,23MHz. Každou sobotu (o půlnoci) je přenastavován čas na další týden. Každý satelit má svůj unikátní P-kód [3].

C/A kód

C/A kód je volně dostupný pro civilní účely. Používán je v pásmu L1. Každý satelit má svůj vlastní „vzor“ C/A kódu, což výrazně pomáhá při jeho identifikaci. C/A kód je velice snadno zfalšovatelný pomocí generátorů signálu, které znají formát jeho kódu (vzoru).

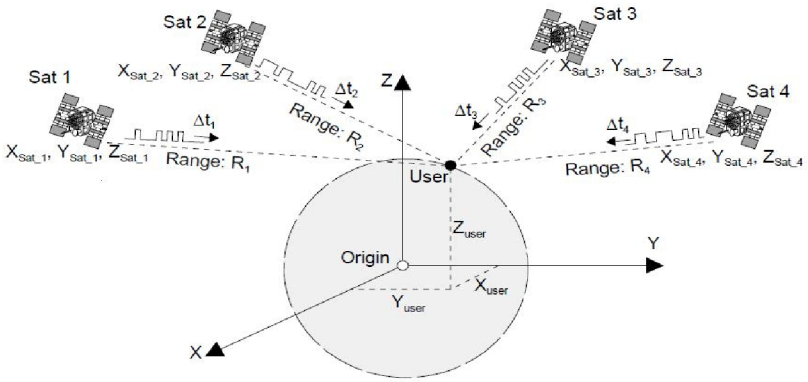
Pro GPS příjmač je jednodušší identifikace pomocí C/A kódu jelikož má kratší opakovací frekvenci. Opakuje se každou milisekundu. Pracuje na frekvenci 1,023MHz [3].

Ostatní kódy

Další kódy [3] jsou ve velké míře v návrhu do budoucna. Satelity bloku GPS III už jsou připraveny i na tyto kódy, ale zatím nejsou v provozu. O zmíněných kódech tedy bude zmínka v kapitole 2.6 Modernizace GPS.

3.4 Určení pozice v terénu využitím GPS

Pro určení pozice kdekoliv v terénu [9] (myšleno určení pozice ve 3D prostoru) je zapotřebí signálu minimálně ze čtyř satelitů bez rušivých vlivů. Ať už mezi ně řadíme počasí nebo různé překážky betonová konstrukce apod. K výpočtu určení pozice se používají vzdálenosti mezi GPS přijímačem a satelity, od kterých máme spojení. Vzdálenost se určí pomocí času, který signál stráví na cestě k přijímači. Zde se využívá konstantní rychlosti signálu.



Obr. 3.5 Tří-rozměrný souřadný systém [9]

Na rozdíl od satelitů, které obsahují velmi přesné atomové hodiny se synchronizací s UTC (universal time coordinated), GPS přijímače synchronizaci postrádají, musí se tedy počítat s rozdílem času Δt_0. Pokud je rozdíl kladný hodiny jsou rychlejší oproti hodinám satelitu. Jednoduše řečeno Δt_0 je chyba v měření času, z kterou je nutné počítat. Výsledek je nazývaný jako pseudovzdálenost (anglicky známé jako pseudorange – PSR) [9].

$$\Delta t_{measured} = \Delta t + \Delta t_0 \quad 3.2$$

$$PSR = \Delta t_{measured} * c = (\Delta t + \Delta t_0) * c \quad 3.3$$

$$PSR = R + \Delta t_0 * c \quad 3.4$$

Δt je doba signálu strávená od satelitu k přijímači, Δt_0 je rozdíl času GPS přijímače od času satelitu, c je rychlost světla (kterou odpovídá rychlosti signálu a je po celou dobu konstantní), R je vzdálenost od satelitu k přijímači.

Vzdálenost R spočítáme využitím souřadného systému, kde se již objeví uživatelské souřadnice [9].

$$R = \sqrt{(X_{Sat\,i} - X_{User})^2 + (Y_{Sat\,i} - Y_{User})^2 + (Z_{Sat\,i} - Z_{User})^2} \quad 3.5$$

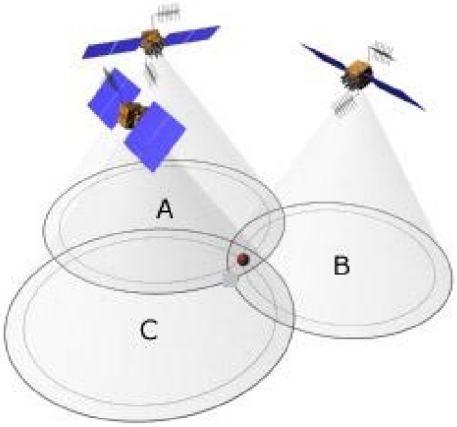
Při dosazení získáme vzoreček, který je doplněn o index i znamenající určení satelitu. V našem případě od 1 do 4 [9].

$$PSR_i = \sqrt{(X_{Sat\,i} - X_{User})^2 + (Y_{Sat\,i} - Y_{User})^2 + (Z_{Sat\,i} - Z_{User})^2} + c * \Delta t_0 \quad 3.6$$

Výpočet souřadnice v prostoru není zrovna triviální, zde jsme si pouze naznačili naprosté základy. Pro další postup odkazuji na [9].

Princip určení pozice

Ovšem zcela jistě nesmíme opomenout naznačení základního principu určení pozice [3]. V rámci zjednodušení a pochopení budeme uvažovat pouze rovinu (2D). Nabízí se otázka k čemu vlastně vzdálenosti od satelitů k přijímači jsou dobré. Odpověď právě obsahuje základní princip. Pokud si promítneme kružnice vzdáleností (pro 2D nám stačí 3) se středy v místech, kde se nacházely satelity při odeslání signálu, dostaneme průsečík kružnic, který odpovídá pozici GPS přijímače. Každého ihned napadne, proč by nestačil signál pouze ze 2 satelitů. Je to z důvodu chyby měření způsobené nepřesnými hodinami na straně přijímače, tudíž v jednom bodě se nám kružnice nikdy neprotnou, ale určí nám plochu, kde se nacházíme (obr. 2.6).



Obr. 3.6 Určení pozice v 2D rovině [15]

Pozice na obrázku je určena červeným bodem a také vidíme plochu průniků kružnic A,B a C. Dá se říci, že nemáme k dispozici obvody kružnic, ale rozdíl obsahů kruhů odchylky měření vzdálenosti [5].

3.5 Efemeridy

Efemeridy [8] (ephemeris) jsou velmi přesné údaje o astronomických objektech „na obloze“ v (určitém) čase. Mohou to být hvězdy, planety, ale i umělé družice v našem případě GPS satelity. Tyto údaje se musí neustále propočítávat, protože postupem času (cca pár hodin) ztrácejí svoji přesnost. Toto platí především pro objekty typu planety apod. V případě GPS satelitů je situace ulehčená o informace, které o sobě posílá každý satelit. Satelit také zná svou orbitální dráhu, něco podobného se dá říct o orbitálních drahách planet, ale ty nelze ovlivnit. Dráha satelitu určité výkyvy ze své dráhy má, ale ty lze korigovat. A opravdu se tak děje, protože k zmíněným výkyvům vždy časem dochází. Poloha objektů bývá uvedena v polárních sférických souřadnicích systému rektascenze a deklinace.

Ale informace o astronomických objektech (efemeridy) se nemusí týkat pouze objektů, u kterých je známa orbitální dráha[2] (satelity, planety), ale například se mohou zkoumat dráhy komet, asteroidů.

3.5.1 Almanach

Satelit také posílá informace o všech, z jeho pohledu, viditelných objektech. Samozřejmě nejvíce zajímavé jsou informace o dalších GPS satelitech. Ovšem tyto informace nejsou tak přesné jako ty, které o sobě pošle satelit sám (efemeridy).

3.6 GPS zpráva

GPS zpráva(y) [9] je nepřetržitý tok (stream) dat posílající se 50bps. Každý satelit přenáší na Zemi následující informace:

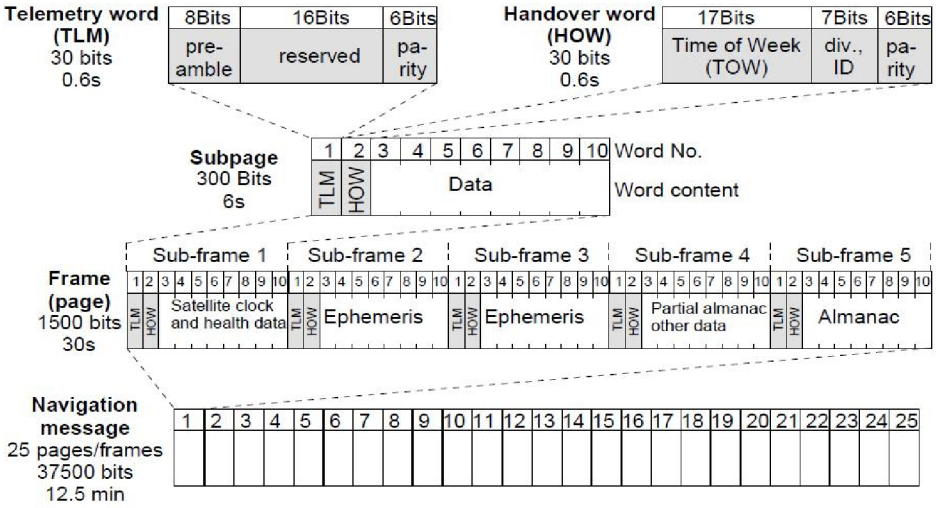
- systémový čas, informace pro korekci času
- vlastní přesné údaje (efemeridy)
- odvozené údaje o všech viditelných GPS satelitech (almanach)
- stav systému

GPS zpráva[3] je potřebná k určení času signálu stráveného na cestě k přijímači a následnému výpočtu pozice. Data se přenáší v logicky uskupených jednotkách zvaných rámce (frames) nebo stránky (pages). Každý rámec má délku 1500 bitů a k přenosu potřebuje 30 sekund. Rámec je rozdělen na 5 sub-rámců. Aby mohl být přenos kompletní, je vyžadováno 25 rozdílných rámců. Každý sub-rámec začíná slovem TLM (telemetry word) a slovem HOW. Vše je naznačeno na obrázku 2.6.

Na obrázku jsou na značeny počty bitů a časů (potřebných k přenosu) u všech sub-rámců, počátečních slov i kompletní zprávy. Všechny tyto údaje jsou jednoduše dopočitatelné z již uvedených údajů. Například jeden rámec (frame) má délku 1500 bitů a trvá 30 sekund, proto jeden sub-rámec(subframe) má délku 300 bitů a trvá 6 sekund, jelikož, jak bylo uvedeno, rámec obsahuje pět částí (sub-rámců). Kompletní zpráva má těchto rámců 25 a přenos jednoho trvá 30 sekund, tudíž přenos jedné zprávy trvá 12,5 minuty.

2 Toto tvrzení bychom mohli tvrdit i o planetách, oproti satelitům ovšem s nadsázkou

3 Podle GPS standardu z 2 června 1995



Obr. 3.6 GPS zpráva [9]

3.6.1 TLM a HOW

Na začátku každého sub-rámce (subframe) je slovo TLM (Telemetry word), které obsahuje 30 bitů. Prvních 8 bitů je sekvence používaná pro synchronizaci. Dalších 16 bitů je vyhrazeno autorizovaným uživatelům. Posledních 6 bitů je parita.

Ihned za slovem TLM je další slovo HOW, které má rovněž 30 bitů. Nejdůležitějších je prvních 17, které obsahují čas příštího rámce (sub-rámce) a bývají nazývány jako „time of week" (TOW). Název souvisí s restartem času, který je prováděn vždy v sobotu o půlnoci, jelikož přesný čas hraje důležitou roli v určování pozice (jak již bylo několikrát zmíněno). Začíná se v čase 0, ale každou sekundu se hodnota neinkriminuje, nýbrž každých 6 sekund se hodnota zvýší o 1. Tento jev souvisí se synchronizací P-kódu. Končí se v čase 100 799, což odpovídá času jednoho týdne v sekundách. Týden má 604 800 sekund, pokud vynásobíme 100 799 šesti vyjde nám 604 794, jelikož další hodnota 604 800 už je restart času a začíná se opět od 0 [9].

3.7 Modernizace GPS

Od roku 1978, kdy byl systém GPS aktivován, posílají všechny satelity na Zemi 3 kódy (signály). Jsou to na frekvenci L1 vojenský P(Y)-kód, civilní C/A kód a na frekvenci L2 vojenský P(Y) kód.

V plánu bloku IIF, který je v současné době aktuální, je nasazení dalších kódů (signálů). Nový civilní signál na frekvenci 1227,60MHz (v pásmu L2), nazvaný L2C. Další signál tentokrát vojenský M-kód na frekvencích 1575,42MHz a 1227,60MHz (pásma L1 a L2). Také by měl být nasazen zcela nový civilní signál na frekvenci 1176,45MHz (pásmo L5) zvaný L5 (někdy také Save of Live - SoL).

Nasazení nových kódů je velice důležitý aspekt pro chod celého systému. Pokud bude možno použít více signálů pro určení pozice, potom vlivy ionosféry budou moci být kompenzovány nebo naprosto eliminovány. Přidáním nových signálů tedy poroste síla signálu pro civilní uživatelé a přinese více možností pro vojenské aplikace [9].

3.7.1 Blok III

V plánu je i úplně nový blok GPS [9] satelitů zvaný GPS III. Jeho uvedení se těžko odhaduje. Průběžný odhad je po roce 2013. Datum (rok) není myšleno, že blok GPS III bude v tomto roce funkční, ale je pouze začátkem rozsáhlého období uvedení bloku do provozu.

Nové vlastnosti satelitů GPS III jsou:

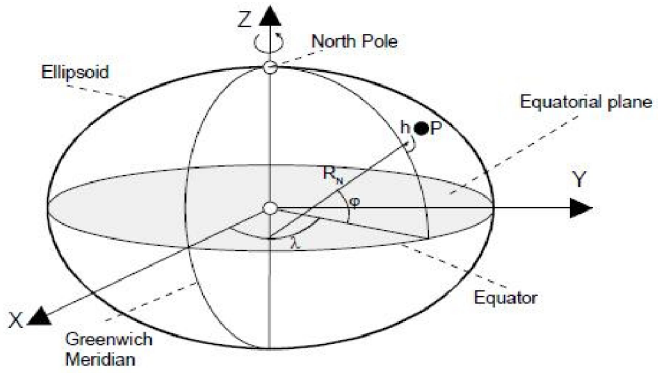
- zesílení M-signálu (signál označovaný M+) rozmístěním antén v rámci GPS satelitu
- zlepšení civilního signálu na L1 frekvenci, signál ponese název L1C
- přenos integrity signálu
- schopnosti „Search and Rescue“ (česky najdi a zachraň) související se signálem L5
- nebudou implementovány nástroje na vědomé rušení signálu pro civilní účely

Samozřejmě je nezbytně nutná modernizace i kontrolních a řídících stanic, nemluvě o samotných přijímačích. Ale není třeba se znepokojovat, celý systém se satelity GPS III by měl být kompletní v roce 2021.

4 NMEA standard

Je standard [13] vyvíjený společností NMEA (National Marine Electronics Association). Oficiální znění (kopii) standardu lze zakoupit u společnosti NMEA. V tomto dokumentu není použito nic z této kopie, která podléhá autorskému zákonu.

Podle standardu NMEA se zeměpisná šířka a délka určuje ve stupních. Zeměpisná šířka je úhel, který svírá pozice s rovinou zemského rovníku. Na severní polokouli jsou úhly kladné, na jižní záporné. Zeměpisná délka je úhel, který pozice svírá s nultým poledníkem (Greenwich). Kladné úhly jsou směrem na východ (východní polokoule). Na obrázku je pozice označena P, zeměpisná šířka písmenem φ a délka λ.



Obr 3.1 Zeměpisná šířka a délka [9]

4.1 NMEA zprávy

NMEA protokol [13] (standard) definuje zprávy, které obsahují informace závislé na označení. Každá zpráva začíná znakem $. Zprávy, které nás budou zajímat, jelikož souvisí z technologií GPS, začínají znaky GP. Jejich začátek (GPS) je $GP.... dále následuje označení typu. V následujících kapitolách bude představeno 5 zpráv, které jsou dominantní pro GPS.

4.1.1 GSA

Popis – GPS DOP (dilution of precision) a aktivní satelity

Struktura zprávy - $GPGSA, Smode, FS{,sv}, PDOP, HDOP, VDOP,*cs<CR><LF>

Příklad zprávy - $GPGSA, A,3,23,29,07,08,09,18,28,,,,,1.94,1.18,1.54*0D

Jednotlivé části zprávy:

- A – manuálně/automaticky přepnutí modu (2D/3D)
- 3 – status (1 = nedostupný, 2 = 2D, 3 = 3D)
- čísla satelitů (počet je 12, nevyužité jsou doplněny prázdnými řetězci)
- 1.94 – PDOP číslo určující nepřesnosti v rámci rozestavení satelitů v 3D prostoru
- 1.18 – HDOP číslo určující nepřesnosti v rámci druhého rozměru
- 1.54 – VDOP číslo určující nepřesnosti v rámi prvního rozměru
- 0D – kontrolní součet

4.1.2 GGA

Popis – fixní data

Struktura zprávy - $GPGGA, hhmmss.ss, Latitude, N, Longitude, E, FS, NoSV, HDOP, msl, m, Altref, m, DiffAge, DiffStation*cs<CR><LF>

Příklad zprávy - $GPGGA,092725.00,4717.11399,N,00833.91590,E,1,8,1.01,499.6,M,48.0,M,,0*5B

Jednotlivé části zprávy:

- 092725.00 – aktuální čas (UTC) 9:27:25
- 4717.11399 – zeměpisná šířka 47° 17,11399'
- N – severní polokoule
- 00833.91590 – zeměpisná délka 8° 33,91590'
- E – východní polokoule
- 1 – status (0 – nezjistitelné, 1 – GPS)
- 8 – použité satelity pro výpočet
- 1.01 – HDOP
- 499.6 – nadmořská výška
- M – metry
- 48.0 – výška geoidu oproti elipsoidu
- M – metry
- 5B – kontrolní součet

4.1.3 GSV

Popis – viditelné GPS satelity

Struktura zprávy - $GPGSV,NoMsg,MsgNo,NoSv,{,sv,elv,az,cno}*cs<CR><LF>

Příklad zprávy - $GPGSV,3,1,10,26,82,187,47,28,43,056,46*77

Jednotlivé části zprávy:

- 3 – počet zpráv (vět GSV by mohlo být v jednom bloku vět více)
- 1 – číslo aktuální zprávy
- 10 – počet viditelných satelitů
- 26 – ID satelitu
- 82 – výška (stupně)
- 187 – azimut (stupně)
- 47 – C/NO rozmezí 0 – 99
- takto mohou být až 4 satelity (od ID)
- 77 – kontrolní součet

4.1.4 RMC

Popis – doporučená minimální data

Struktura zprávy - $GPRMC, hhmmss, status, latitude, N, longitude, E, spd, cog, ddmmyy, mv, mvE, mode*cs<CR><LF>

Příklad zprávy - $GPRMC,083559.00,A,4717.11437,N,0083.91522,E,0.004,77.52,091202,,,A*57

Jednotlivé části zprávy:

- 083559.00 – aktuální čas (UTC) 8:53:59
- A – status, data jsou v pořádku (V = varovaní přijímače)
- 4717.11437 – zeměpisná šířka 47° 17,11437'
- N – severní polokoule
- 0083.91522 – zeměpisná délka 8° 3,91522'
- E – východní polokoule
- 0.004 – rychlost (uzly)
- 77.52 – (course over ground)
- 091202 – datum 9.prosince 2002
- A - mód

4.1.5 VTG

Popis – rychlost

Struktura zprávy - $GPVTG,cogt,T,cogm,M,sog,N,kph,K,mode*cs<CR><LF>

Příklad zprávy - $GPVTG,77.52,T,,M,0.004,N,0.008,K,*06

Jednotlivé části zprávy:

- 77.52 – (course over ground)
- T – True
- M – magnetic
- 0.004 – rychlost (uzly)
- 0.008 – rychlost (hm/h)
- 06 – kontrolní součet

4.1.6 GLL

Popis – zeměpisná šířka a délka

Struktura zprávy – $GPGLL,Latitude,N,Longlitude,E,hhmmss.ss,Valid,Mode*cs<CR><LF>

Příklad zprávy - $GPGLL,4717.11364,N,00833.91565,E,092321.00,A,*60

Jednotlivé části zprávy:

- 4717.11364 – zeměpisná šířka 47° 17,11364'
- N – severní polokoule
- 00833.91565 – zeměpisná dílka 8° 33,91565'
- E – východní polokoule
- 092321.00 – aktuální čas (UTC) 9:23:21
- A – data jsou v pořádku (V = invalid, varování přijímače)
- 60 – kontrolní součet

4.1.7 Ukázka přijatých dat

*$GPRMC,134813.00,A,4912.07674,N,01639.68967,E,0.046,,150609,,,A*72*
*$GPVTG,,T,,M,0.046,N,0.086,K,A*2F*
*$GPGGA,134813.00,4912.07674,N,01639.68967,E,1,09,1.34,284.6,M,42.3,M,,*55*
*$GPGSA,A,3,27,26,28,18,17,08,09,10,15,,,,2.22,1.34,1.77*07*
*$GPGSV,3,1,12,08,25,080,19,09,23,275,48,10,11,199,36,15,74,263,37*72*
*$GPGSV,3,2,12,17,28,124,24,18,19,314,40,22,01,337,,26,28,309,48*7B*
*$GPGSV,3,3,12,27,47,282,44,28,55,062,28,33,26,219,41,37,41,173,38*74*
*$GPGLL,4912.07674,N,01639.68967,E,134813.00,A,A*62*

4.1.8 HDOP, PDOP, VDOP

Čísla, skrývající se pod těmito údaji, určují nepřesnosti vzhledem k poloze satelitů. Budou-li satelity příliš blízko u sebe, tak nám porostou hodnoty údajů DOP (dilution of precision). Tím se nám zvyšují nepřesnosti v určení pozice. Důvod je prostý, pokud budou satelity příliš blízko sebe, budou se středy kružnic (kapitola 2.3.4) přibližovat k sobě. O to bude větší plocha, která symbolizuje průnik těchto kružnic [9].

5 Návrh řešení

Obsah kapitoly je zvolen chronologicky od začátků po dokončení projektu. Jednotlivé části jsou voleny po částech s větší problematikou, které se následně dělí na menší problémy. Podobné řešení odporuje zásadám Objektově orientovaného programování (OOP), podle nějž je projekt realizován. Připomíná spíše dekompozici problému, ale je to pouze ilustrativně popsáno zde v dokumentaci projektu. Projekt byl budován zásadami OOP.

5.1 Volba použitých nástrojů

Volba nástrojů probíhala vzhledem k určeným nárokům na projekt. Jako implementační jazyk byl zvolen C++ v uvážení jeho dobré znalosti ze studia. Z velice podobných důvodů byl zvolen grafický toolkit (jeho část na vytváření uživatelského rozhraní) wxWidgets [6]. Splňuje i podmínku tvorbu multiplatformní aplikace.

Velmi důležité je rovněž načtení obrázků (map) do paměti pro další práci. Samotné wxWidgets umí načíst obrázky různých formátů a je mezi nimi i formát TIFF, ale nesplňují podmínku načtení všech typů. Například obrázky, které obsahují 8 bitů na pixel (8 bitů na vzrorek * 1 vzorek na pixel) a 24 bitů na pixel (8 bitů na vzorek * 3 vzorky na pixel) se načtou v pořádku, ale s obrázky mající 16 bitů na pixel (16 bitů na vzorek * 1 vzorek na pixel) si poradit neumí (alespoň známé základní funkce). Z tohoto důvodu byla zvolena knihovna libtiff [11].

Pro komunikaci z GPS přijímačem byla zvolena knihovna Bc. Miroslava Horáka pro systémy Windows.

5.2 Mapy

Ihned po GPS přijímači jsou, jako důležitý faktor k dokončení projektu, nezbytné samotné mapy. Jedná se o mapy výškové, které kopírují terén. Pro takovéto mapy je typická barva šedi. Informace o výšce je uložena u každého bodu. Mapy jsou 8-bitové uložené ve formátu TIFF.

V rámci projektu bylo vybráno území okolo Brněnské přehrady (bp_west.tif) a okolí Adamova (bp_east.tif). Především okolí Adamova je velice slušné pro testování projektu. Město se nachází v údolí mezi dvěma kopci.

Bohužel mapy byly na objednávku a jedna neobsahuje správné území. Jedná se o mapu okolí Adamova, ovšem posun není nikterak velký. Malý nedostatek je pouze v neobsažení Alexandrovy rozhledny, která má pevně danou nadmořskou výšku, což by bylo výborné pro velmi přesné testování aplikace. Mapa obsahující Brněnskou přehradu je v pořádku. Terén byl zvolen s ohledem na vodní hladinu.

5.2.1 Formát TIFF

Formát TIFF [4] (neboli Tagged Image File Format) patří k nejstarším a rovněž k nejpoužívanějším obrázkovým (bitmapovým) formátům, se kterými se pracuje. Informace o barvě jsou uloženy v každém bodě obrázku. V našem případě je u každého bodu uložena informace týkající se nadmořské výšky.

Formát TIFF, jak již název napovídá, obsahuje také informace o bitmapě v podobě tagů například o velikosti bitmapy, počtu bitů na vzorek, počtu vzorků na pixel, kompresi, apod. Podobných tagů existuje celá řada a nemá smysl je zde jmenovat všechny, nebylo by to možné.

Z uvedených informací vyplývá jedna značná nevýhoda formátu TIFF. S rostoucí velikostí bitmapy rapidně roste velikost celého souboru. Ovšem jinak formát TIFF oplývá výhodami. Jednou velkou výhodou je velice dobrá přenositelnost. Nehrozí ztráta dat při přenosu do jiného prostředí. Další výhoda spočívá věrností reprezentace přirozeného obrazu.

Obrázky v TIFF formátu jsou schopné uchovat největší možné spektrum barevných informací od černobílé grafiky přes stupně šedi po RGB, CMYK a další.

TIFF má velké zastoupení například v oblasti práce se skenovanými nebo faxovanými dokumenty. Rovněž také, a to je i náš případ, v rámci map, geologii nebo i ve zdravotnictví.

5.2.2 Obecné informace o (dané) mapě

Každá mapa sebou nese i soubor, ve kterém se nachází důležité informace o mapě samotné. Především se jedná o rozměry map a to nejen o počtu pixelů, ale hlavně o souřadnicích jednotlivých rohů mapy. Další velmi důležitý údaj je počet jednotek délky na pixel. Ve většině případů bývá jednotka metr. Bez těchto základních informací by byla mapa prakticky nepoužitelná.

Soubory mají jednoduchý textový formát. Někdy je klasické TXT, formát LGO nebo soubor obsahuje informace pomocí XML. Obsah zmíněných souborů je rozebrán dále při návrhu parseru, sloužícího k načtení zmíněných informací o mapě.

5.2.3 Mapy použité v projektu

Ohledně map použitých v projektu (původně ve formátu BIL) je důležité zmínit pár nepřesností. Údaje, které jsou uvedeny v informačních souborech k mapám, nesouhlasí s realitou (mapou). Uvedené zeměpisné souřadnice nesedí, především souřadnice označující zeměpisnou šířku jsou rozhozené. Samozřejmě by nebylo možno vypočítat správně aktuální pozici. Tudíž byla nutná úprava souřadnic i za cenu mírné nepřesnosti. Úprava proběhla za pomoci terénu, který obsahují mapy, programu Google Earth a map (terénu) na google. Nakonec se podařilo uvést souřadnice v dobré přesnosti tak, že tato korekce neovlivňuje přesnost výpočtu pozice.

Další nepřesnost se týká velikosti mapy (obrázku) v pixelech. Tento problém je ale velice jednoduše řešitelný, jak ze strany wxWidgets, tak knihovny libtiff, načtením výšky a šířky obrázku z jeho tagů.

Poslední nesrovnalostí je velikost map v kilometrech. Rozměry měli být 2,5x2km. V případě mapy bp_west.tif rozměry sedí, ale mapa bp_east.tif nesedí, její rozměry jsou 2,5x1,9km. Druhý rozměr je opět zjišťován pomocí Google Earth a google maps.

5.3 NMEA parser

Po uvážení bylo zvoleno napsat vlastní NMEA parser. Kódy týkající se problematiky protokolu NMEA jsou volně dostupné, mezi nimi i NMEA parser. Ovšem bylo by potřeba upravení zmíněných kódů ve větším rozsahu, tudíž se vyplatilo naprogramování vlastního parseru.

Omezení se týká především získaných dat. Není potřeba ukládat informace o zeměpisné šířce, zeměpisné délce, aktuálního času několikrát z jednoho bloku vět (kapitola 4.1.7) apod. Na první pohled je omezení v celku triviální a nabádá k myšlence nutnosti vlastního parseru, ale je nutné si uvědomit jednu věc. Samotné „vytažení“ informací z NMEA vět je jednoduchou záležitostí, využitím shodného oddělovače (čárka) všech informací. Větší problém je samotné zpracování informací a zde přichází v úvahu vlastní parser.

NMEA parser rozhoduje, která funkce na kterou větu bude volána neboli o který druh věty se jedná. Lze využít vlastnosti vět, kde každá začíná $GP.... následuje název věty (kapitola 4.1). Tudíž lze velice jednoduše rozpoznat případné chybné čtení z GPS přijímače.

Samotné rozdělování informací využívá oddělení dat ve větách čárkou, kde každou informaci vrátí jednoduchá funkce a proběhne uložení do připravené struktury dané věty. I když bylo zmíněno omezení v podobě neukládání opakujících se informací, je parser navržen tak, že lze jednoduchou modifikací dosáhnout „plnohodnotného“ parseru. Samozřejmě toto tvrzení není myšleno v jakkoliv omezené celkové aplikaci, ale spíše v podobě efektivity neprocházení několika stejných dat.

Výstupem parseru je uložení potřebných dat (k výpočtu) do struktury.

5.4 Práce s mapou

Původní návrh (dodatek práce) obsahoval práci pouze v rámci knihovny libtiff, jelikož první verze aplikace byla konzolová. V návrhu byla obsažena komunikace s GPS, načtení mapy, výpočet pozice a provedení ořezu mapy předem dané vzdálenosti na všechny strany. Zmíněná část výsledné aplikace byla použita v rámci fakultního projektu. Uživatelské rozhraní v této fázi projektu nebylo uvažováno.

Použití knihovny libtiff mělo velkou výhodu v poznání samotného formátu TIFF, vzhledem nutnosti používání tagů jednotlivých obrázků (map). Především dva tagy mající velký význam v rámci opětovného uložení, jsou to BITS_PER_SAMPLE a SAMPLES_PER_PIXEL.

Nejvýraznější funkcí (v rámci zadání) je zcela jistě ořez mapy. Za pomoci knihovny libtiff probíhal ořez, pokud budeme uvažovat obrázek jako velkou matici, v uložení submatice za pomoci dvou cyklů. Krajní hodnoty cyklů byly vypočteny z hodnot zadaných kilometrů ořezu, převodem na počty pixelů.

V případě knihoven wxWidgets byl ořez výrazně zjednodušen využitím knihovní funkce *GetSubBitmap*. Funkce vrátí přímo požadovanou bitmapu. Požaduje naplnění objektu třídy *wxRect*, kde jsou potřeba souřadnice levého horního rohu, výška a šířka obrázku (bitmapy).

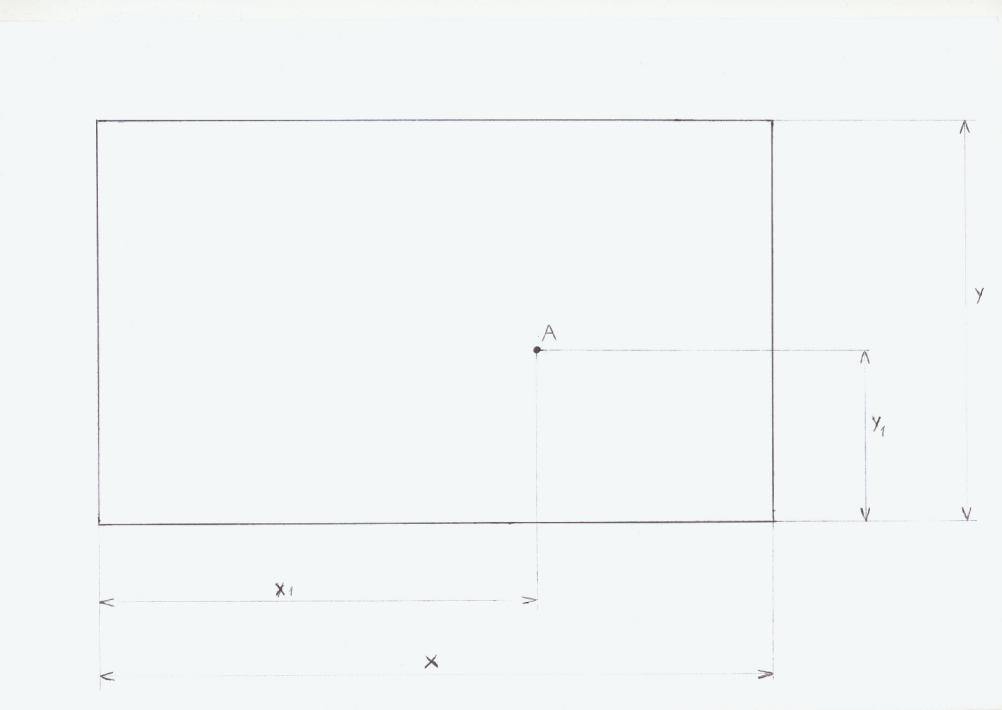
5.5 Výpočet pozice

Kapitola je rozdělena na dvě části v rámci dostupných map. První jsou mapy, které byly objednány účelům bakalářské práce a druhé volně dostupné, které disponují menší přesností.

U dříve zmíněných map je situace zjednodušená faktem, že mapy jsou, přesněji řečeno její okraje, rovnoběžné se zemskými poledníky případně rovnoběžkami. Tudíž se jedná o pouhé převedení rozdílu souřadnic na počet pixelů v osách x a y, jak naznačuje obrázek 5.1. Hodnoty x, y se spočítají odečtením souřadnic rohů mapy. Hodnoty x_1 a y_1 odečtením souřadnic levého spodního (horního) rohu od souřadnic aktuální pozice (bod A). Při výpočtu se tedy využívá souřadnic všech čtyř rohů mapy. Původně se počítalo s hodnotou, která určuje počet kilometrů na zeměpisný stupeň v daných souřadnicích. Toto řešení ovšem postrádalo přesnost a mělo další nevýhodu v podobě potřebných informací o zmíněném počtu kilometrů na stupeň z celého světa. Proto bylo zvoleno řešení za pomoci odečtení rozsahu souřadnic vydělením počtem pixelů (obr 5.1).

Určitá obtíž byla v ohledu formátu map (*.bil), jelikož program byl od začátku realizován na formát TIFF. Problém vyřešil prohlížeč obrázků OpenEV, kde byl využit export obrázku do požadovaného formátu.

V případě volně dostupných map je situace složitější nerovnoběžností okrajů mapy s poledníky (rovnoběžkami). V rámci bakalářské práce řešení výpočtu za pomoci těchto map použito není z důvodu nemalé přesnosti map a z toho vyplývající přesnosti určení pozice v terénu. Výpočet je popsán v příloze práce, kde je rozebrán původní (vlastní) projekt, ze kterého vychází tato práce.



Obr. 5.1 Výpočet pozice

5.6 Rozhraní program – výstup NMEA parseru

Rozhraním program – výstup NMEA parseru je myšlena komunikace mezi samotnou aplikací ovládanou uživatelem a zpracování, zobrazení hodnot z GPS přijímače. Jelikož zpracování hodnot probíhá nepřetržitě (po připojení přijímače), je zapotřebí využít vícevláknové aplikace. V úvahu přicházelo využití procesů, ale práce s vlákny je zcela jistě komfortnější.

Po připojení přijímače se vytvoří vlákno, které zpracovává výsledky za pomoci NMEA parseru a poté zobrazuje v hlavním okně aplikace. Vše je odděleno od části aplikace, kterou ovládá uživatel. Ovšem i uživatelská část potřebuje tyto informace. Nejdůležitější jsou aktuální souřadnice pro výpočet pozice a její následné zobrazení. Získání informací probíhá na žádost. Nepřímo ji vyvolá samotný uživatel při obnovení pozice na mapě.

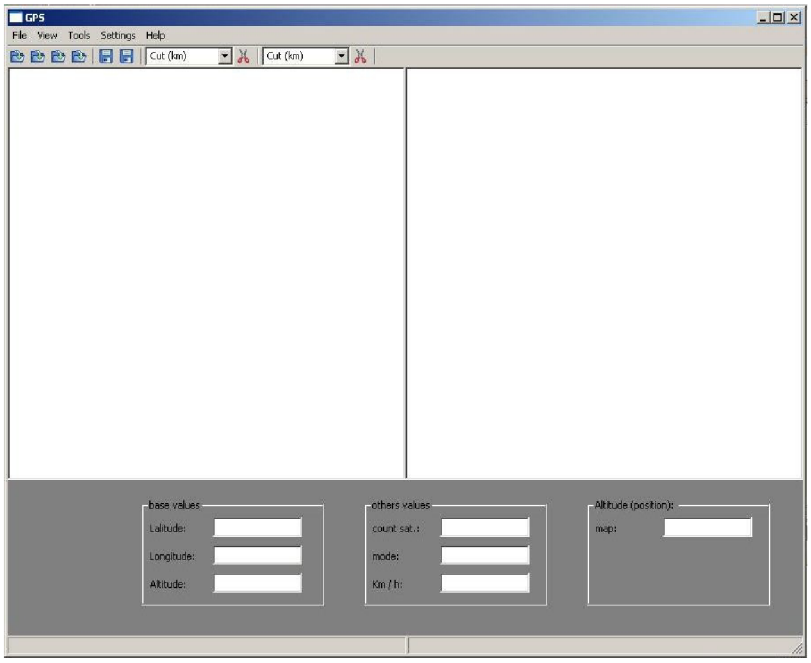
5.7 Komunikační knihovna pro Linux

Již byla zmíněna nutnost vytvoření vlastní komunikační knihovny z GPS přijímačem. Zjednodušeně se dá říci, žádná knihovna není potřeba a v projektu knihovna jako taková není k nalezení. Dojde-li připojení GPS přijímače k USB portu data jsou k dispozici v jednom ze souborů. Název souboru se liší od distribuce OS Linux */dev/ttyACM0*, */dev/ttyUSB0* v případě připojení sériovému portu */dev/ttyS0*. Čísla na koncích názvů souborů nemusí být vždy 0. Například po odpojení GPS přijímače a následném připojení může být číslo vyšší. V aplikaci je zkoušena většina těchto možností. Vlastní načtení informací je realizováno velice jednoduše v rámci obyčejného čtení ze souboru. Po odpojení přijímače je soubor uzavřen [14].

Zmíněný postup je řešení celého problému v rámci OS Linux, který je ovšem tímto typický. Spíše je zapotřebí nastavit určité věci v systému a poté je potřebná práce jednoduchá. O nastavení se zmiňuje kapitola 7.2.

5.8 Uživatelské rozhraní

Uživatelské rozhraní je velice jednoduché na ovládání. Ovládání programu je podrobněji popsáno v manuálu aplikace (na přiloženém mediu, ve složce *doc)*. Samotná aplikace obsahuje panel nástrojů k ovládání map. Aplikace obsahuje dvě okna v nichž mohou být načteny mapy. V okamžiku kdy jsou načteny obě mapy, tak jejich ořezy kolem aktuální pozice se zobrazí v novém okně. Pokud je načtena pouze jedna mapa, její ořez se zobrazí ve vedlejším okně. Počet kilometrů lze zvolit z nabídnutých možností nebo je možno zvolit vlastní počet kilometrů. Pokud se kurzor pohybuje uvnitř mapy, ve stavovém řádku se zobrazuje nadmořská výška v daném bodě. Posledním hlavním bodem aplikace je zobrazení hodnot GPS přijímače. Konečný vzhled je vyobrazen na obrázku 5.2. Ovšem jedná se pouze o návrh aplikace, jakákoliv funkčnost chybí.



Obr. 5.2 Návrh vzhledu aplikace

K zobrazení pozice je potřeba načíst jak samotnou mapu, tak i soubor, který obsahuje informace o stejné mapě. Na panelu nástrojů je ikona načtení mapy a ihned napravo od ní je ikona k načtení informačního souboru. Vše je možno načíst i z menu File.

5.9 Zobrazení nadmořské výšky

Zobrazení nadmořské výšky je jedním z klíčových bodů celého projektu. Ovšem tímto tvrzením není myšlena složitost realizace zmíněné části projektu, ale spíše smysluplnost ohledně jeho zadání.

Velký problém byl právě v načtení nadmořské výšky z obrázku, jelikož byl nutný export do TIFF formátu, došlo k rozhození nadmořské výšky. Při výpisu dat typu integer, ať už znaménkový nebo bez znaménkový, byly hodnoty nesmyslné. Jediné smysluplné hodnoty při kontrolním výpisu byly při načtení hodnot typu char (bez znaménkový) vypsané jako integer. Ovšem i tyto hodnoty neodpovídaly realitě, ale byla zachována výška ve smyslu určité „logiky." Například ohledně vodní plochy Brněnské přehrady výška zůstává konstantní nebo pokud je terén do kopce výška roste. Stejné hodnoty, které byly načteny ze souborů map, jsou zobrazeny v programu OpenEV, který sloužil jako kontrola hodnot nadmořské výšky. I OpenEV zobrazoval po exportu (do TIFF) menší hodnoty v rozsahu uchar (0-255). Řešení problému spočívá v přičtení určité hodnoty. V případě mapy

bp_east.tif je hodnota 250 (metrů), mapa bp_west.tif vyžadovala přičtení 190 metrů. Po tomto přičtení jsou hodnoty prakticky shodné s realitou. Rozdíly jsou v řádu jednotek metrů nad mořem.

Nadmořská výška je také zobrazována u hodnot GPS přijímače. Je to hodnota, která zobrazuje výšku odpovídající aktuální pozici. Vždy bude zobrazena pouze jedna hodnota, jelikož by museli být načteny mapy překrývající svoje území nebo dvě totožné mapy, ale aktuální pozice bude stále stejné místo, proto je zapotřebí jedna hodnota. Podmínkou zobrazení je nutnost obsažení pozice na dané mapě.

Pro potřeby nadmořské výšky je mapa načtena knihovnou libtiff.

5.10 Parser pro informační soubor k mapě

Podobně jako u map (nebo výpočtu pozice) je kapitola rozdělena na dvě části. Pro mapy (původně) v BIL formátu a pro mapy ve formátu TIFF.

K prvně zmíněným jsou přiloženy soubory, které obsahují informace v XML. Z těchto informací jsou nejdůležitější hodnoty zeměpisných souřadnic okrajů map. Jak již bylo zmíněno v kapitole 5.2.3, údaje o zeměpisných šířkách byly chybné. Vše bylo přepsáno na co nejpřesnější hodnoty pomocí terénu výškových map.

Hodnoty určující zeměpisné souřadnice jsou jediné, které parser hledá a ukládá do struktury. Ostatní hodnoty jsou dopočitatelné (počet kilometrů na pixel) nebo jednodušeji a především přesněji zjistitelné (počet pixelů, šířka a výška obrázku). Údaje o výšce a šířce obrázku (v pixelech) je nutné zjišťovat pomocí funkcí knihoven libtiff nebo wxWidgets, jelikož jsou dalšími mylnými hodnotami v informačním souboru.

Určitým „rozhraním“ mezi programem a parserem souboru k mapě je struktura, která obsahuje souřadnice všech čtyř rohů. Pokud nebude struktura naplněna, potom je načtená mapa prakticky nepoužitelná. Jediné co bude fungovat je zobrazení nadmořské výšky odpovídající pohybu kurzoru myši po mapě.

Druhé mapy (volně dostupné v TIFF formátu) nejsou v projektu uvažovány, ale opět o těchto mapách (souborech) je zmínka v příloze práce.

5.11 Výstupní formát dat

Nejdůležitější z celého projektu je výstup programu neboli co bude uloženo. Uložení mapy, na žádost uživatele, je samozřejmostí.

Podstatnější je uložení informačního souboru k ukládané mapě. Tento problém souvisí s kapitolou předcházející, jelikož aplikace musí umět minimálně pracovat s mapou, která projde jejími algoritmy. V okamžiku kdy uživatel zvolí uložení mapy spolu s cestou, je automaticky zavolána funkce na uložení informačního souboru. Tento soubor bude mít klasický formát textového souboru TXT. Název bude shodný s tím, který uživatel zvolí pro samotnou mapu. Rovněž bude ve stejné složce spolu s mapou.

„Rozhraním“ mezi programem a funkcí pro uložení souboru je opět naplněná struktura daty zeměpisnými souřadnicemi. Struktura je použita ve funkci, která ukládá informační soubor. Funkce pouze tiskne informace ze struktury do souboru. Spolu s těmito souřadnicemi ukládá řetězce důležité k rozpoznání všech bodů mapy.

5.12 Ruční zadání souřadnic

Úplně na závěr byla navržena funkce programu, při které zadá uživatel souřadnice rohů sám. Pokud dojde ke špatnému načtení souřadnic z informačního souboru dané mapy, tak je program prakticky nepoužitelný. Z tohoto důvodu byla zvolena tato vlastnost. Důležité je zadat souřadnice v zeměpisných stupních i s jejich desetinou částí (například 49,23987). Také je velmi důležité zvolit správnou volbu pro správné okno mapy. Vše je blíže popsáno v manuálu aplikace (nachází se na přiloženém médiu, ve složce *doc*).

6 Implementace

Po kompletním návrhu a jako další bod zadání následuje implementace. Celá kapitola není volena podobně jako kapitola 5. Návrh řešení, ale veškerý obsah kapitoly páté je obsažen i v implementaci.

Kapitola je rozdělena na dvě větší části, které jsou k nalezení i jako soubory zdrojových kódů projektu. Na tyto dvě části se volně váží další (soubory), které jsou využívány například k získávání potřebných informací. Všechny soubory se zdrojovými kódy, jsou dále popsány. Zmíněné nejdůležitější části jsou od sebe odděleny, kapitola 6.1 popisuje soubor *gpsmain.cpp* a kapitola 6.2 soubor *receiverinfo.cpp*. Každý soubor, nejen dva zmíněné, má k sobě knihovní soubor *.h se shodným názvem.

Celý projekt je psán v jazyce C++ dle normy C98, grafické (uživatelské) rozhraní za využití toolkitu wxWidgets verze 2.8.10 a určité doplňky v rámci práce s obrázky formátu TIFF používající knihovnu libtiff verze 3.6.1.

6.1 Zpracování uživatelských úkonů

Kapitola popisuje implementační záležitosti ze souboru *gpsmain.cpp* (třídy, struktury, principy a podobně).

Rozdělení této části je také voleno i výsledným vzhledem aplikace, jelikož tímto lze usnadnit orientaci ve zdrojových kódech projektu. WxWidgets mají výhodu, že za jejich pomoci lze naprogramovat velkou řadu věcí (projektů), ale orientace ve výsledných zdrojových kódech pro dalšího programátora bývá obtížnější. Z tohoto důvodu bylo zvoleno zmíněné rozdělení. Nejdříve budou vysvětleny všechny třídy, soubory týkající se hlavní problematiky, ta bude zmíněna jako poslední v kapitole 6.1.5 Menu.

6.1.1 Hlavní okna

Okna aplikace určená k načítání map jsou objekty tříd *MyScrollWindow*, která je odvozená od třídy *wxScrolledWindow*. Rozhraní této třídy lze rozdělit na dvě části, na část nastavení parametrů a část vykonávající funkčnost. K první části se váže například nastavení aktuální pozice *SetPosition()* nebo nastavení parametrů (čtyřúhelníku) ořezu mapy *SetRect()*. Vše je smysluplně pojmenováno a není nutné zde rozebírat. Druhá část zahrnuje metody *OnPaint()* a *OnMouse()*. Při každé aktualizaci okna se zavolá metoda *OnPaint()* a z dané bitmapy vykreslí mapu případně její ořez do zvoleného okna. Nebo také mapu z okna „smaže.“ Metoda *OnMouse()* zpracovává pohyby kurzoru myši přes načtenou mapu, pro následné zobrazení nadmořské výšky ve stavovém řádku (*wxStatusBar*), který je rovněž nastaven (předán pouze jeho ukazatel) z důvodu výpisu výšky.

6.1.2 Nově vytvořená okna

Pro potřeby ořezu mapy byla vytvořena třída *MyMapFrame* (*wxFrame*) a třída *MySubWin* (*wxScrolledWindow*). V případě aktivních (načtených) dvou map a zvolení funkce ořezu se zobrazí v novém okně výsledná mapa (ořez). Třída *MyMapFrame* obsahuje pouze metody *SaveFile()* a *Close()*. Třída *MySubWin*, pomocí níž se ořez zobrazí, má metodu *OnPaint*.

6.1.3 Manuální zadávání souřadnic

Pro manuální zadání souřadnic byla vytvořena třída *ManFrame* odvozená od *wxFrame*. Při zvolení Manual enter data otevře okno, ve kterém je možno zadat souřadnice, následně se informace uloží do struktury (*paramMap*).

6.1.4 Parser informačního souboru

Samotný parser se nachází v souboru *mapinfo.cpp*. Není tvořen třídou, ale pouze strukturou, která má proměnné v podobě souřadnic 4 rohů, rozměry obrázku a hodnotu počet vzdálenosti na pixel, jak v ose x tak y. Pro kontrolu je ve struktuře metoda *IsOk()*, která vrátí *true* v případě správného naplnění struktury daty, v opačném případě vrátí *false*.

Mimo strukturu jsou dvě funkce. První *OpenFileIntoMap()* má parametry název souboru a strukturu, přes kterou se data vrátí do hlavní části. Funkce otevře soubor a hledá řetězec *lboundng*. Je to XML tag, za nímž se nachází informace o souřadnicích. Následně se hledají řetězce *left*, *right*, *top* a *bottom* pro usnadnění uložení správné informace do správné proměnné. Druhá funkce *SaveFileWithMap()* pouze tiskne do souboru informace z předané struktury, která je opět spolu s názvem souboru parametrem funkce. V obou případech je název souboru myšlen s „plnou“ cestou.

Tento soubor by bylo nutné nejvíce modifikovat při rozšíření projektu pro větší rozsah použitých map. Ale princip zůstává stále stejný, naplnit strukturu souřadnicemi všech 4 rohů mapy.

6.1.5 Menu

Menu, i další funkce GUI obsažené v rámci třídy *MyFrame*, je odvozeno (dědí rozhraní) od třídy *wxFrame*. Název kapitoly není myšlen v pouhém vytvoření menu, ale obsahuje i zpracování zvolených úkonů, které menu vlastní. Samotné vytvoření je v konstruktoru této třídy, spolu s vytvořením panelu nástrojů (*wxToolBar*), stavového řádku (*wxStatusBar*), oken pro vizualizaci načtených map a také část pro zobrazení údajů, které poskytuje GPS přijímací modul. V případě zobrazení údajů jde pouze o vytvoření, ostatní zpracování se nachází v jiném souboru (kapitola 6.2).

Nyní budou popsány položky menu. Ovšem není to z důvodu kompenzace manuálu, ale tímto způsobem se projdou všechny metody třídy *MyFrame*.

Jako první je menu File, jehož ovládání obsahuje načtení map, načtení jejich informačních souborů, uložení map a zavření aplikace. Zvolením možnosti načíst mapu Open Map 1, se na základě zpracování události (event) za pomoci tabulky událostí (EVENT_TABLE), zavolá metoda *OpenMap1()*. Tato metoda vytvoří *fileSelector*, pomocí nějž uživatel vybere soubor (mapu). Následně, pokud je soubor vybrán (na výběr jsou pouze soubory *.tif), se mapa načte do připravené bitmapy (objekt třídy *wxBitmap*) a aktualizuje se okno metodou třídy *wxScrolledWindow Refresh()*. Pro potřeby nadmořské výšky je mapa načtena funkcí knihovny libtiff *TIFFReadScanline()*. Obdobně je to i u načtení druhé mapy (Open Map 2). Při načtení informačního souboru se opět vytvoří *fileSelector* a zavolá se funkce *OpenFileIntoMap()*, která má parametry název souboru a strukturu, ve které se vrátí data o souřadnicích. V případě neúspěchu se zavolá metoda *ManualEnterData()*, která otevře okno pro „ruční“ zadání souřadnic. Další možnost, a to uložení mapy, je jednoduchá metoda *SaveMap1()*, která vytvoří *fileSelector* pro uložení souboru. Po zvolení jména souboru, místa uložení a následném uložení mapy se zavolá funkce *SaveFileWithMap()*, která má parametry kompletní cestu uložené mapy a struktury s daty, které uloží to textového (informačního) souboru spolu s mapou.

Následuje menu View, ve kterém lze pouze vymazat obě mapy (bitmapy). Jsou to položky Clear Map 1 a Clear Map 2. Shodně se nazývají i metody třídy, ve kterých mimo uvolnění bitmapy také nastavují proměnné, určující pozici pixelu na mapě v rámci zobrazení pozice, na hodnotu -1. Pokud se uvolní bitmapa, okno se opět aktualizuje. Tím dojde k vymazaní mapy z okna.

Menu Tools tvoří položky connect GPS receiver, disconnect GPS receiver. Odpovídající metody *OnConnect()* respektive *OnDisconnect()* ovlivňují spuštění (ukončení) druhé hlavní části aplikace, které bude popsáno v kapitole 6.2. Další položka se nazývá Manual Enter Data for Map 1(2), kde se spustí nové okno pro zadání souřadnic (kapitola 6.1.3). Refresh position je položkou poslední, která za pomocí události (event) zavolá metodu *DisplayPosition()*, ze které je volána další metoda *DisplayPositionToWindow()* dále jen DPTW. Řešení je voleno z důvodu volání metody z více míst aplikace, bez nutnosti vytvoření vlastní události (event). Nejprve metoda DPTW vyžádá aktuální informace od GPS přijímače zavoláním metody *GetValues()* třídy *MyCanvas* (popsáno v kapitole 6.2). Následně je zavolána *WhichMap()*, která vrátí hodnotu od 0 do 3. Hodnota 0 znamená, že aktuální pozice se nenachází ani na jedné mapě. Hodnota 1 znamená nalezení pozice na mapě v okně číslo jedna, stejná logika platí pro hodnotu 2 a nakonec hodnota 3 pozice se nachází na obou mapách. Nastaví se potřebné hodnoty do objektu třídy *MyScrollWindow* a aktualuzuje se příslušné okno (případně okna) pro zobrazení pozice na mapě.

Menu Options obsahuje položky, které rozhodnou o plnohodnotné funkčnosti aplikace nebo částečné, kdy jsou souřadnice zadány přímo v programové části. Na výběr jsou 4 místa, které jsou uvedeny v kapitole 7.3 Testování aplikace. Toto řešení je zvoleno z důvodu demonstrace aplikace, jelikož jsou s aplikací dodány pouze dvě mapy.

Poslední záložkou menu je Help, kde se pouze spustí ve webovém prohlížeči help (v html).

6.2 Zpracování dat z GPS přijímače

Kapitola popisuje soubor *receiverinfo.cpp*. Nejdůležitější třída zmíněného souboru je *MyCanvas* odvozená (dědí rozhraní) od *wxScrolledWindow*. V konstruktoru třídy se vytvoří část, která je viditelná ve spodní části aplikace (zobrazení informací Latitude, Longitude, …).

Po připojení přijímače se už v první části programu (popisuje kapitola 6.1) rozhodne zda se zavolá metoda pro vytvoření vlákna pod Windows (*WinGPS()*) nebo Linuxem (*NewGPSthread()*). Pod systémy Windows se pro práci s vlákny využívá WinApi, pro Linux třída *wxThread*. Třída *MyThread* obsahuje metodu *Entry()*, ve které je kód vlákna. Otevře se příslušný soubor, kde jsou data z GPS přijímače a spustí se nekonečná smyčka. Neustále dochází ke kontrole, zda-li nebyl odpojen modul, jinak se načte další blok vět, který se předá NMEA parseru. Ten vrátí naplněnou strukturu aktuálními daty, které se zobrazí v hlavním okně aplikace. Všechny proměnné, ke kterým by mohl být přístup z více vláken, hlídá kritická sekce, tj. objekt třídy *wxCriticalSection*. V rámci systému Windows je princip naprosto stejný, pouze je vše řešeno přes WinApi. Funkce, která vykonává výše uvedené „tělo vlákna“ je v tomto případě *DWORD WINAPI thread()*. Vlákna v Linuxu jednoduše skončí, ale v případě Windows je nutné zpracování v podobě „čekání“ na ukončení vlákna. Vše je ošetřeno v rámci metody *DisconnectGPS()* třídy *MyCanvas*.

Další metody objektu třídy *MyCanvas* jsou (pouhé) výpisy hodnot do předem připravených polí vytvořených v konstruktoru. Poslední důležitou metodou je *GetValues()*, která vrací na žádost aktuálními informacemi naplněnou strukturu hlavní části aplikace. Při naplňování struktury by mohlo dojít ke kolizi vzhledem k přístupu ke stejným datům z více vláken, tudíž je opět vše hlídáno kritickou sekcí.

6.2.1 NMEA parser

NMEA parser je tvořen přepínačem (*switch*). Ten rozhoduje na základě vrácené hodnoty (metody) *WhatIsSentence()*, která metoda na zpracování dané věty se zavolá. Zpracování vět je obstaráno metodami třídy *parseSentence*. Nejdůležitější metody z této třídy jsou *GetNextData()*, která je přetížená z důvodu vrácení různých hodnot (znak, řetězec) a *GetPositionData()*, která vrací souřadnice ve stupních (např. 49,301453). Třída *NMEAparser* obsahuje rovněž přetíženou metodu a sice *SetInfo()*. Každá metoda ukládá určité informace do struktury GPS (obsahuje vybrané informace ze všech přijatých GPS vět) a právě metoda *SetInfo()* se stará o uložení dat do struktury.

6.3 Kompletní seznam tříd

Soubor gpsmain:
- MyApp – dědí rozhraní wxApp, přetížení OnInit()
- MyFrame – dědí rozhraní wxFrame, vytvoření celkového vzhledu a funkčnosti aplikace
- MyScrollWindow – dědí rozhraní wxScrolledWindow, okno pro mapy, vykreslení obsluha práce s myší
- MyMapFrame – dědí rozhraní wxFrame, nové okno aplikace pro zobrazení výřezu mapy
- MySubWin – dědí rozhraní wxScrolledWindow, vykreslení výřezu mapy
- ManFrame – dědí rozhraní wxFrame, nové okno pro zadání souřadnic

Soubor receiverinfo:
- MyThread – dědí rozhraní wxThread, vlákno pro zpracování informací GPS přijímače
- MyTextCtrl – dědí rozhraní wxTextCtrl, pole pro zobrazení informací (latutide, longitude …)
- MyCanvas – dědí rozhraní wxScrolledWindow, zobrazení zpracování informací GPS modulu

Soubor NMEAparser:
- parseSentence – obsahuje metody na oddělení informací z GPS vět
- NMEAparser – dědí rozhraní parseSentence obsahuje metody pro zpracovaní věty z celého bloku vět, rozpoznání a kontrolu jednotlivých vět, obsahuje metody pro jednotlivé věty a pro uložení informací do struktury GPS
- GPSinfo – obsahuje metodu GetInfo, která vrací naplněnou strukturu GPS

6.4 Seznam použitých struktur

Soubor mapinfo:
- paramMap – ukládá informace o mapě, souřadnice map, velikost map a údaj o počtu metrů na pixel, také obsahuje metodu IsOk, která kontroluje správné naplnění struktury

Soubor NMEAparser:
- RMC – informace věty RMC (kapitola 4.1.4)
- GGA – informace věty GGA (kapitola 4.1.2)
- GSA – informace věty GSA (kapitola 4.1.1)
- VTG – informace věty VTG (kapitola 4.1.5)
- GLL – informace věty GLL (kapitola 4.1.6)
- GPS – obsahuje informace, které jsou potřeba k práci s mapou a zobrazení aktuálních informací

7 Výsledná aplikace

Kapitola obsahuje „screenshoty“ (odkazy na obrázky z dalších kapitol) aplikace pod systémy Windows a Linux. U každého je zmínka nedostatků apod. V kapitole 7.2 Linux je rovněž zmíněn návod na připojení GPS přijímače. Velmi důležitá je podkapitola Testování aplikace, kde je popsáno testování aplikace přímo v terénu.

7.1 Windows

Aplikace má být multiplatformní, ale pod systémy Windows se objevila velmi podstatná závada. Nepodařilo se plně odladit komunikaci mezi GPS přijímačem a programem. Toto rozhraní tvoří převzatá knihovna, která ovšem sama o sobě funguje, ale v aplikaci se vyskytne špatné čtení právě v místě získání aktuálních informací z modulu. Nepodařilo se tuto závadu odstranit, tudíž aplikace pod Windows funguje pouze demonstrativně v podobě GPS vět uložených v řetězci, který se zpracovává jako aktuální informace z GPS přijímače. Ovšem jinak v aplikaci funguje vše (práce s mapou zobrazení pozice, ořez atd.) pouze data, která by měla pocházet z GPS přijímače, jsou smyšlená.

Výsledný vzhled je prakticky totožný s návrhem aplikace v kapitole 5.8 Uživatelské rozhraní, kde je přiložen i navrhovaný vzhled.

7.2 Linux

Ukázka aplikace pod Linuxem, konkrétně distribuce Ubuntu, je zobrazena dostatečně v následující kapitole Testování aplikace. Je důležité zmínit, že wxWidgets využívají služeb daného operačního systému a tudíž pod každým systémem bude mít aplikace jiný „kabát.“

Nejdůležitější zmínkou této kapitoly je návod na zprovoznění komunikace s GPS přijímačem [14]. Zde záleží na distribuci Linuxu, ale v podstatě princip je neustále stejný, přihlásit se jako root (tedy superuživatel) a změnit příkazem *chmod* práva přístupu k souboru pro všechny uživatele. Soubor se jmenuje */dev/ttyUSB0* nebo */dev/ttyACM0*, opět záleží na distribuci.

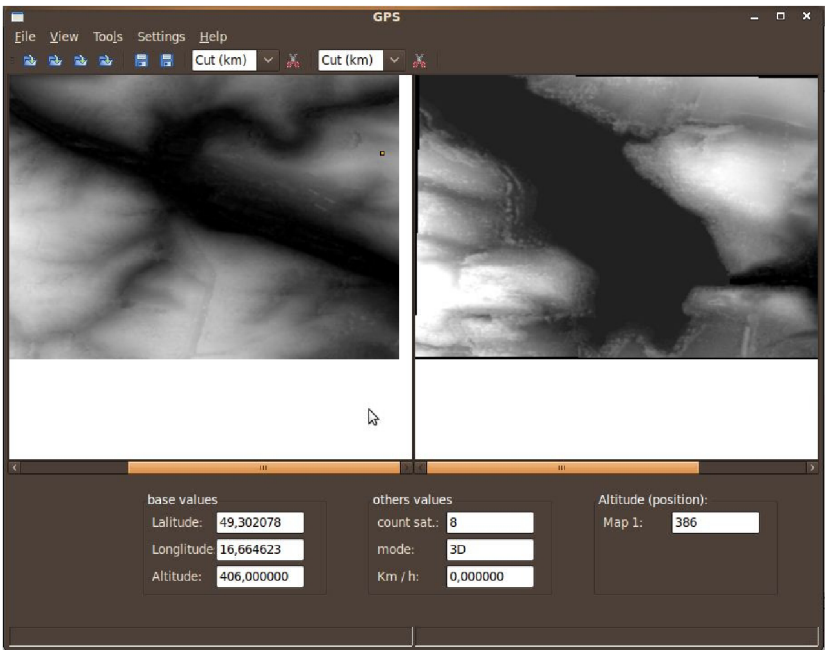
Pokud Linuxové GPS aplikace používají gpsd rozhraní, stačí napsat příkaz *gpsd -f /dev/ttyACM0*.

Pro všechny případy příkazem *cat /dev/ttyACM0* (nebo *...ttyUSB0*, v případě RS232 portu *...ttyS0*) dojde k ujištění správnosti nastavení tím, že se začnou vypisovat GPS věty (kapitola 4.1).

Ve všech případech číslo na konci souboru nemusí být vždy 0, ale i vyšší.

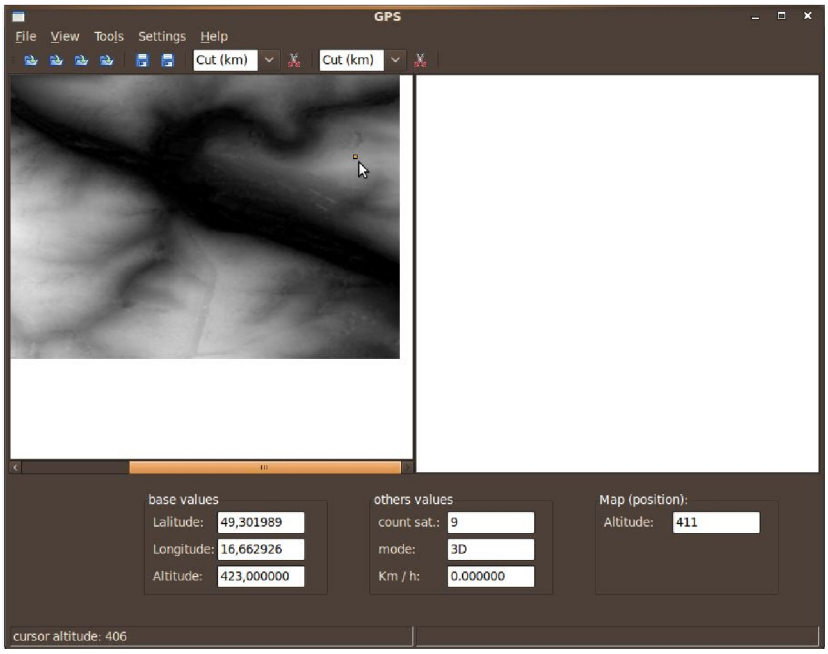
7.3 Testování aplikace

Testování probíhalo přímo v terénu, který obsahují mapy objednané v rámci projektu (kapitola 5.2). První zkouška byla na místě nazvaném „U tří dubů“ (obrázek 7.1). Místo má souřadnice 49,302078 severní šířky a 16,664623 východní délky.



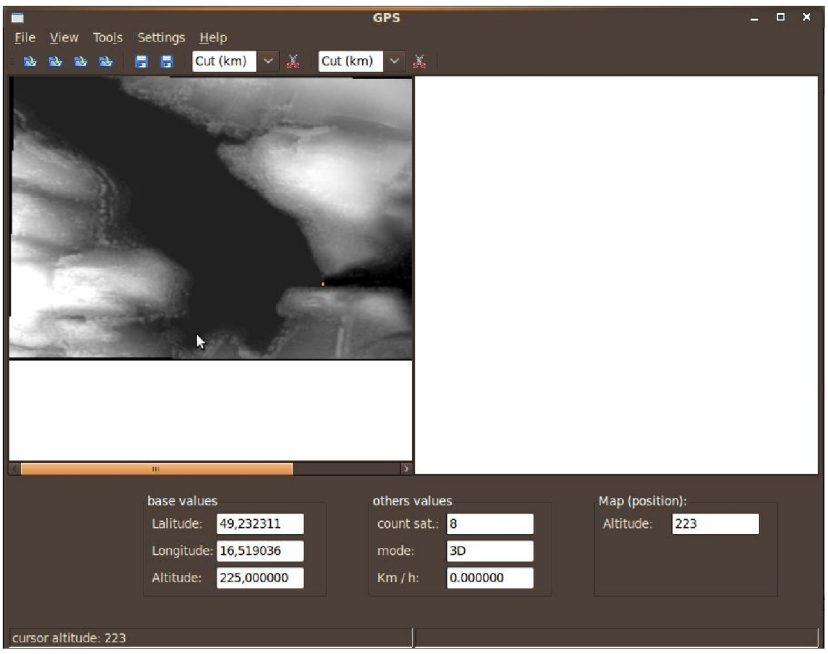
Obr. 7.1 Zkouška aplikace - U tří dubů

Následně byla aplikace vyzkoušena pár desítek metrů na vedlejším kopci (obrázek 7.2), který je znatelně vidět na mapě. Souřadnice místa jsou 49,301989 severní šířky a 16,664623 východní délky.



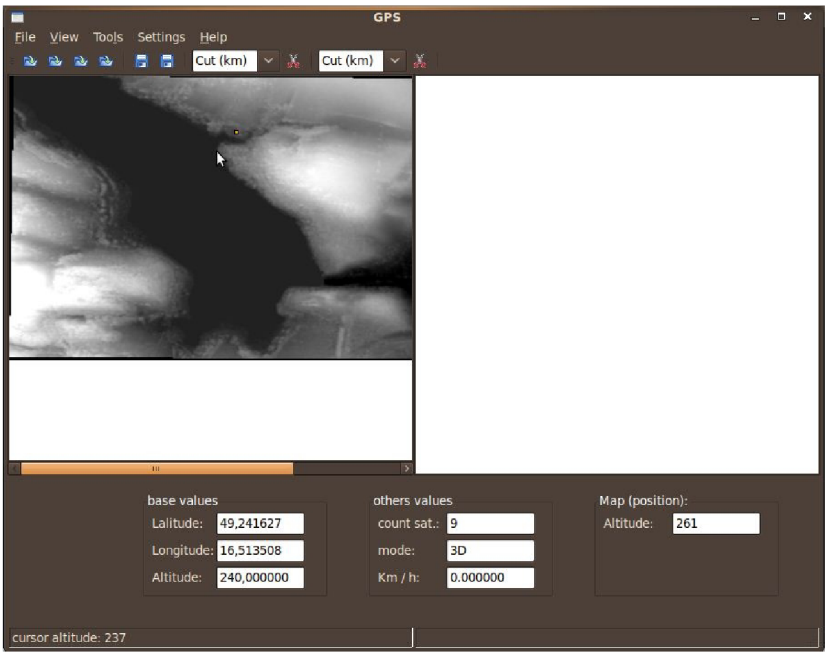
Obr. 7.2 Zkouška aplikace - kopec

Ohledně druhé mapy (Brněnská přehrada a blízké okolí) probíhalo testovaní u hráze přehrady (obrázek 7.3). Místo má souřadnice 49,232311 severní šířky a 16,519036 východní délky.



Obr. 7.3 Zkouška aplikace - hráz přehrady

Místo se souřadnicemi 49,241627 severní šířky a 16,513508 východní délky (obrázek 7.4) jsou hřiště, které se nacházejí severně od hráze.



Obr. 7.4 Zkouška aplikace - hřiště

U obou map je vidět, že úplně nesouhlasí údaje o nadmořské výšce z mapy a GPS přijímače. Je to z důvodu původního formátu map (kapitola 5.9) a také přesnosti map (přesnost je 10 metrů na pixel). Testování aplikace probíhalo na více místech. Zde jsou uvedeny pouze 4 z důvodu velikosti obrázků a také ostatní místa byla „uprostřed ničeho.“ Toto tvrzení platí například pro druhý případ první mapy, ale zde je ukázka rozdílu výšky dvou míst. Rozdíl výšek je záměrně zvolen malý (vybrán v terénu) z důvodu zkoušky přesnosti aplikace.

8 Závěr

Cílem projektu bylo navrhnout a následně realizovat aplikaci, která načte mapu, zobrazí aktuální pozici i s nadmořskou výškou za pomoci GPS přijímače, ze kterého se načtou informace a provede se ořez mapy okolo aktuální pozice. Důležité bylo také zvolit vhodné uložení mapy spolu s informacemi z důvodu dalšího použití mapy.

Aspekty, které popisuje zadání projektu, byly významně ovlivněny přesností map. Mapy obsahují území, které se neshoduje s informacemi uloženými v souborech (informace o souřadnicích) k těmto mapám. Problém je blíže popsán v práci. Nesrovnalosti ovlivnily důležitý bod zadání a sice zvolení uložení dat pro další použití map. Aplikace je nyní (plně) funkční pouze pro tento typ map. Vše je nachystáno pro práci se všemi druhy map, ale je zapotřebí vytvořit lepší zpracování (parser) informačních souborů ke všem druhům map. V současné chvíli není řešení realizováno z důvodu nemožnosti testování zmíněných map, které nebyly k dispozici.

Projekt je realizován programovacím jazykem C++ a toolkitem wxWidgets. Toto spojení bylo zvoleno v rámci rozhodnutí (nebylo přímo v požadavcích zadání) realizovat projekt multiplatformní aplikací. Aplikace multiplatformní je, ale bohužel se nepovedla plně odladit komunikace s GPS přijímačem v systémech Windows, která je realizována převzatou knihovnou. Knihovna sama o sobě funguje, ale v aplikaci se nachází problém právě při čtení aktuálních dat. Tudíž aplikace ve Windows je pouze demonstrativního charakteru, v podobě uložení smyšlených dat a jejich následné zpracování. Všechny požadavky zadání byly splněny, až na zmíněnou závadu. V Linuxu je aplikace plně funkční.

Aplikace tedy obsahuje možnost načíst mapu a její informační soubor. Dále umožňuje získání aktuálních informací za pomoci GPS přijímače a jejich následné zobrazení. Při správném načtení všech informací zobrazí aktuální pozici na mapě. Je možno vytvořit ořez mapy kolem dané pozice ve zvolené vzdálenosti. Uložení mapy s informačním souborem je samozřejmostí. Vše je ovladatelné jednoduchým uživatelským rozhraním.

Větší část projektu byla použita jako pomocný nástroj pro publikaci na mezinárodní konferenci v Košicích [1]. Následně bylo projektu (aplikaci) přidáno uživatelské rozhraní a další funkce. Vznikla aplikace, která se může dále rozvíjet v řadě funkcí v rámci práce s mapou (různé GIS funkce) nebo práci s dalšími GPS (případně GALILEO) moduly.

Celý projekt nabízí celou řadu možností rozšíření v podobě pokračování implementace GIS funkcí. Určitě je na místě dokončit projekt pro práci se všemi druhy map (zmínka v dodatku práce). Větší možností rozšíření je vytvoření z terénu map přímo mapu ve 3D a následném zobrazení aktuální pozice.

Literatura

[1] DVOŘÁK, R.; ZBOŘIL, F.; SRNEC, P. : *Adding a Rough Terrain to Atmospheric Pollutant Dispersion Model,* In: Proceedings of the Tenth International Conference of Informatics, Košice : 2009, s. 221-226.

[2] HORÁK, Miroslav. *Komunikace s navigačním systémem GALILEO.* Brno, 2009. Bakalářská práce. FIT VUT v Brně.

[3] KAHMEN, H.; FAIG, W. *Surveying.* University of Hanover : 1980.

[4] KREJČÍ, Richard. *Encyklopedie publikačních formátů.* [online]. 2004, [cit. 2010-05-06]. Dostupný z WWW <http://www.grafika.cz/art/polygrafie/enctiff.html>.

[5] MARŠÍKOVÁ, M.; MARŠÍK, Z. *Dějiny Zeměměřictví.* Praha : Libri, 2006.

[6] SMART, Julian, et al. Wxwidgets.org [online]. 2010 [cit. 2010-05-06]. WxWidgets 2.8.10. Dostupné z WWW: <http://docs.wxwidgets.org/stable/>.

[7] Direct-sequence spread spectrum In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-05-06]. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Direct-sequence_spread_spectrum>.

[8] Ephemeris In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-05-06]. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Ephemeris>.

[9] GPS Essentials of Satellite Navigation. [online]. 2009, [cit. 2010-05-06]. Dostupný z WWW: <http://www.u-blox.com/images/stories/Resources/gps_compendiumgps-x-02007.pdf>.

[10] GPS In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-05-06]. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/GPS>.

[11] *Libtiff.org* [online]. 2010 [cit. 2010-05-06]. LibTIFF - TIFF Library and Utilities. Dostupné z WWW: <http://www.libtiff.org/>.

[12] Navigation In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-05-06]. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Navigation>.

[13] NMEA UBX Protocol specification. 2009.

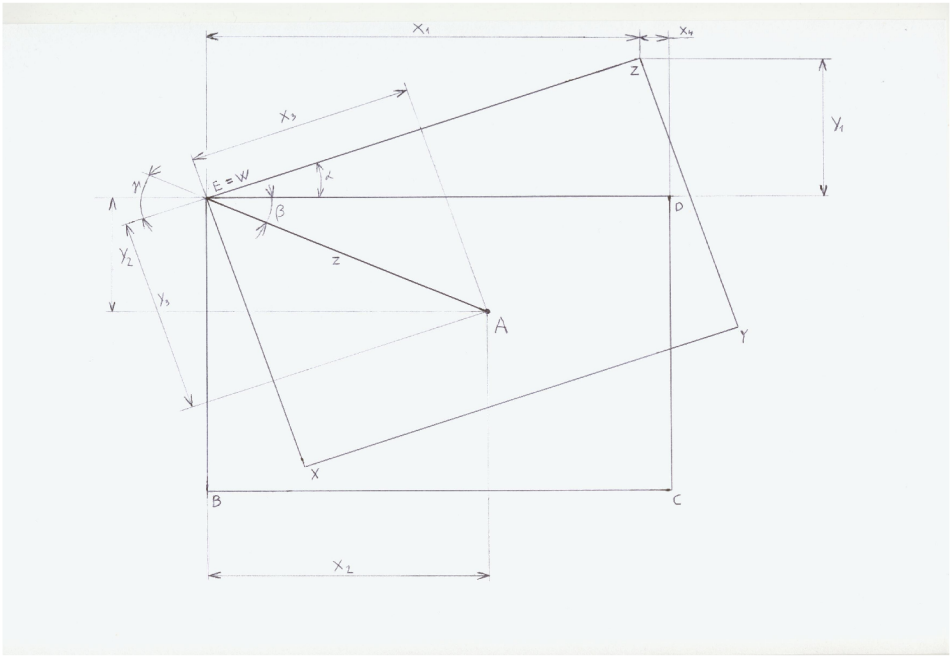
[14] USB_with_LINUX. [online]. 2008, [cit. 2010-05-06]. Dostupný z WWW: <http://www.u-blox.com/images/downloads/Product_Docs/USB_with_LINUX%28GPS.G4-CS-07059-A%29.pdf>.

[15] obr. 3.5 Určení pozice v 2D rovině, dostupný z WWW <http://gps.beril.cz/co-je-gps-charakteristika-gps.html>

1. Původní projekt

Prvotní projekt byl (pouze) konzolová aplikace pracující s volně dostupnou mapou, která ovšem ztrácela na přesnosti. Výstupem aplikace byl obrázek, který obsahoval ořez kolem naměřené pozice. Aplikace je přidána na přiloženém médiu ve složce *original_project*. Projekt je zapotřebí přeložit příkazem *make*. Aplikace je funkční pouze pod systémy Windows. Ve složce *map* je přiložená původní mapa, výsledný ořez se ukládá do složky *cut_map*.

Nejdůležitější je zmínit navržení a implementaci výpočtu pozice pro danou mapu(y). Tyto mapy jsou odlišné, jelikož jejich okraje nejsou rovnoběžné s poledníky (rovnoběžkami). Výpočet je znázorněn na obrázku ad. 1.1. Pozice je počítána z levého horního rohu, který je společný pro oba obdélníky znázorňující mapu a obdélník rovnoběžný se souřadnicemi. Využívá se vzdálenosti (z) od levého horního rohu k bodu určujícího pozici (A), která je pro oba obdélníky společná. Nejdříve je nutné vypočítat strany většího trojúhelníka (na obrázku strany x_1 a y_1).Výpočet je jednoduchý, odečtením obou souřadnic horních rohů od sebe (Zx – Wx a Zy - Wy). Následuje vynásobení konstantami (udávají počet kilometrů na zeměpisný stupeň v dané oblasti), což má za následek převedení souřadnic na kilometry (metry). Ihned poté je zapotřebí spočítat (Ax – Ex, Ay -Ey) strany trojúhelníka menšího (na obrázku strany x_2 a y_2,) rovněž vynásobené konstantou. Ze stran x_2 a y_2 se za pomoci Pythagorovy věty vypočítá přímou vzdálenost (označená z) od rohu k aktuální pozici (pozice je označena bodem A). Funkcí arcus tangens se spočítají úhly α (pomocí stran x_1 a y_1) a β (pomocí x_2 a y_2). Tyto úhly se sečtou a výsledkem je úhel γ, díky němuž a vzdálenosti z se spočítají strany x_3 (cos) a y_3 (sin), které se vydělí hodnotou určující počet kilometrů (metrů) na pixel. Strany x_3 a y_3 jsou souřadnice, v rámci mapy jako obrázku tedy hodnoty v pixelech, aktuální pozice (bod A) a podle tohoto bodu proběhne ořez počtu zadaných kilometrů. Hodnota x_4 není ve výpočtu uvažována.



Obr. 1.1 Výpočet pozice

Řešení převodu souřadnic na jednotky délky (kilometry, metry) v rámci vynásobení konstantami není použito v hlavním projektu práce z důvodu malé přesnosti a také nutnosti uložení zmíněných konstant pro celý svět. Původní projekt není moc přesný z důvodu nepřesné mapy, nepřesného výpočtu, jelikož je počítáno s vlastnostmi obdélníků a to pravoúhlosti rohů, která není stoprocentně zaručena a již zmíněných konstant.

Seznam příloh

Příloha 1. Původní projekt
Příloha 2. Manuál
Příloha 3. CD