



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

SENZORICKÝ SYSTÉM ROBOTU MINIDARPA

MINIDARPA ROBOT - SENZORIC SUBSYSTEM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

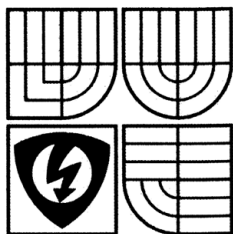
Bc. LUBOŠ SEDLÁK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. LUKÁŠ KOPEČNÝ, Ph.D.

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Kybernetika, automatizace a měření

Student: Bc. Luboš Sedlák

Ročník: 2

ID: 78328

Akademický rok: 2009/10

NÁZEV TÉMATU:

Senzorický systém robotu Minidarpa

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte elektroniku pro mobilní robot Minidarpa. Jde především o senzorický subsystém s ultrazvukovými čidly a diferenciální GPS.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

ŽALUD, L., KOPEČNÝ, L. Teleoperated Reconnaissance Robotic System. In SSRR 2004 - IEEE International Workshop on Safety, Security, and Rescue Robotics. Bonn - Germany, Fraunhofer-Gesellschaft. 2004. p. 1 - 6.

Termín zadání: 8.2.2010

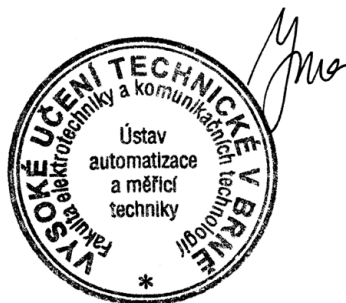
Termín odevzdání: 24.5.2010

Vedoucí práce: Ing. Lukáš Kopečný

Konzultanti diplomové práce:

prof. Ing. Pavel Jura, CSc.

předseda oborové rady



UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá senzorickým systémem mobilního robotu. V práci je popsána struktura a základy satelitní navigace. Jsou zde popsány jednotlivé systémy a zobrazení, jak WGS 84, tak i další systémy pro určení přesnější polohy na Zemi. Jedná se o EGNOS, WAAS a jiné. Blíže je popsána také diferenciální GPS a rozdělení korekcí.

Je navržen software GPS pro základní i vzdálenou stanici. Byly také vybrány a používány moduly pro příjem GPS a bezdrátové moduly pro jejich komunikaci.

Dále je v práci popisován projekt Open Street Map. Tento projekt je zde podrobněji popsán, dekodován, upraven a převeden do RNDF souboru.

Na závěr byla navržena funkce programu pro kameru, která pracuje na principu doby letu světla. Tato kamera je určena pro zjištění bezprostřední překážky před robotem a také pro 3D zobrazení prostoru před ním. Byl také navržen zdroj k této kameře.

KLÍČOVÁ SLOVA

Mobilní robot, EGNOS, WAAS, diferenciální GPS, Open Street Map, RNDF, TOF kamera, referenční stanice, vzdálená stanice

ABSTRACT

This master's thesis describes a sensorial subsystem of a mobile robot. The thesis mentions the structure and a basis of the satellite navigation. There are also described each systems and visualization techniques as e. g. WGS 84, including also other systems for specification of more accurate position on the Earth (EGNOS, WAAS and others). This thesis describes closely also a differential GPS and the corrections.

For the purposes of the thesis there has been assembled GPS software for a fundamental and a remote station. There have been chosen and used modules for receiving a GPS signal and wireless modules for their communication.

There are also used outcomes from the project of the Open Street Map in the thesis. Results of this project are described in details, decoded, adjusted and converted into RNDF file.

At the end of this thesis there has been composed a function of the program for portable camera which works on principle time of flight. This portable camera is dedicated to look for immediate barrier and also for 3D space view in front of the robot. This thesis also including the process how the power source has been built up for this portable scanner.

KEYWORDS

Mobile robot, EGNOS, WAAS, differential GPS, Open Street Map, RNDF, TOF scanner, Base station, Remote station

PROHLÁŠENÍ

„Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma *Senzorický systém robotu Minidarpa* jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

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

V Brně dne: **20. května 2010**

.....
podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Lukáši Kopečnému, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne: **20. května 2010**

.....
podpis autora

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SEDLÁK, L. *Senzorický systém robotu Minidarpa*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 62 s.

Vedoucí diplomové práce Ing. Lukáš Kopečný, Ph.D.

OBSAH

1. ÚVOD	11
2. STRUKTURA GPS	12
2.1 Kosmický segment.....	12
2.2 Pozemní řídicí segment.....	14
2.3 Uživatelský segment	15
3. SYSTÉMY A ZOBRAZENÍ.....	17
3.1 WGS 84.....	17
3.2 UTM.....	17
3.3 EGNOS	17
3.4 WAAS.....	19
3.4.1 Přesnost.....	19
3.4.2 Integrita.....	20
3.4.3 Pozemní segment.....	20
3.4.4 Kosmický segment.....	20
3.4.5 Uživatelský segment.....	20
3.5 Ostatní systémy	21
4. DIFERENCIÁLNÍ GPS.....	22
4.1 Princip DGPS	22
4.2 Přehled diferenčních metod	22
4.2.1 Korekce polohových souřadnic	22
4.2.2 Korekce zdánlivých vzdáleností	23
4.2.3 Korekce u uživatele	23
4.2.4 Korekce u referenční stanice	23
4.3 Stanice pro korekce.....	24
5. REALIZACE DGPS.....	25
5.1 Návrh DGPS	25
5.2 Použité GPS	26
5.2.1 Stručný popis funkce GPS	26
5.3 Bezdrátový komunikační modul	27
6. NÁVRH SOFTWARE DGPS.....	28

6.1	Struktura GPSSTRUCT	28
6.2	Base station	29
6.2.1	Popis programu	29
6.3	Remote station	33
6.3.1	Popis programu	33
7.	OPEN STREET MAP	38
7.1	Historie.....	38
7.2	Formát dat	38
7.2.1	Node.....	39
7.2.2	Way.....	39
7.2.3	Relation.....	40
7.2.4	Atribute	40
7.3	Úprava a dekodování OSM.....	41
7.3.1	Popis první části programu	41
7.3.2	Popis druhé části programu	43
8.	TOF SCANNER	49
8.1	Specifikace	49
8.2	Blokové schéma kamery	50
8.3	Návrh zdroje pro TOF kameru.....	51
8.3.1	Popis IO LM2576HVT-12.....	52
8.3.2	Návrh externích součástek.....	52
8.3.3	Schéma spínaného zdroje	53
8.3.4	Navržený plošný spoj spínaného zdroje	54
8.3.5	Seznam použitých součástek spínaného zdroje	54
8.3.6	3D model navrženého spínaného zdroje.....	55
8.4	Software pro TOF kameru	55
8.4.1	Popis funkcí	55
9.	ZÁVĚR.....	58
10.	SEZNAM LITERATURY.....	60
11.	SEZNAM PŘÍLOH	62

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 2-1 – Kosmický segment GPS [2].....	13
Obrázek 2-2 – Pozemský řídicí segment[9].....	14
Obrázek 2-3 – Modul GPS[19].....	16
Obrázek 3-1 – Mapa pozemních stanic EGNOS [5].....	19
Obrázek 3-2 – WAAS systém [10]	21
Obrázek 4-1 – Princip DGPS [2]	23
Obrázek 5-1 – Blokové schéma návrhu diferenciální GPS	25
Obrázek 5-2 – Přijímač DG14, firma Magellan[7].....	26
Obrázek 5-3 – Bezdrátový modul ELPRO 805U	27
Obrázek 6-1 – Ukázka výpisu programu pro Remote Station	37
Obrázek 7-1 – Export z Osmarenderu	47
Obrázek 7-2 – Export z Mapniku	48
Obrázek 7-3 – Ukázka aplikace OSM	48
Obrázek 8-1 – TOF scanner MESA SR3000[13]	49
Obrázek 8-2 – Obličej zachycený TOF scannerem [13].....	50
Obrázek 8-3 – Blokové schéma kamery [13]	51
Obrázek 8-4 – Schéma zapojení spínaného zdroje	53
Obrázek 8-5 – Modul spínaného zdroje.....	54
Obrázek 8-6 – 3D model modulu spínaného zdroje	55
Obrázek 8-7 – GUI pro kameru	57
Obrázek 9-1 – RoboKop	59

SEZNAM ZKRATEK

Zkratka/Symbol	Jednotka	Symbol
GPS	-	Global Position System
WGS	-	World Geodetic System
UTM	-	Universal Transverse Mercator
E	[°]	Easting
N	[°]	Northing
EGNOS	-	European Geostationary Navigation Overlay Service
SBAS	-	Satellite-based Augmentation System
DGPS	-	Diferencial Global Position System
WAAS	-	Wide Area Augmentation System network
MSAS	-	Multi-function Transport System
VAC	[V]	Střídavé napětí
VDC	[V]	Stejnoseměrné napětí
WRS		WAAS reference station
WMS		WAAS master station
MSC		Master Control Station
PPS		Precise Positioning Service
JOSM		Java open street map
TOF		Time of flight
ID		Identical number
RNDF		Road network definition file
PPS		Precise Positioning Service
SPS		Standard Positioning Service

1. ÚVOD

Diplomová práce se zabývá senzorickým subsystémem mobilního robota. GPS je globální navigační systém pro určení polohy kdekoli na zemském povrchu, bez ohledu na počasí nebo dobu měření. Dříve se jednalo o vojenský systém, vyvíjený a budovaný od roku 1973 ministerstvem obrany Spojených států. V průběhu let se dále vyvíjel a rozšiřoval a začátkem 90. let se stal plně funkčním a dostupným po celém světě. [20] V současné době je GPS používána snad ve všech oblastech, které mají něco společného s navigací.

Používání tohoto systému dosahuje přesnosti pouze několika metrů. Proto jsou zaváděny tzv. diferenciální GPS. Zlepšení přesnosti spočívá v použití dvou nebo více navzájem propojených přijímačů. První přijímač, tj. referenční stanice je umístěna v přesně stanoveném bodě. Při příjmu signálu z družic dochází k výpočtu korekcí, jejichž hodnota je posílána do vzdálených stanic pro zpřesnění jejich polohy. Tyto difference je možné získat také s využitím systémů SBAS jak evropským EGNOS, tak i americkým WAAS.

V této práci bude navržen software pro DGPS jako pro základní stanici, tak i vzdálenou. Program v základní stanici bude navržen pro vyčítání dat, jejich úpravu, zpřesňování polohy a inicializaci samotné GPS. A ve vzdálené stanici bude sloužit ke korektnímu připojení, převodu souřadnic do správného formátu, připojení, výpočtu vzdálenosti od určeného bodu a v neposlední řadě také k potřebné inicializaci. Bude proveden popis stanic pro příjem signálu a také bezdrátové moduly pro jejich komunikaci.

V další části diplomové práce bude popsán projekt Open Street Map. Projekt Open Street Map vznikl pro tvorbu volně dostupných geografických dat a následnou vizualizaci do topografických map. Bude vytvořen program pro dekódování dat, upravení, uložení do souboru a jejich následné převedení do RNDP formátu.

V poslední části bude navrženo rozšíření ultrazvukového systému o kameru, pracující na principu doby letu světla. Bude také navržen zdroj, protože zdroj umístěný na robotu nebude stačit napájet tento scanner.

2. STRUKTURA GPS

Družicová komunikace je velmi podobná terestrickým spojům. Rozdíl je v tom, že retranslační zařízení je umístěno v umělé družici pohybující se na oběžné dráze.[3] Využití umělé družice bylo poprvé navrženo autorem a vynálezcem Arthurem C. Clarkem. Ten navrhl umístit zařízení na družici, která se pohybuje okolo země jeden hvězdný (siderický) den. Tato družice by pak byla v tzv. geostacionární poloze. Nejméně tři družice by teoreticky mohli pokrýt celou zemi.

GPS zahrnuje tyto tři segmenty: kosmický segment, pozemský řídicí segment a uživatelský segment.

2.1 KOSMICKÝ SEGMENT

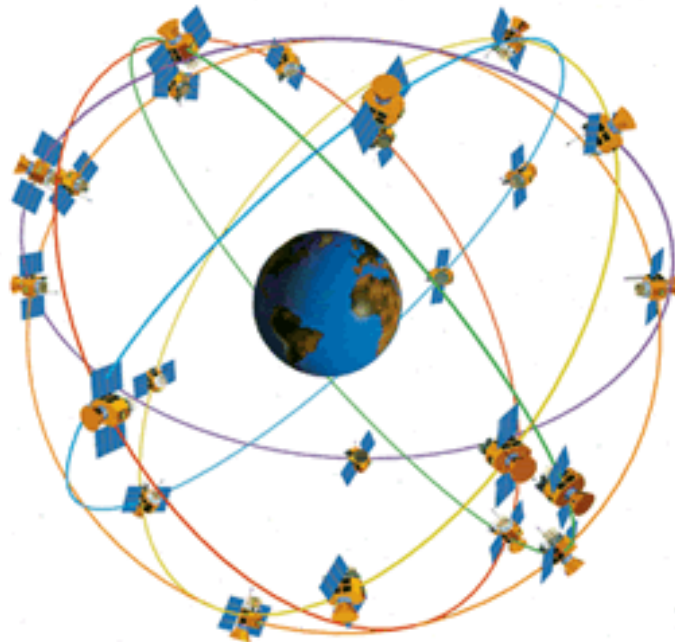
Kosmický segment využívá až 32 družic pro vysílání signálu. Původně bylo těchto družic 24. Tyto družice obíhají kolem Země ve výšce 20 200 km a jsou umístěny v šesti kruhových drahách a mají sklon 55° . Jednotlivé dráhy jsou posunuty o 60° a na každé je 5-6 družic. Původně byly 4 družice. Jednotlivé družice obíhají na střední oběžné dráze s rychlostí 3,8 km/s. Doba oběhu je polovina siderického dne tj. 11 h 58 min. Jednotlivé části družic NAVSTAR obsahují atomové hodiny, antény pro vysílání radiových kódů, antény pro vzájemnou komunikaci, detektory pro detekci balistických raket a solární panely pro napájení.

V Česku je nejčtenější viditelnost 8 družic (medián), minimum pak 6, maximum 12 družic, při elevační masce 10° .

Družice vysílají v pásmech, která jsou zvolena záměrně tak, aby byla minimálně ovlivněna meteorologickými vlivy. Přiděleno je několik frekvencí a každé frekvenci odpovídá jeden vysílací kanál[1]

- L1 (1575,42 MHz), kde je vysílán C/A kód je dostupná pro civilní uživatele, dále je šířen vojenský P(Y) kód, který je šifrovaný a přístupný pouze pro autorizované uživatele. Družice bloku IIR-M a novější jsou připraveny vysílat vojenský M kód.
- L2 (1227,62 MHz), kde je vysílán vojenský P(Y) kód. Družice bloku IIR-M a novější jsou připraveny vysílat vojenský M kód a civilní C kód.

- L3 (1381,05 MHz) od bloku družic IIR vysílá signály, které obsahují data monitorování startů balistických raket, detekci jaderných výbuchů a dalších vysokoenergetických zdrojů. Program náleží k The United States Nuclear Detonation (NUDET) a United States Nuclear Detonation Detection System (USNDS).
- L4 (1841,40 MHz) se využívá pro měření ionosferické refrakce. Průchod signálu ionosférou způsobuje zpoždění radiového signálu, která se promítá do chyb při určení polohy. Toto ionosférické zpoždění lze eliminovat, jestliže měříme zpoždění na dvou kmitočtech, nebo získáním korekcí.
- L5 (1176,45 MHz) se plánuje jako civilní Safety-of-life (SoL) signál. Tato frekvence spadá do mezinárodně chráněné oblasti letecké navigace, ve které je malé nebo žádné rušení za všech podmínek. S vypuštěním první družice bloku IIF, který bude poskytovat tento signál, se počítá na rok 2009.



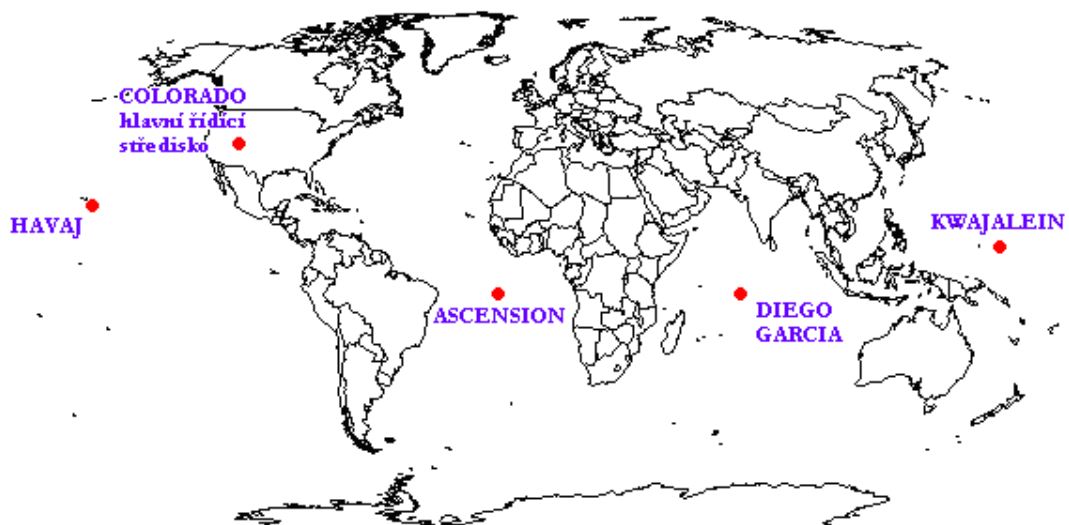
Obrázek 2-1 – Kosmický segment GPS [2]

2.2 POZEMNÍ ŘÍDICÍ SEGMENT

Tento segment sleduje kosmický segment, provádí manévry na družicích, zasílá povely a spravuje hodiny.

Skládá se z části [1]:

- Velitelství - Navstar Headquarters na letecké základně Los Angeles v Californii v USA.
- Řídicí středisko - (MSC, Master Control Station), na letecké základně Schriever USAF v Colorado Springs, 2nd Space Operations Sq. Záložní řídicí středisko (BMCS, Backup Master Control Station) umístěné v Gaithersburg (Maryland, USA) přebírá cvičně 4× do roka řízení systému, v nouzi je připravena do 24hodin.
- Povelové stanice - umístěny na základnách USAF: Kwajalein, Diego Garcia, Ascension Island případně i Cape Canaveral.
- Monitorovací stanice - umístěny na základnách USAF: Havaj, Colorado Springs, Cape Canaveral, Ascension Island, Diego Garcia, Kwajalein a dále stanice spravující NGA: Fairbanks (Aljaška), Papeete (Tahiti), Washington D.C. (USA), Quito (Ekvádor), Buenos Aires (Argentina), Hermitage (Anglie), Pretoria (Jižní Afrika), Manama (Bahrain), Osan (Jižní Korea), Adelaide (Austrálie) a Wellington (Nový Zéland)



Obrázek 2-2 – Pozemský řídicí segment[9]

2.3 UŽIVATELSKÝ SEGMENT

V tomto segmentu se vyskytují všichni uživatelé, kteří se připojí pomocí GPS přijímače. Ten dostává signály od družic, které jsou v dané chvíli přijímačem viděny. Přijímá data, pomocí kterých je schopen zjistit polohu, přesný čas, datum a nadmořskou výšku, popř. jiné důležité informace. Komunikace je jednosměrná a to od vysílače k přijímači.

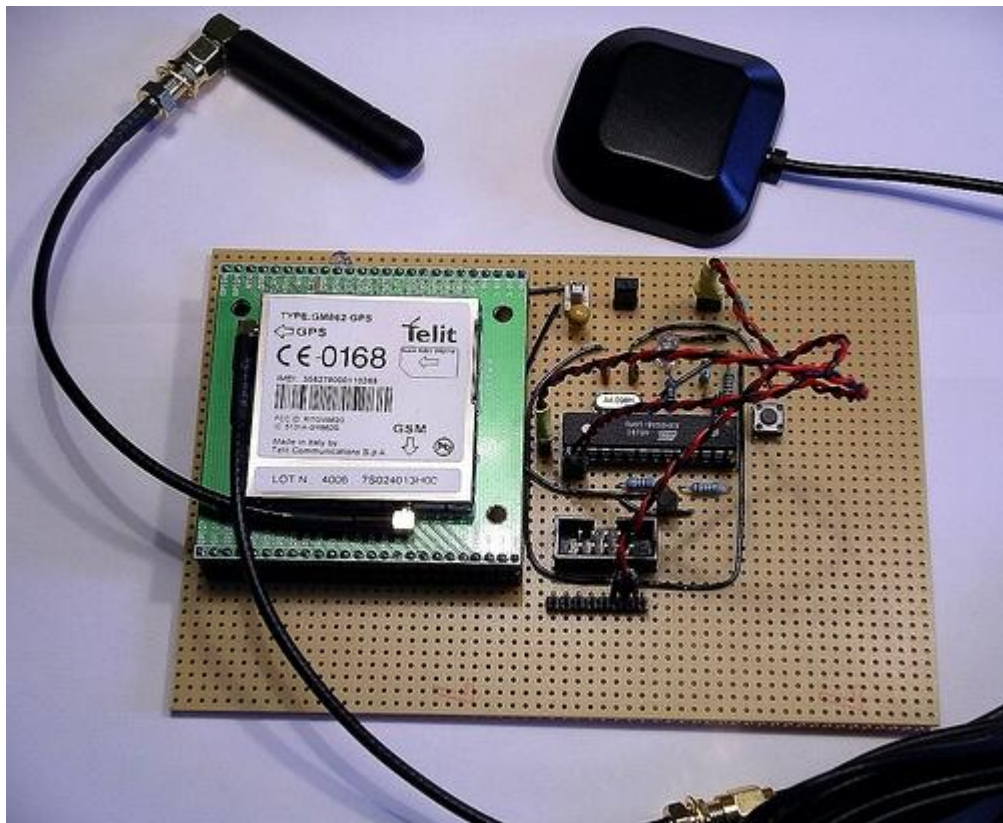
Uživatelé využívající systém GPS můžeme rozdělit do dvou skupin[1]:

- autorizovaní uživatelé (vojenský sektor USA a vybrané spojenecké armády) využívající službu Precise Positioning Service (PPS) mající k dispozici dekódovací klíče k P(Y) kódu na frekvencích L1 a L2. Tito uživatelé mají zaručenou vyšší přesnost systému. Uplatňují se především v aplikacích:
 - podpora velení a vojáků v poli
 - doprava
 - navádění zbraňových systémů
 - vojenská geodézie a mapování
 - přesný čas (<10-7s)
- ostatní uživatelé (především civilní sektor) mohou využívat Standard Positioning Service (SPS) a mají k dispozici C/A kód na frekvencích L1. Přijímače vyrobené v USA nesmějí být exportovány, pokud nemají nastavená omezení výšky do 18 km (60 000 ft) a rychlosti do 515 m/s (1 000 knots).[18] Tyto limity vychází z prevence možného zneužití jako systému orientace v prostoru ve zbraních obdobných balistickým raketám nebo střelám s plochou dráhou letu. Typickými profesemi a odvětvími civilních uživatelů jsou:
 - doprava (pozemní doprava, letectví, námořnictvo, kosmické lety)
 - geologie a geofyzika
 - geodézie a geografické informační systémy
 - archeologie
 - lesnictví a zemědělství
 - turistika a zábava

- přesný čas ($<10^{-6}$ s)

Běžně dostupné přijímače k amatérskému (tj. negeodetickému a nevojenskému) využití se vyrábí jako jednofrekvenční, vícekanálové a kódové. Jednoduchý přijímač signálu GPS se skládá z:

- antény
- předzesilovače
- procesoru
- časové základny (často křemíkový krystal o přesnosti $<10^{-6}$ s)
- komunikačního rozhraní



Obrázek 2-3 – Modul GPS[19]

3. SYSTÉMY A ZOBRAZENÍ

3.1 WGS 84

Jedná se o vojenský souřadnicový systém používaný státy NATO. Referenční plochou je elipsoid WGS 84. Použité kartografické zobrazení se nazývá UTM (Univerzální Transverzální Mercatorovo). Systém má počátek v hmotném středu Země (s přesností cca 2 m) – jedná se o geocentrický systém. Osa Z je totožná s osou rotace Země v roce 1984. Osy X a Y leží v rovině rovníku. Počátek a orientace jeho os X,Y,Z jsou realizovány pomocí 12 pozemských stanic se známými přesnými souřadnicemi, které nepřetržitě monitorují dráhy družic systému GPS-NAVSTAR. [3]

3.2 UTM

Zobrazení UTM je příčné konformní válcové Mercatorovo zobrazení poledníkových pásů. Každý pás má vlastní souřadnicovou soustavu. Osa N je vložena do obrazu osového poledníku. Osa E je vložena do obrazu rovníku. Střední poledník šestistupňového pásu má zkreslení 0,9996, tedy vliv je – 40 cm/km. Mezi dvěma nezakreslenými poledníky se délky zkracují, vně se prodlužují. Na okraji činí vliv zkreslení + 17 cm/km.

Určení polohy bodu pomocí E, N však není jednoznačné. Musí se doplnit informace, ve kterém šestistupňovém pásu se bod nachází. K přesné lokalizaci polohy bodu se používá hlásná síť UTM. Systém hlásné sítě UTM je založen na kombinování obrazu prostorové zeměpisné sítě, který je členěn do sférických čtyřúhelníků a obrazu rovinné sítě s členěním do 100 km čtverců. Jedná se o zobrazení částí elipsoidu do roviny, a tudíž lze měřit vzdálenost bodů pomocí Pythagorovy věty. [3]

3.3 EGNOS

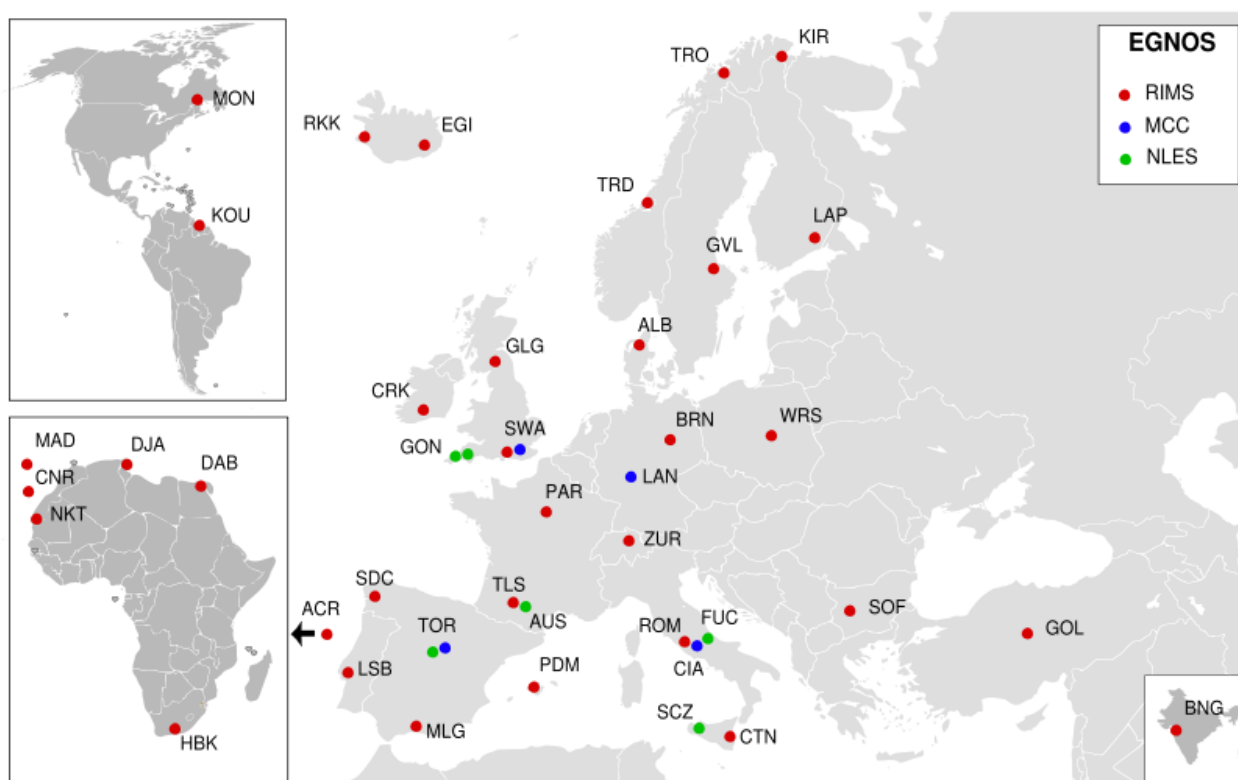
EGNOS(European Geostationary Navigation Overlay Service) je aplikace systému SBAS (Satellite Based Augmentation System), který doplňuje a vylepšuje vlastnosti GPS v Evropě.[5]Systém používá 34 monitorovacích pozemských stanic a

několik geostacionárních družic. Pozemské stanice dostávají korekce, které jsou posílány pomocí družic k uživatelům. Každá stanice monitoruje signály ze všech viditelných družic GPS (a dokonce i ruských GLONASS). Výsledek monitorování je průběžně předáván zabezpečenou datovou sítí do jednoho ze tří hlavních řídicích center MCC. Z nich jedno pracuje, dvě jsou záložní. V řídicím centru jsou převzatá data zpracovávána. Výsledkem zpracování je informace o stavu družic GPS a o chybách měření zaviněných stavem zemské ionosféry, což je hlavní příčina chyb měření. Data jsou pak sítí předána třem vysílacím stanicím. Vysílací stanice jsou z bezpečnostních důvodů zdvojeny. Každá vysílací stanice předává data »svému« satelitu na geostacionární oběžnou dráhu, tedy nad rovník. Jedná se o dvě družice známého komunikačního systému INMARSAT. Jeden satelit (Inmarsat III) je nad Atlantikem - na 15,5° západní délky - a druhý (Inmarsat III) nad Indickým oceánem - na 64° východní délky. Vloni se dostal na geostacionární dráhu třetí satelit - ESAARTEMIS. Je umístěn nad Afriku mezi oba Inmarsaty na 21,5° východní délky. Tyto satelity vracejí data zpět k Zemi. Ruční přijímač tato data načítá a koriguje podle nich údaje přijaté ze satelitů GPS. V praxi by měla být chyba alespoň v 95 % měření menší než 1,5 metru.

Hlavní přínos je přesnější určení polohy a varování při poruše GPS. Hlavní korekce[5]:

- Informace o integritě GPS
- Dlouhodobá odchylka družic od jejich předpokládaných drah
- Dlouhodobé a krátkodobé odchylky atomových hodin družic
- Parametry pro ionosférický model
- Almanach a navigační zpráva EGNOS družice

Družice tohoto systému se vyskytují v našem podnebí nízko nad horizontem, a tudíž lze úspěšně používat především v leteckém provozu. [11]



Obrázek 3-1 – Mapa pozemních stanic EGNOS [5]

3.4 WAAS

Wide Area Augmentation System je navigace, kterou pomáhá vyvinout Federální letecká správa, pro rozšíření GPS, s cílem zlepšení její přesnosti, integrity a přístupnosti. Používá síť pozemních referenčních stanic v Severní Americe a Havaji pro měření malých výchylek z GPS signálů. Tato měření jsou posílána řídicím stanicím, které dané korekce přijímají a posílají je ve tvaru korigovaných zpráv na geostacionární družici WAAS. Toto posílání probíhá každých pět sekund. Satelity zpětně vysílají zprávy zpět na zemi, kde GPS přijímače, které podporují tento systém, přijmou korekce a použijí je ke zlepšení přesnosti.

3.4.1 Přesnost

WAAS poskytuje přesnost okolo 7,6 metrů nebo lepší. Podle aktuálního měření je systém schopen poskytnout lepší přesnost než 1 metr horizontálně a 1,5 metrů vertikálně ve většině sousedících států Severní Ameriky, Kanadě a Aljašce.

3.4.2 Integrita

Integrita navigačního systému zahrnuje schopnost poskytnout včasné varování, když signál poskytuje nepřesná nebo zavádějící data, která mohou způsobit určitá rizika. Tato specifikace požaduje detekci chyb v GPS nebo WAAS síti a upozorní uživatele během 6,2 sekund.

3.4.3 Pozemní segment

Pozemní segment je složen z několika pozemních referenčních stanic (WRS). Tyto stanice monitorují a seskupují informace o GPS signálu a posílají data třem hlavním pozemním stanicím (WMS) použitím pozemní komunikační sítě. Referenční stanice také monitorují signály z geostacionárních družic. Za pomoci použitých dat z referenčních stanic generují hlavní pozemní stanice dvě rozdílné sady korekcí: rychlou a pomalou. Rychlé korekce jsou určeny pro chyby, které se rychle mění a týkající se v první řadě okamžitých pozic a odchylek času. Pomalé korekce zahrnují dlouhodobé odhady časových odchylek, které jsou způsobené zpožděním v ionosféře.

Pozemní segment obsahuje 38 referenčních stanic:

- 20 v souvislých Spojených Státech
- 7 v Aljašce
- 1 na Havai
- 1 v Puerto Ricu
- 5 v Mexiku
- 4 v Kanadě

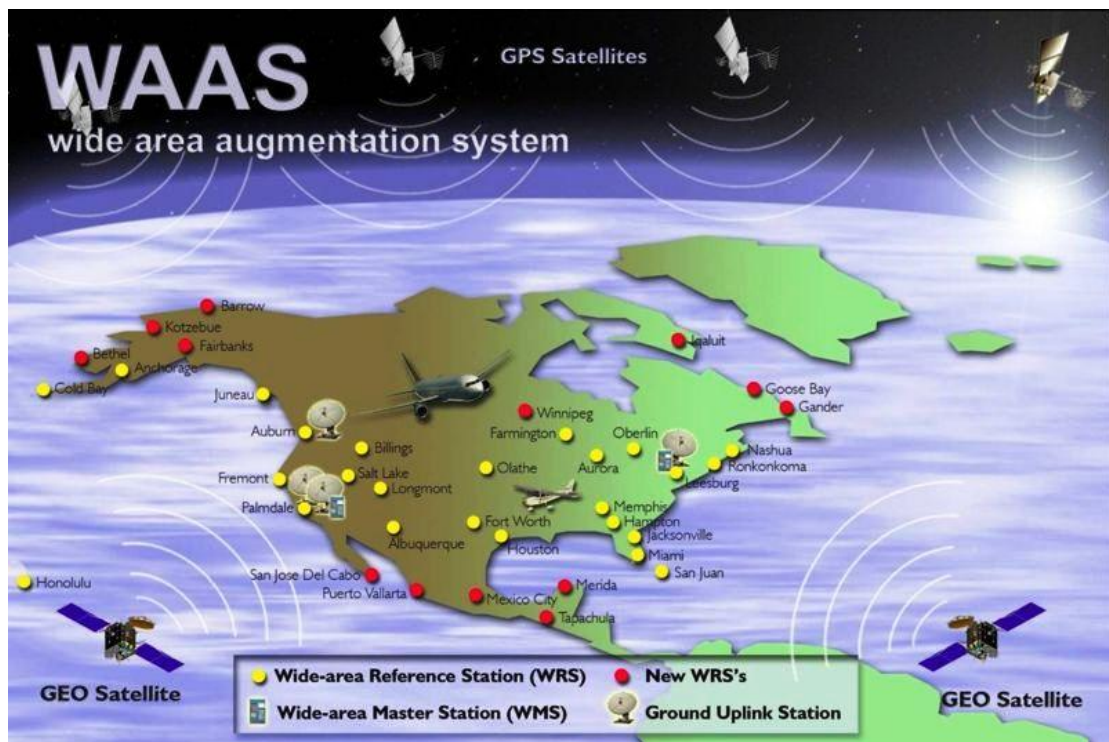
3.4.4 Kosmický segment

Kosmický segment sestává z několika komunikačních družic, které přeposílají korekční zprávy generované hlavními pozemními stanicemi pro příjem v uživatelském segmentu. Tyto družice také posílají stejné typy informací jako normální GPS družice.

3.4.5 Uživatelský segment

V uživatelském segmentu jsou GPS a WAAS přijímače, které používají informace vysílané z každé GPS družice pro určení jejich pozice a přesného času a

také přijímají korekce od družic. Tyto dva druhy korekcí jsou užívány v rozdílných způsobech. Přijímač dokáže okamžitě použít rychlá korekční data, která upravují pozici a časová data a určují jejich pozici. Pomalá korekční data závisí na zpoždění v ionosféře. Jakmile signál putuje z družice do přijímače, nastává zpoždění a tyto data dokážou korigovat toto zpoždění, které vzniklo průchodem ionosféry. Zatímco pomalá data mohou být obnovována každou minutu, tyto odchylky nesmí být měněny tak často, stačí, budou-li obnovena každé dvě minuty a jsou považována za platná až šest minut. [10]



Obrázek 3-2 – WAAS systém [10]

3.5 OSTATNÍ SYSTÉMY

MSAS – Japonsko, je použit pro letectvo od roku 2007. Přesnost by měla být okolo 1,5 – 2 metry

GAGAN – Indie, projekt byl implementován ve třech fázích v roce 2008. Poskytování navigační podpory pro všechny fáze letu ve vzdušném prostoru Indie a sousedících oblastí. Poslední fáze by měla být pravděpodobně v květnu, roku 2011. Přesnost by měla být okolo 3 metrů.

4. DIFERENCIÁLNÍ GPS

Diferenciální GPS (DGPS) je jeden ze způsobů, kterým lze zpřesnit výsledky měření v systému GPS[1]. Tato metoda využívá toho, že rozdíly údajů změřených dvěma nevzdálenými přijímači jsou zatíženy menší chybou než samostatné údaje. Diferenční metody umožňují přesné měření vektorů mezi dvěma nebo více blízkými přijímači[2].

4.1 PRINCIP DGPS

Budou-li dva nepřilíživě vzdálené přijímače přijímat signál od družic, budou na ně působit podobné vlivy, tj. signál se šíří po téměř shodné dráze a zpoždění bude taktéž shodné. Nyní lze použít další GPS přijímač do bodu se známou polohou a označit ho jako referenční stanici. Referenční stanice zná přesně svoji polohu a je schopna na základě odchylky měření skutečného stavu od přijímaného signálu vypočítávat korekce. Tyto korekce jsou ovšem použitelné pouze za předpokladu, že jsou efemeridy družice stejné jako pro výpočet korekcí u referenčních stanic. Tuto korekci je poté nutno poslat z referenční pozice k pozorovateli. Pomocí korekcí dojde k částečnému potlačení chyby pozice.

4.2 PŘEHLED DIFERENČNÍCH METOD

Metody lze rozdělit podle údajů, které v systému korigují, kdy nebo kde se tato korekce provádí.

4.2.1 Korekce polohových souřadnic

Jedná se o nejjednodušší metodu pro výpočet korekcí a jejich použití. Souřadnice o poloze poskytuje jakýkoliv přijímač. Podstatná podmínka pro zajištění správné funkce je, aby referenční stanice i pohyblivá stanice používaly stejné družice pro zjištění polohy. Toto se nedá moc dobře použít v prostředí se členitým terénem. Další problém je při příjmu efemerid. Každý přijímač je může přijmout v jiném pořadí a tím dojde k možné chybě korekce.

4.2.2 Korekce zdánlivých vzdáleností

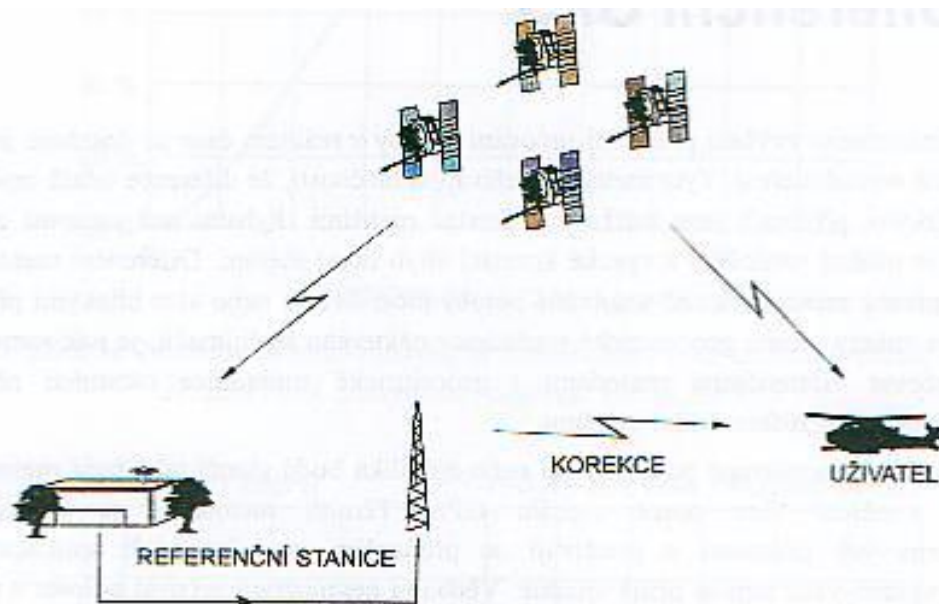
Daleko použitelnější je diferenční metoda s korekcí zdánlivých vzdáleností. Referenční stanice používá pro korekce všechny viditelné družice, a proto podmínka pro stejné družice odpadá. Pro toto nelze ovšem použít standardní přijímače. Referenční stanice, která vysílá korekce, musí být spárována s pohyblivou stanicí, která korekce přijímá.

4.2.3 Korekce u uživatele

V tomto případě se posílají korekce z referenční stanice a u uživatele jsou následovně použity ke zpřesnění. Jelikož má být zpřesněná poloha k dispozici uživateli, není nutno používat jinou metodu. Toto se používá u obsluhy velkého počtu uživatelů s jednou referenční stanicí.

4.2.4 Korekce u referenční stanice

V tomto případě probíhá přenos od uživatele k referenční stanici. Přenášejí se změřená data a na základě měření referenční stanice se zpřesňují. Používá se např. při sledování pohybu uživatelů.



Obrázek 4-1 – Princip DGPS [2]

4.3 STANICE PRO KOREKCE

Aby byl systém schopen určování polohy, je třeba, aby byly souřadnice referenční polohy přesně známy. Referenční stanice potřebuje ke své funkci taky čas jako čtvrtý rozměr. Způsob určení diferencí souvisí s časovou základnou v referenční stanici. Toto lze rozdělit na:

- Stanice s časovým etalonem
- Stanice se stabilním oscilátorem
- Stanice s nestabilním oscilátorem

Pro danou stanici je třeba použít jiný způsob generování korekcí.

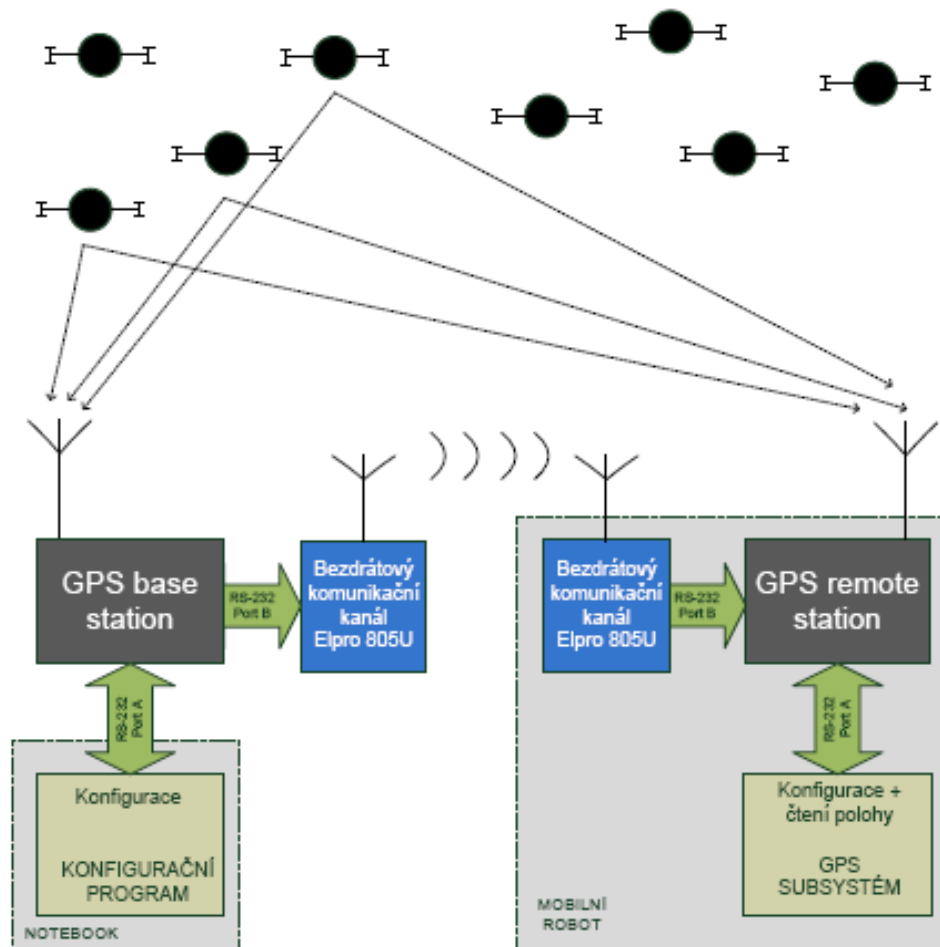
Pokud má referenční stanice časový etalon, dokáže změřit skutečnou dobu šíření signálu a určit vzdálenost mezi referenční stanicí a družicí. Doba platnosti korekce závisí na umělém zpřesnění. Doba platnosti korekce se pohybuje mezi jednou až několika desítkami sekund. Starší korekce mohou způsobit i chybu.

Jako častější použití se vyskytuje stanice s oscilátorem, z důvodu finanční náročnosti u stanice s časovým etalonem. Všechna měření se tudíž provádí vzhledem k volně běžící časové základně. Referenční stanice neměří skutečnou vzdálenost, ale pouze zdánlivou. Podmínka pro stanice s nestabilním oscilátorem je ta, že je potřeba mnohokanálové přijímače pro provedení měření ke všem viditelným družicím a na tomto základu určí sadu korekcí i jejich derivací, která se přenese k uživateli. Tato měření musí proběhnout vždy ve stejném čase, jinak by mohlo dojít k velké chybě měření.

K odstranění určení sady korekcí ve stejném čase lze použít základnu, která používá stabilní oscilátor. Oscilátor časové základny referenční stanice může mít takovou stabilitu, že lze považovat kmitočet za stabilní alespoň po dobu platnosti korekce.

5. REALIZACE DGPS

5.1 NÁVRH DGPS



Obrázek 5-1 – Blokové schéma návrhu diferenciální GPS

Návrh diferenciální GPS je zobrazen na Obrázek 5-1. Skládá se ze dvou modulů, jeden modul bude umístěn na mobilním robotu a druhý modul, tzv. referenční stanice bude umístěna na místě o známých souřadnicích.

Modul umístěný na robotu obsahuje bezdrátový komunikační kanál, který bude propojen přes RS 232 do přijímače GPS, který bude nastaven jako pohyblivý. Tento modul obsahuje program pro konfiguraci GPS a čtení aktuální polohy. Pomocí

tohoto programu bude možno konfigurovat GPS a nastavit větu, kterou má přijímač posílat a pomocí ní určit správnou polohu rychlost a čas. Ve druhém, referenčním modulu, bude umístěn GPS přijímač, bezdrátový komunikační modul a notebook, resp. program pro zjištění aktuální polohy a konfiguraci referenční stanice. Tento referenční modul bude obsahovat také program, který upřesní správnou polohu referenční stanice. Korekce se budou automaticky posílat pohyblivému modulu umístěnému na mobilním robotu.



Obrázek 5-2 – Přijímač DG14, firma Magellan[7]

5.2 POUŽITÉ GPS

Pro návrh diferenciální GPS byly použity přijímače DG14, firma Magellan. Zpracovává jak signály GPS, tak systém SBAS, WAAS, EGNOS, MSAS a také signály z majáku, který poskytuje okamžitou pozici, rychlost a čas.

5.2.1 Stručný popis funkce GPS

Ihned po připojení napájení proběhne test vnitřní paměti a poté probíhá test ostatních částí. Po testu proběhne inicializace volatilní paměti RAM. Nebude-li

připojena baterie k paměti, dojde ke ztrátě uložených dat a poté probíhá vyhledávání všech satelitů, které jsou viditelné.[6]

Při sledování jednoho satelitu přijme přijímač pouze časovou referenci z družice. Při příjmu 3 satelitů dokáže vypočítat polohu a rychlost. Bude-li přijímat 4 a více satelitů lze vypočítat i výšku.

Přijímač je schopen zpracovávat až 20 měření za cyklus, tj. 20Hz. Modul může být napájen 5 VAC.

Více informací o tomto přijímači lze nalézt na stránkách výrobce[6].

5.3 BEZDRÁTOVÝ KOMUNIKAČNÍ MODUL

Pro bezdrátový přenos mezi oběma GPS přijímači byl použit komunikační modul 805U Radio Modem od firmy ELPRO Technologies. Tento modul bude použit jak pro vysílač, tak pro přijímač. Komunikace je možná přes dvě rozhraní: RS 232 nebo RS 458. Radiový přenos je realizován na frekvenci 869 MHz, šířka kanálu je 250 kHz. Dosah na volném prostranství je okolo 5000 m.

Modul může být napájen 10 – 30 VDC nebo 13 – 24 VAC.



Obrázek 5-3 – Bezdrátový modul ELPRO 805U

6. NÁVRH SOFTWARE DGPS

Řídicí software pro Base station a Remote station slouží k nastavení parametrů jednotlivých GPS, vyčítání vět, zpřesňování polohy u Base station a převádění jednotlivých vět do správného formátu.

Byly vytvořeny dva nezávislé programy pro obsluhu Base station a Remote station. Pro vytvoření těchto programů bylo použito vývojové prostředí Microsoft Visual Studio 2008. Programy jsou navrženy jako konzolová aplikace z důvodu použití a implementování jednotlivých funkcí v nadřazeném systému, který má samostatné grafické prostředí, proto je výhodnější pouhé vložení funkcí než přepisování a úprava stávajícího kódu.

V následujících kapitolách se budeme zajímat o popis jednotlivých funkcí a struktury.

6.1 STRUKTURA GPSSTRUCT

Byla vytvořena struktura GPSSTRUCT, která obsahuje všechny důležité a potřebné proměnné pro správný chod programu a samotné GPS. Jednotlivý popis proměnných:

<i>double d_cas</i>	čas příchodu dané větý, <i>d_cas</i> je ve tvaru hhmmss.ss
<i>double d_sirka</i>	souřadnice zeměpisné šířky, která je ve tvaru uu.mmmmm
<i>double d_delka</i>	souřadnice zeměpisné délky, které je ve tvaru uuu.mmmmm
<i>double d_vyska</i>	zeměpisná výška, která je ve tvaru uuuuuu.mm
<i>double d_uhel</i>	azimut ve tvaru od 0 – 359,59 °
<i>double d_rychlost</i>	rychlost, ve tvaru km/h
<i>double d_utm_x</i>	UTM x-ové souřadnice
<i>double d_utm_y</i>	UTM y-ové souřadnice
<i>int i_korekce</i>	příjem korekcí 0/1 N/A
<i>int i_pocetsat</i>	počet viditelných družic

string s_sirkasektor N/S, severní/jižní polokoule

string s_delkasektor E/W, východní/západní polokoule

UTM je takzvaný Univerzální Transverzální Mercatorův systém souřadnic. Tento systém slouží k určování polohy na povrchu Země založený na mřížkách. Od systému latitude – longitude se liší v několika směrech.

Nejedná se o jedno mapové zobrazení, ale o síť šedesáti zón zobrazených pomocí transverzálního Mercatorova zobrazení. Jelikož se jedná o zobrazení částí elipsodu do roviny, lze na mapách v UTM měřit vzdálenost dvou bodů pomocí Pythagorovy věty. Ale pouze v případě, že oba body leží ve stejné zóně.

Střed souřadnic je pro každou zónu jiný a tvoří jej průsečík středového poledníku zóny s rovníkem. Od tohoto bodu se měří vzdálenosti v metrech po ose X rostoucí od středového poledníku směrem na východ (easting) a po ose Y rostoucí od rovníku směrem na sever (nording) [14]

6.2 BASE STATION

Byl vytvořen program pro Base Station. Slouží pro korektní připojení ke GPS pomocí třídy TSerial, lze také pomocí něj nastavovat věty, které má stanice přijímat. Realizováno bylo také vyčítání potřebných vět pro další zpracování, zpřesňování vyčtených a upravených dat a v neposlední řadě ke správné inicializaci stanice.

6.2.1 Popis programu

6.2.1.1 Int ConnectAndGetSentence (string identifikator, vector <string> &values)

Funkce slouží k připojení k GPS za pomoci třídy TSerial a uložení jednotlivých dat, právě zvolené věty, do vektoru stringu. Rychlost komunikace byla nastavena na 9600 baudu, bez parity. Mezi vstupními parametry funkce jsou *identifikator*, to znamená věta, kterou bude vyčítat. Například – „\$GPGGA“ Jako výstupní parametr je vector stringu, kam se ukládají jednotlivé hodnoty. Při správném připojení a nalezení dané věty, funkce vrací hodnotu TRUE a v opačném případě FALSE.

6.2.1.2 int ConnectAndSetSentence (string Sentence)

Tato funkce slouží k nastavení věty, kterou má stanice přijímat. Nejdříve se připojí k GPS pomocí třídy TSerial a funkce Connect. U této funkce se nastaví port vysílání, rychlost komunikace a počet paritních bitů. Jakmile je připojeno k GPS vyšle se zpráva s danou větou pomocí funkce SendArray, kde se nastaví tvar věty a její velikost. Při špatné komunikaci se provede odpojení a věta se nepošle. Vstupní parametr této funkce je pouze věta, kterou má stanice přijímat. Výstupní parametr je TRUE při správné komunikaci a přenosu a FALSE při opaku.

6.2.1.3 string GetSentence(Tserial *Target, string identifier, string &data)

Funkce GetSentence je použita k vyčítání zvolených vět z GPS a k jejímu celému uložení do stringu. Funkce vyhledává v jednom cyklu daný identifikátor (hledanou větou), v případě nenalezení věty se vrátí parametr ERROR. V této funkci je počítán kontrolní součet z důvodu správného přijetí věty. Toto se počítá jako XOR jednotlivých znaků. Kontrolní součet, se kterým je vypočtený součet porovnáván, je obsažen v každé přijaté větě na konci za znaménkem *. Vstupními parametry je port, ke kterému je GPS připojena a identifikátor. V případě správného vyčtení věty se vrátí parametr kontrolního součtu, jinak se vrací ERROR.

6.2.1.4 int Save2File(string identifier)

Tato funkce slouží k uložení věty do souboru. Má to význam pro případné kontroly nebo porovnání nějaké hodnoty. Proběhne-li uložení v pořádku je výstupní parametr TRUE v opačném případě FALSE.

6.2.1.5 void Magellan_NacteniGPS (GPSSTRUCT &gpsData, string data)

Funkce slouží pro úplné rozdělení věty uložené v řetězci data do struktury GPSSTRUCT. Jednotlivá data ve stringu jsou oddělena čárkou a tyto data se

ukládají do jednotlivých parametrů struktury. Probíhá zde také převod formátu zeměpisné šířky a délky, rychlosti a převod do UTM souřadnic. Všechna data jsou uložena do struktury. Jako vstupní parametr je daná věta a jako výstupní struktura GPSSTRUCT.

6.2.1.6 int Poloha (GPSSTRUCT &gpsData)

Funkce slouží k načtení polohy resp. "\$PASHR,POS". Nejdříve proběhne připojení k GPS, následuje vyčtení polohy a poté převod do jednotlivých parametrů struktury GPSSTRUCT. Tyto hodnoty budou následně využívány v Base Station. Tato funkce nemá žádné vstupní parametry a mezi výstupní parametry patří struktura. Další výstupní parametr je správnost připojení k GPS, nalezení věty a její správné vyčtení.

6.2.1.7 int Magellan_Init_Base(string COM, double delka, double sirka, double vyska)

Funkce pro inicializaci Magellan_Init_Base slouží k nastavení počátečních hodnot potřebných pro Base Station. Jedná se také o nastavení COM portu pro připojení. Po úspěšném připojení k portu se posílají inicializační věty. Výčet některých inicializačních vět:

"\$PASHS,RST\r\n"

Posláním této inicializační věty dochází k resetu zařízení a vymazání posílání vět a nastavení uživatele.

"\$PASHS,POS,%010.5f,N,%011.5f,E,%08.2f\r\n"

Tato věta nastaví Base Station polohu, na které se nachází. První parametr je zeměpisná délka, druhý je zeměpisná šířka, a poslední je výška. Od této polohy se odvíjí přesnost a správné výpočty korekce Base Station, které jsou posílány vzdálené pohyblivé stanici Remote Station.

"\$PASHS,RTC,BAS,B\r\n"

Tato věta zajišťuje nastavení vysílacího portu na Base Station. Přes tento port se budou následně vysílat potřebné korekce. V tomto případě je nastaven port B.

"\$PASHS,DYN,1\r\n"

Věta, která je potřebná pro nastavení dynamického modelu. Tento model má několik různých parametrů, o kterých je možné se dočíst např. v [15]. U Base Station je nastaven dynamický model – 1 – statický.

"\$PASHS,NME,POS,A,ON,0.5\r\n"

Nastavení posílání věty, zde o poloze. Věta bude posílána na port A, každých 0.5 sekundy.

\$PASHS,SAV,Y\r\n"

Jako poslední a důležitá věta je tato. Slouží k uložení právě nahraných vět a nastavení.

Kontrola správného zapsání probíhá pomocí věty **"\$PASHR"**. Tato věta je posílána jako kontrolní z GPS, při správném uložení a pochopení vyslaného příkazu vrátí parametr **3D**. Pokud k vrácení parametru nedojde, dochází k poslání pětkrát za sebou a pokud i nyní nedochází k úspěšnému zapsání je vrácena chyba a přerušena celá inicializace. Chybu může způsobit nepřesné resp. chybné zapsání věty, nepřipojení k GPS nebo hardwarová porucha.

6.2.1.8 int Magellan_Init_Base(string COM)

Tato funkce je spuštěna, pokud není známa správná přesná hodnota umístění GPS Base Station. V této funkci se posílají totožné věty resp. věta **"\$PASHS,POS**, zde není implementována z důvodu neznalosti přesné polohy. Pro dodatečné zjištění polohy je vytvořena funkce, o které bude se blíže zajímat níže. Opět při inicializaci je uživatel seznámen se stavem.

6.2.1.9 int Base (GPSSTRUCT gpsData)

Funkce **Base** slouží, jak už bylo výše zminěno, k zpřesňování polohy pomocí mediánu a modusu a následnému uložení do souborů. Jedná se o

ReferPoloha.txt, ve které je uložena pouze poslední hodnota, která má správný formát pro vložení do map a zjištění odchylky od skutečnosti. Je zde obsažen počáteční a koncový čas, délku trvání, počet satelitů a jednotlivé zpřesněné hodnoty. Do druhého souboru pro uložení dat **VsePoloha.txt** se ukládají všechny zpřesněné hodnoty po určitém intervalu, ukládá se počet satelitů, čas uložení, a zpřesněné hodnoty. Tyto soubory slouží ke kontrole zpřesněných dat a jejich vyhodnocení. Je také implementováno posílání zpřesněných dat do Base Station a ukládání nastavení vět. Opět je poslána věta `"$PASHS,POS,%010.5f,N,%011.5f,E,%08.2f\r\n"` v potřebném tvaru, zkontrolováno, zda-li byla věta správně vložena nebo jestli nedošlo k odpojení GPS. Poté je vše v GPS uloženo a Base Station je připravena k správnému chodu.

6.3 REMOTE STATION

Tento program slouží k vyčítání jednotlivých dat z pohyblivé GPS, tj. Remote Station. Lze také konvergovat řetězec, který obsahuje dva úhly, na požadovanou hodnotu do správného formátu. Funkce v programu také umí vypočítat vzdálenost dvou bodů. Je zde obsažena inicializace Remote Station pro správný chod a příjem vět, které jsou potřeba pro funkci GPS.

6.3.1 Popis programu

6.3.1.1 *int NacteniSoubor(void)*

Jedná se o funkci, načítající soubor s uloženými daty polohy. V tomto souboru jsou uloženy souřadnice, které má robot projet. Tyto souřadnice jsou ve tvaru `ss°mm'vv.vvvX`, `ss°mm'vv.vvvY`, kde `ss` je stupeň, `mm` jsou minuty, `vv.vvv` jsou vteřiny a nakonec `X` je N/S - severní nebo jižní polokoule a `Y` – E/W – západní nebo východní polokoule. Jednotlivá zeměpisná šířka a délka je oddělena čárkou a jednotlivé souřadnice jsou na samostatném řádku.

Příklad souboru:

`49°13'9.808N, 16°35'45.046E`

`49°13'9.748N, 16°35'44.674E`

`49°13'9.454N, 16°35'43.675E`

Při správném vyčtení je vrácena hodnota TRUE, v opačném případě vyskočí hláška a vrácena hodnota FALSE. Tato hodnota nemá žádný vstupní parametr. Soubor, ze kterého jsou souřadnice vyčítána, má název **Souradnice.txt**.

6.3.1.2 double Vzdelenost(string Sbod1, string Sbod2)

Funkce vzdálenost slouží ke zjištění vzdálenosti mezi dvěma body. Tyto body jsou vstupními parametry ve tvaru stringu. Zde jsou tyto řetězce převedeny do UTM souřadnic (z důvodů, které byly uvedeny výše) a vypočítána vzdálenost za pomoci Pythagorovy věty. Tato hodnota je vrácena jako výstupní parametr.

6.3.1.3 void PrevedStrToLL(string Sbod, double &Lat, double &Longi)

Funkce pro převedení řetězce ve tvaru ss°mm'vv.vvvX, ss°mm'vv.vvvY, kde před čárkou je vložen první bod tj. zeměpisná šířka a za čárkou je vložena zeměpisná délka. Tyto dvě hodnoty jsou rozděleny a převedeny. Jako vstupní parametr je string, který obsahuje právě jeden bod. Výstupní hodnoty jsou lattitude nebo-li zeměpisná šířka a longitude, nebo-li zeměpisná délka.

6.3.1.4 void PrevedStrToUTM(string Sbod, double &N, double &E)

Tato funkce slouží k podobnému účelu jako předchozí funkce. Rozdíl je v tom, že převedení neprobíhá do lattitude a longitude, ale přímo do Nording a Easting, tj. hodnoty v UTM souřadnicovém systému. Zde je jako funkce použita již zmiňovaná LLtoUTM, která převádí zeměpisnou šířku a délku do UTM systému. Jako vstupní parametry se vyskytují UTM zóna, zeměpisná šířka, zeměpisná délka a koeficient pro výpočet bodu.

6.3.1.5 string GetSentence(Tserial *Target, string identifikator, string &data)

Funkce GetSentence je použita k vyčítání zvolených vět z GPS a k jejímu celému uložení do stringu. Tato funkce již byla popsána výše v 6.2.1.3.

6.3.1.6 *int Magellan_Init_Remote(string COM)*

Slouží k inicializaci Remote Station. Jako vstupní parametr je COM port, ke kterému je připojena GPS. Jakmile dojde ke spojení s GPS je možné začít posílat inicializační věty.

Výčet těchto vět:

"\$PASHS,RST\r\n"

Posláním této inicializační věty dochází k resetu zařízení a vymazání posílání vět a nastavení uživatele.

"\$PASHS,RTC,REM,B\r\n"

Tato věta zajišťuje nastavení přijímacího portu na Remote Station. Přes tento port se budou následně přijímat potřebné korekce. V tomto případě je nastaven port B.

"\$PASHS,RTC,REM,ON\r\n"

Tato věta určuje přijímání korekcí. Je úzce spojena s předchozí větou, tj. zapnutí portu B pro přijímání korekcí.

"\$PASHS,DYN,I\r\n"

Jedná se o větu potřebnou pro nastavení dynamického modelu. Tento model má několik různých parametrů, o kterých je možné se dočíst např. v [15]. U Remote Station je nastaven dynamický model – 3 – WALK. Tento model znamená, že se zařízení pohybuje okolo, resp. do rychlosti do 7km/h.

"\$PASHS,NME,POS,A,ON,I\r\n"

Nastavení posílání věty, zde věty o poloze. Bude posílána na port A, každou jednu sekundu.

"\$PASHS,KFP,ON\r\n"

Proběhne zapnutí Kalmanova filtru pro zlepšení přesnosti dat. Kalmanův filtr je vylepšený odhad plovoucího průměru. Toto vylepšení spočívá v predikci nového stavu a korekci nových měření. Navíc probíhá reprezentace tzv. "zapomínání starších měření", tj. jak moc starší měření bude ovlivňovat nové hodnoty – jednoduše řečeno nedůvěryhodnost.[16]

\$PASHS,SAV,Y|r|n"

Jako poslední a důležitá věta je tato věta. Slouží k uložení právě nahraných vět a nastavení.

Kontrola správného zapsání probíhá pomocí věty "***\$PASHR***". Tato věta je posílána jako kontrolní z GPS, při správném uložení a pochopení vyslaného příkazu vrátí parametr **3D**. Pokud k vrácení parametru nedojde, dochází k poslání pětkrát za sebou a pokud i nyní nedochází k úspěšnému zapsání je vrácena chyba a přerušena celá inicializace. Chybu může způsobit nepřesné resp. chybné zapsání věty, nepřipojení k GPS nebo hardwarová porucha.

6.3.1.7 void Magellan (GPSSTRUCT &gpsData)

Funkce slouží k připojení ke GPS a vyčítání dat z "***\$PASHR, POS***". Data v této větě jsou oddělena čárkou. Tyto jednotlivé hodnoty se ukládají do struktury GPSSTRUCT. Převody do dat, se kterými se dá lépe pracovat, jsou u zeměpisné šířky, zeměpisné délky, rychlost z uzlu na km/h a následně také převod do UTM souřadnic.

```
49 13'9.808N, 16 35'45.046E  
49 13'9.748N, 16 35'44.674E  
49 13'9.454N, 16 35'43.675E  
49 13'9.162N, 16 35'42.529E  
49 13'8.978N, 16 35'41.806E  
49 13'8.837N, 16 35'41.431E  
49 13'9.15N, 16 35'41.095E  
49 13'9.573N, 16 35'40.911E
```

```
Uypocet vzdalenosti bod A -> bod B  
Bod A = 49 34'15.237N, 15 56'55.854E
```

```
Po prevedeni do LL:
```

```
Sirka: 49.57090
```

```
Delka: 15.94885
```

```
Po prevedeni do UTM:
```

```
Nording: 568604.00667
```

```
Easting: 5491355.50952
```

```
Bod B = 49 13'9.799N, 16 35'42.154E
```

```
Po prevedeni do LL:
```

```
Sirka: 49.21939
```

```
Delka: 16.59504
```

```
Po prevedeni do UTM:
```

```
Nording: 616150.00492
```

```
Easting: 5453068.99722
```

```
Uzdalenost vzdusnou carou bod A -> bod B 61044.89310 metru
```

```
Dokoncena inicializace REMOTE STATION s CHYBOU
```

```
Pokracujte stisknutím libovolné klávesy... _
```

Obrázek 6-1 – Ukázka výpisu programu pro Remote Station

7. OPEN STREET MAP

Projekt Open Street Map vznikl pro tvorbu volně dostupných geografických dat a následnou vizualizaci do topografických map. Pro tuto tvorbu dat se používá záznamů z GPS přijímačů nebo z jiných map. Mapy umožňují jednoduchou editaci dat, uchovávání kompletní historie a výsledky jsou přístupné veřejnosti.

7.1 HISTORIE

Tento projekt byl založen v červenci 2004 ve Velké Británii. Od roku 2006 je podporován nadací, která podporuje tvorbu, zpracování a šíření volných geografických dat a poskytování těchto dat komukoliv.

V dubnu 2007 Automotive Navigation Data poskytla projektu Open Street Map kompletní silniční mapu Holandska a základní silniční mapu Indie a Číny.

V červenci 2007 se uskutečnila první OSM mezinárodní konference The State of the Map s 9 000 registrovanými uživateli. Mezi sponzory této konference patřili mimo jiné společnosti Google, Yahoo a Multimap.

V srpnu 2007 vznikl nezávislý projekt OpenAerialMap jako datový sklad volně dostupných leteckých snímků. V říjnu 2007 byl dokončen import silničních dat US Census TIGER.

V prosinci 2007 se stala Oxford University první významnou organizací, která využívá data z OpenStreetMap na svých webových stránkách. [12]

7.2 FORMÁT DAT

Projekt používá a vyvíjí souborový formát pro vektorová geodeta založená na XML. Jako referenční souřadnicový systém lze použít WGS 84.

Data uložená v databázi mají různé označení záznamů:

- Node
- Way
- Relation
- Attribute

7.2.1 Node

Node je vlastně uzel (vrchol), který má jako klíčové atributy:

- ID – identifikační číslo, které označuje daný uzel
- Lat – zeměpisná šířka uzlu
- Lon – zeměpisná délka uzlu
- Version, user, timestamp, tag

Každý NODE začíná počátečním slovem `<node`, v němž jsou obsaženy všechny zmíněné atributy tyto atributy jsou zakončeny „>”. Celý node potom končí slovem `</node>`.

Příklad:

```
<node id="32634299" lat="51.5446847" lon="5.0774274" user="ervano"
uid="9903" visible="true" version="1" changeset="163026" timestamp="2007-07-
23T16:51:54Z">
```

```
<tag k="created_by" v="JOSM"/>
```

```
</node>
```

7.2.2 Way

Way je cesta, která se skládá z odkazů na jednotlivé Nody. Klíčové atributy jsou:

- ID – identifikační číslo, které označuje danou cestu
- nd ref – ID jednotlivých uzlů
- timestamp, tag

Příklad:

```
<way id="7200621" user="AND" uid="12946" visible="true"
version="1" changeset="467671" timestamp="2007-09-19T08:03:47Z">
```

```
<nd ref="42986484"/>
```

```
<nd ref="42984798"/>
```

```
<nd ref="42981789"/>
```

```
<nd ref="42979799"/>
```

```
<nd ref="42978720"/>
```

```
<nd ref="42977383"/>
<tag k="AND:importance_level" v="1"/>
<tag k="AND_nosr_r" v="15347235"/>
<tag k="highway" v="secondary"/>
<tag k="name" v="Ringbaan Zuid"/>
<tag k="oneway" v="1"/>
</way>
```

7.2.3 Relation

Relation je skupina Nod, Way a dalších relation, kterým je přiřazena daná vlastnost.

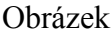
Příklad:

```
<relation id="389283" user="BugBlue" uid="26230" visible="true"
version="4" changeset="3677814" timestamp="2010-01-21T20:11:41Z">
  <member type="way" ref="7213094" role=""/>
  <member type="way" ref="7213090" role=""/>
  <member type="node" ref="616686339" role="stop"/>
  <member type="node" ref="616686343" role="stop"/>
  <member type="node" ref="616686342" role="stop"/>
  <tag k="route" v="bus"/>
  <tag k="type" v="route"/>
</relation>
```

7.2.4 Atribute

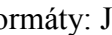
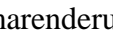
Atribut je přiřazen uzlům, cestám nebo relacím ve formě <klíč> = <hodnota>. Tyto určují, jaký objekt reálného světa reprezentují.

7.3 ÚPRAVA A DEKÓDOVÁNÍ OSM

Pro lepší přehlednost a použitelnost byl vytvořen program pro vyčítání jednotlivých potřebných dat ze souboru **map.osm**. Tento soubor je vytvořen na webové adrese: <www.openstreetmap.org>. Ukázka aplikace je v  Obrázek 7-3 – Ukázka aplikace OSM. Soubor se vytvoří pomocí tlačítka Export. Zde se nachází okno, ve kterém se nastavuje oblast exportu, formát exportu, nastavení. Oblast exportu slouží k vybrání oblasti mapy, kterou chceme exportovat. Formát exportu má 4 různé atributy:

- OpenStreetMap XML Data
- Obrázek z Mapniku
- Obrázek z Osmarenderu
- Vkládatelné HTML

První formát je použit k dekodování. Jedná se o XML formát, ve kterém jsou uložena geodata, viz výše. Pomocí tohoto formátu byl vytvořen soubor map.osm.

Další dva formáty jsou pouze obrázky, které mají různý stupeň zoomu, jiné komprese a jiné formáty uložení. Export z Mapniku má pět druhů formátů: JPG, PNG, SVG, PDF a postskript. Také se dá nastavit měřítko. Výřez tohoto exportu je v  Obrázek 7-2 – Export z Mapniku. Export z Osmarenderu má pouze dva formáty: JPG a PNG. Nastavit se dá také zoom. Výřez je v  Obrázek 7-1 – Export z Osmarenderu.

7.3.1 Popis první části programu

Program se skládá ze dvou částí. První část je samotné rozkodování XML formátu. Je vytvořena struktura *NODE_t*, obsahující hodnotu zeměpisné šířky, zeměpisné délky a ID nodu. Tato struktura je uložena jako vector s názvem *NODES_t*. Vector je vložen do typu map, která má jako klíč uložené ID way a jako hodnotu má vložen právě zmiňovaný vektor. Název této mapy je *DataFile_t*. V následujících podkapitolách bude bližší seznámení s funkcemi první části programu.

7.3.1.1 *Types.h*

Tento hlavičkový soubor obsahuje strukturu `NODE_t`, vektor `NODES_t` a mapu `DataFile_t`.

Ukázka:

```
typedef struct {  
    double lat;  
    double lon;  
    long nodeId;  
} NODE_t;  
typedef vector<NODE_t> NODES_t;  
typedef map<long, NODES_t> DataFile_t;
```

7.3.1.2 *void parseFile(string filename, DataFile_t &osmDataHolder, vector<int> &Ways_v, string OUTfile)*

Tato funkce vyčítá ze souboru data, které ukládá po jednotlivých řádkách do bufferu. Název tohoto souboru je **map.osm**. Byla zvolena tato strategie uložení celého souboru, z důvodu rychlejšího nalezení potřebných dat. Poté jsou z uvedeného souboru vyčteny údaje potřebné pro separování. Aby mohlo být zpětně zjištěno z jakých dat, resp. z jakého úseku mapy byl proveden export, jsou ze souboru vyčteny dva body, které ohraničují obdélník, obsahující data. Tyto body jsou „**minlat**“, „**minlon**“ a „**maxlat**“, „**maxlon**“. Jak je zřejmé jedná se o zeměpisnou šířku a zeměpisnou délku s menší a s větší hodnotou.

Nyní se budeme věnovat vyčtení way z souboru. V souboru je nalezeno klíčové slovo „**<way id=**“, za tímto slovem je vloženo ID cesty. Toto ID je zjištěno a uloženo do výstupního souboru. Tento separovaný soubor má název **ParseOSM.txt**. Vyčte se celý soubor Way, ve kterém jsou uloženy důležité části, do samostatného řetězce. Toto vyčítání bude pokračovat až do té doby než je nalezeno klíčové slovo „**</way>**“.

Jakmile je slovo nalezeno probíhá další část, a to nalezení ID jednotlivých nodů. Tyto ID mají také klíčové slovo s názvem „**<nd ref=**“. Nyní probíhá nalezení všech ID nodů. Po nalezení všech nodů je potřeba nalézt jejich souřadnice.

Tyto souřadnice se vyhledají takovým způsobem, že se vyhledá každé ID nodu a v tomto jsou nalezena klíčová slova. Klíčové slovo pro zeměpisnou šířku je „lat=“ a pro zeměpisnou délku je „lon=“. Po vyčtení všech nodů, šířek a délek probíhá samostatné ukládání do struktury NODE_t. Samotná struktura je poté uložena do vektoru NODES_t. Na konci je vše uloženo do mapy **DataFile_t**, kde je jako klíč uložena ID way a jako hodnota je uložen vektor, ve kterém je uložena struktura. Navíc jsou uložena jednotlivá ID way do vektoru **Ways_v** z důvodu správného zachování pořadí. Nyní jsou všechna data uložena v přehlednějším formátu, který bude dále sloužit k dalším účelům.

7.3.1.3 Ukázka separovaného souboru

Ctverec v mape, ze kterého byly vyciteny data

Bod A: 49.204717, 16.60914

Bod B: 49.206834, 16.612128

4083954

21651023: [49.204787, 16.611847]

21651026: [49.203878, 16.611965]

7366295

54747976: [49.205390, 16.613039]

54747980: [49.205269, 16.612141]

56235741: [49.205254, 16.611696]

54747982: [49.205226, 16.610859]

7.3.2 Popis druhé části programu

Druhá část programu byla zaměřena na hlavní funkci a to převod souboru OSM do RNDF formátu. Byly vytvořeny funkce, které jsou samostatně implementovány do jiného programu. Byl vytvořen soubor **Main.cpp**, ve němž jsou funkce názorně předvedeny. Je zde také vložena první část programu pro separování

OSM souboru. V následujících podkapitolách bude bližší seznámení s funkcemi druhé části programu.

7.3.2.1 *int getPositionWay(vector<int> &Ways_v, long wayID)*

Funkce pro zjištění pozice way. Jako vstupní parametr se zde vyskytuje vector, ve kterém jsou uloženy ID cest tak, jak byly právě vyčteny ze souboru. Vstupní parametr je také ID cesty. Funkce jednoduše nalezne požadované ID a vrátí jeho pozici v souboru.

7.3.2.2 *NODES_t getNodesByWayId(DataFile_t &data, long wayId)*

Tato funkce slouží k získání struktury **NODES_t** z ID cesty. Je nalezena cesta a vrácena její struktura cesty.

7.3.2.3 *void getNodePosition(DataFile_t &data, long nodeId, double &lat, double &lon)*

Pro vyčtení souřadnic z mapy **DataFile_t** je vytvořena tato funkce. Funkce má dva vstupní parametry – mapu a ID uzlu. Nejdříve jsou z mapy jednotlivě vyčteny všechny klíče, tj. cesty. Po nalezení cesty je hodnota z mapy vyčtena. Při shodě hledaného a nalezeného uzlu je zjištěna jeho hodnota zeměpisné šířky a délky. V případě nenalezení uzlu jsou vráceny nulové hodnoty.

7.3.2.4 *void getWayIdByNodeId(DataFile_t &data, long nodeId, DataPos_t &PosNode)*

Tato funkce slouží k nalezení way za pomoci znalosti nodu. Mezi vstupní parametry se řadí mapa **DataFile_t** a ID uzlu. Nejprve jsou vyčteny všechny cesty z mapy a jejich hodnoty do struktury. Je-li hledané ID totožné s nalezeným uloží se do vectoru **DataPos_t** jednotlivé páry – pair **PairPos_t**, které obsahují jako první hodnotu ID cesty a jako druhou hodnotu pozici nodu právě v této cestě.

7.3.2.5 double *getDistance(double PointLatA, double PointLatB, double PointLonA, double PointLonB)*

Funce *getDistance* je vytvořena z důvodu vypočítání vzdálenosti od bodu A do bodu B. Aby byl výpočet vzdálenosti přesnější a jednodušší, byla použita funkce *LLtoUTM*, která byla již popsána výše. Jako vstupní hodnoty jsou dva body, resp. šířka bodu A, šířka bodu B, délka bodu A a délka bodu B. Funkce vrací jejich vzájemnou vzdálenost, vypočítanou pomocí pythagorovy věty, v metrech.

7.3.2.6 long *getNodeByLL(DataFile_t &data, double lat, double lon, DataPos_t &PosNode)*

Další funkce slouží k nalezení ID nodu a jeho pozici ve way za pomoci zeměpisné šířky a délky. Vstupní parametry jsou mapa *DataFile_t*, zeměpisná šířka a zeměpisná délka. Z mapy jsou vyčteny hodnoty, tj. struktura *NODES_t*. Nyní jsou porovnávány hodnoty hledané a nalezené zeměpisné šířky a délky. Budou-li se tyto hodnoty rovnat je pomocí funkce *getWayIdByNodeId* nalezena pozice nodu v way a node je vrácen jako výstupní hodnota. Při nerovnosti šířky a délky je vrácena nulová hodnota node.

7.3.2.7 double *getNearestPoint(DataFile_t &data, double RoundLat, double RoundLon, double &NearestLat, double &NearestLon, long &Node, DataPos_t &PosNode)*

Tato funkce vyhledá v souboru, resp. v mapě, node, který je nejbližší k právě aktuální souřadnici, v níž se nachází robot. Vyhodnotí nejbližší bod, tj. nalezne nejbližší zeměpisnou šířku a délku a zjistí, v jakém se nachází uzlu a vrátí jeho pozici ve way a také jeho vzdálenost od pozice, na které se nachází. Nejdříve jsou nalezeny v mapě všechny klíče tj. cesty. Potom jsou uloženy hodnoty cest resp. struktura *NODES_t* do zvláštní struktury, ve které se nachází hodnoty šířky a délky. U těchto hodnot je spočítána vzdálenost od aktuální pozice. Při nejmenší vzdálenosti bude zjištěna zeměpisná šířka a délka a tyto data budou uložena a s nimi vzdálenost. Poté se na základě získaných informací zjistí pozice ve way. Vstupní data jsou šířka a délka stávající pozice, mapa *DataFile_t*. Výstupy jsou nejbližší šířka a délka, dále

pak node, ve kterém se nachází, way a pozice v něm. Výstupem je také vzdálenost aktuální pozice od nalezeného nodu. Rozdíl této funkce od předcházející, tj. *getNodeByLL* je v tom, že tato funkce nalezne vždy nejbližší bod, zatímco tato funkce vždy bod nalézt nemusí.

7.3.2.8 void *ConvertToRNDF* (*DataFile_t &data*, *vector<int>* &*Ways_v*, *string RNDFoutFILE*).

Funkce slouží pro převedení formátu OSM do formátu RNDF. Po převedení do tohoto formátu je vše uloženo do souboru *OutRNDF.txt*. Nejdříve jsou vyhledány všechny cesty, je spočítán jejich počet a jejich názvy jsou vypsány do nového souboru. Jsou také vyčteny hodnoty cest, tj. ID nodu. Je spočítán počet nodů v každé cestě a vypsány. Dále je potřeba určit sousední cesty a pozici nodu, který přímo prochází sousední a stávající cestou. Je nalezena jeho pozice v cestě. Poté je nalezen tento nod i v ostatních cestách a jeho jednotlivé polohy. Po nalezení ve všech cestách jsou vypsány do souboru jednotlivé **exity**. Po vypsání exitů je třeba vypsát jednotlivé nody a jejich zeměpisnou šířku a délku. Každá cesta obsahuje 2 směry, tyto směry jsou obsaženy i RNDF souboru. Zapsání hodnot do souboru pro druhý směr probíhá podobně jako u prvního. Je opět nalezena sousední cesta, vyhledány pozice nodů a určeny exity. Jelikož už byly nody a jejich pozice vypsány v předchozí cestě, byly také uloženy do bufferu. Je zřejmé, že nyní stačí vyčíst hodnoty z bufferu v opačném pořadí, tj. od konce na začátek. Po vypsání všech hodnot je uzavřen soubor a převedení do RNDF je hotovo.

7.3.2.9 Ukázka RNDF souboru

```
RNDF_name "OutRNDF.txt"  
num_segments      26  
num_zones         0  
creation_date      5/14/2010  
segment           1  
num_lanes         2  
segment_name      4083954
```

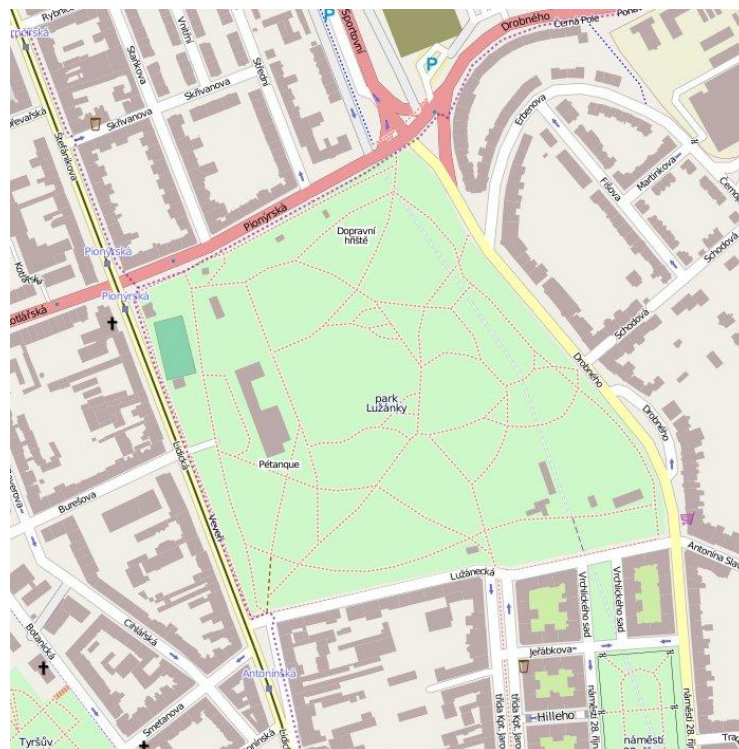
```

lane 1.1
num_waypoints 2
exit 1.1.1 22.1.7
exit 1.1.2 1.2.1
1.1.1 49.204787 16.611847
1.1.2 49.203878 16.611965
end_lane
lane 1.2
num_waypoints 2
exit 1.2.2 22.1.7
exit 1.2.2 1.1.1
1.2.1 49.203878 16.611965
1.2.2 49.204787 16.611847
end_lane
end_segment

```



Obrázek 7-1 – Export z Osmarenderu



Obrázek 7-2 – Export z Mapniku

Zobrazit Upravit Historie **Export** GPS Traces Deníčky přihlásit se | zaregistrovat se

Export Zavřít

Oblast k exportu

Ručně vybrat jinou oblast

Formát exportu

- OpenStreetMap XML Data
- Obrázek z Mapniku
- Obrázek z Osmarenderu
- Vkládatelné HTML

Licence

Data OpenStreetMap jsou k dispozici pod licenci Creative Commons Uveďte autora-Zachovejte licenci 2.0.

Obrázek 7-3 – Ukázka aplikace OSM

8. TOF SCANNER

Tento scanner bude použit na zjištění bezprostřední překážky před robotem a také pro 3D zobrazení prostoru před robotem. Kamera může být umístěna na robotu v přední části co nejbližší u okraje tak, aby nebyl omezen zorný úhel.



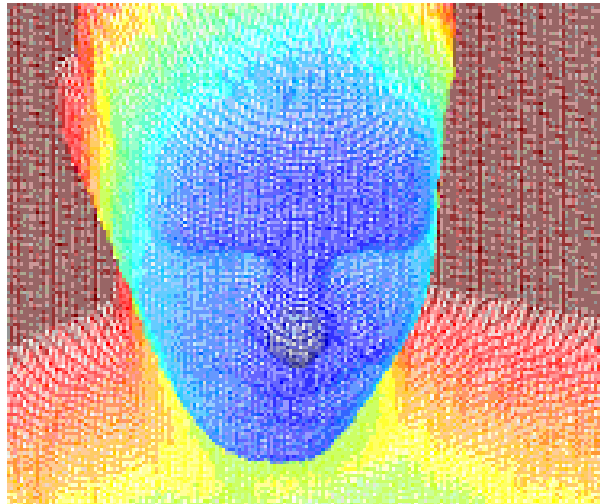
Obrázek 8-1 – TOF scanner MESA SR3000[13]

Scanner je založen na principu měření délky letu světla (ang. Time Of Flight), pracuje s integrovaným, modulovaným infračerveným světelným zdrojem. Vyzařované světlo je odraženo od objektů a poté se vrací zpět a pro každý pixel je vypočítán přesný čas cesty světla. Na základě známé rychlosti světla a času letu je schopen zjistit vzdálenost jednotlivých pixelů. Tyto jednotlivé pixely jsou potom pseudoobarveny a je získán výsledný 3D obraz prostoru, který snímá kamera.

8.1 SPECIFIKACE

Rozlišení:	176 x 144
Zorný úhel:	47,5° x 39,6°
Napájecí napětí:	12 V DC

Typická spotřeba	12W
Výstupní data (na jeden pixel)	souřadnice X, Y, Z, intenzita I
Maximální dosah:	7,5 metru
Rozlišení:	1% z rozsahu [13]

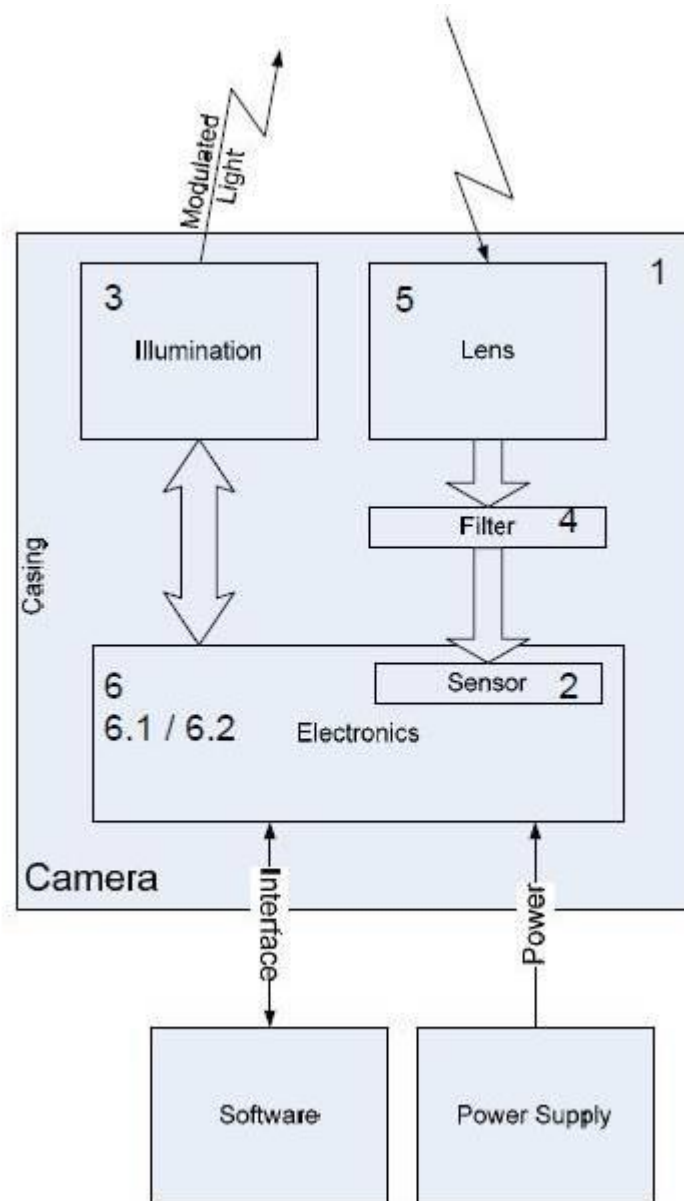


Obrázek 8-2 – Obličej zachycený TOF scannerem [13]

8.2 BLOKOVÉ SCHÉMA KAMERY

Na **Obrázek 8-3** je popsána schématicky kamera.

- 1 – Pevný hliníkový obal kamery
- 2 – Vysokorychlostní senzor
- 3 – Zabudovaná vysokorychlostní infračervená jednotka
- 4 – Zabudovaná pásmová propust pro kompenzaci denního světla
- 5 – Zabudované čočky
- 6 – Elektronika kamery
 - 6.1 – Port pro USB komunikaci
 - 6.2 – Pole pro zpracování obrazu



Obrázek 8-3 – Blokové schéma kamery [13]

8.3 NÁVRH ZDROJE PRO TOF KAMERU

Tento návrh slouží pro napájení 3D TOF kamery, pro kterou by dosavadní zdroj nestačil. Proto bylo přistoupeno k méně ztrátovému napájecímu zdroji.

8.3.1 Popis IO LM2576HVT-12

Tento vybraný integrovaný obvod široký rozsah vstupního napětí (15V až 60V) a disponuje výstupním proudem 3A při 12V. Pro zajištění funkčnosti stačí k obvodu připojit jen 4 externí součástky[18].

Parametry:

- při vstupním napětí 24V má výstupní napětí hodnotu $12V \pm 2\%$
- účinnost 88 %
- garantovaný výstupní proud 3A
- vnitřní frekvence oscilátoru 52 kHz
- teplotní ochrana

8.3.2 Návrh externích součástek

8.3.2.1 Dioda *D1*

Musí být rychlá a dimenzovaná na maximální výstupní proud, definovaný integrovaným obvodem LM2576HVT-12. Tento obvod má maximální výstupní proud 3A při výstupním napětí 12V. Z katalogu GM byla vybrána dioda 1N5821 v pouzdře DO201.

8.3.2.2 Vstupní kondenzátor *C1*

Slouží pouze pro filtraci a volí se 100 $\mu\text{F}/50\text{V}$.

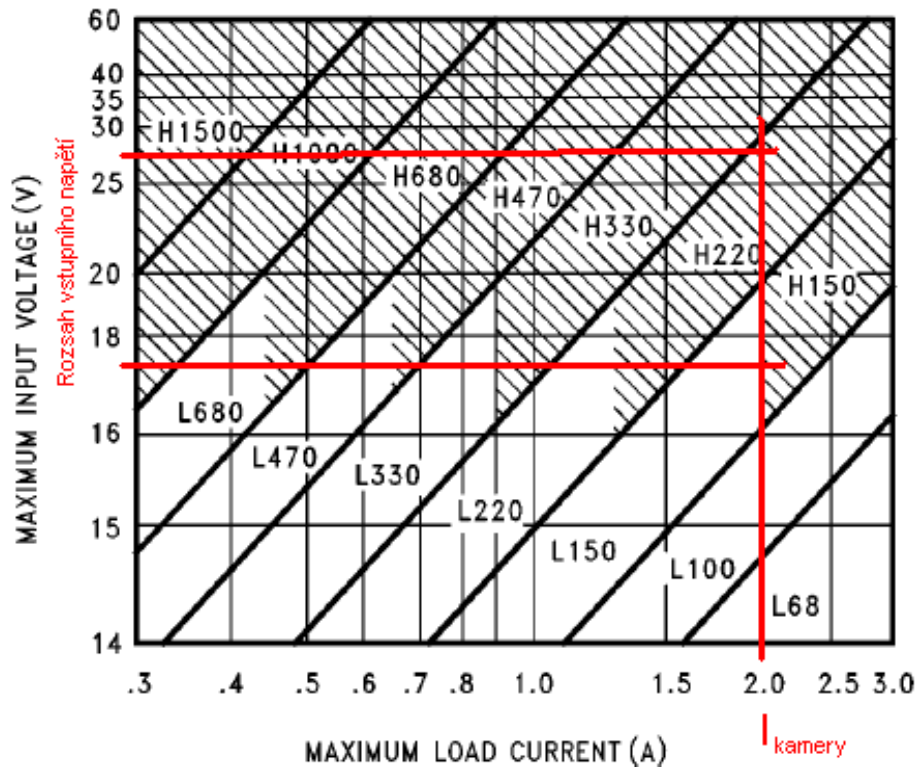
8.3.2.3 Výstupní kondenzátor *C2*

Hodnoty cívky L_2 a kondenzátoru C_2 definují dominantní pól-páry spínací regulační smyčky. Pro stabilitu obvodu je doporučeno volit kondenzátor v rozsahu 100 – 470 μF . Hodnotu elektrolytického kondenzátoru byla zvolena 330 $\mu\text{F}/25\text{V}$.

8.3.2.4 Cívka *L2*

Návrh cívky L_2 byl proveden grafickou metodou. 3D kamera odebírá při 12V proud 2A. Proto budeme vycházet z proudu 2A a v této hodnotě vykreslíme přímku svisle nahoru. Vstupní napětí zdroje robotu tvoří dva akumulátory zapojené v sérii. Pokud chceme používat zdroj i při nabíjení robotu musíme počítat s rozsahem napětí (17 – 27)V. Rozsah napětí se protne s přímkou vedenou svisle nahoru a výsledná

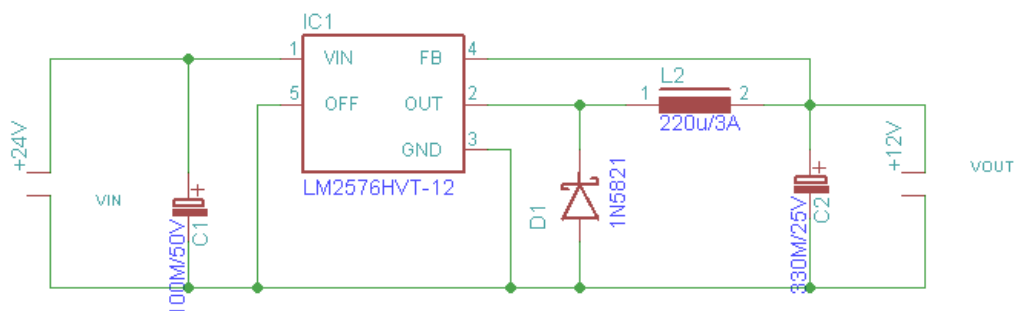
oblast je tedy H220. Hodnota cívky je potom 220 μH . Grafická metoda je uvedena na Graf 8-1 – Navržení cívky L2.



Graf 8-1 – Navržení cívky L2

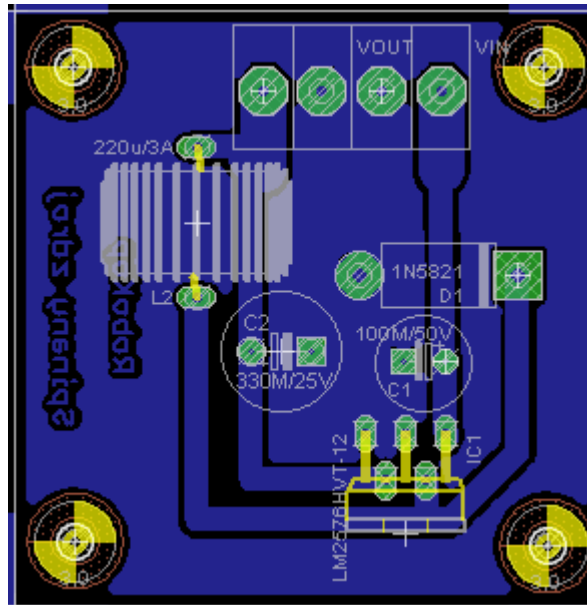
8.3.3 Schéma spínaného zdroje

Na Obrázek 8-4 je znázorněno typické schéma, jehož návrh byl proveden ve vývojovém prostředí Eagle.



Obrázek 8-4 – Schéma zapojení spínaného zdroje

8.3.4 Navržený plošný spoj spínaného zdroje



Obrázek 8-5 – Modul spínaného zdroje

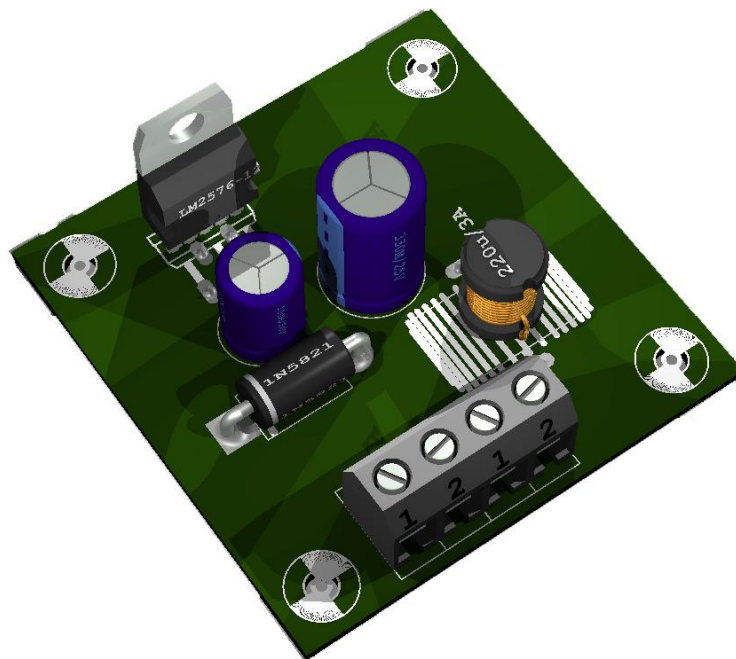
8.3.5 Seznam použitých součástek spínaného zdroje

Seznam použitých součástek			
Označení	Hodnota	Součástka	Pouzdro
C1	100M/50V	kondenzátor	C_EL_3,5
C2	330M/25V	kondenzátor	C_EL_5
D1	1N5821	Dioda	DO201
IC1	LM2576HVT-12	IO spínaného zdroje	TO220-5
L2	220u/3A	Cívka	SFT840D
Vin, Vout		svorkovnice	ARK700/2

Tabulka 8-1 – Seznam použitých součástek

8.3.6 3D model navrženého spínaného zdroje

Tento 3D model plošného spoje a jeho osazení byl vytvořen pomocí programů Eagle 3D a POV-Ray for Windows. Eagle 3D převede plošný spoj do textové podoby a potom program POV-Ray for Windows vykreslí níže uvedený 3D model.



Obrázek 8-6 – 3D model modulu spínaného zdroje

8.4 SOFTWARE PRO TOF KAMERU

Byla vytvořena funkce pro vyčítání hodnot jednotlivých bodů z prostoru před kamerou. Tato funkce byla implementována do programu, který byl přiložen ke kameře. Instalační soubor lze stáhnout na internetu např. na stránkách MESA imaging [17]. Program je do přílohy diplomové práce vložen pod názvem KameraTOF.

8.4.1 Popis funkcí

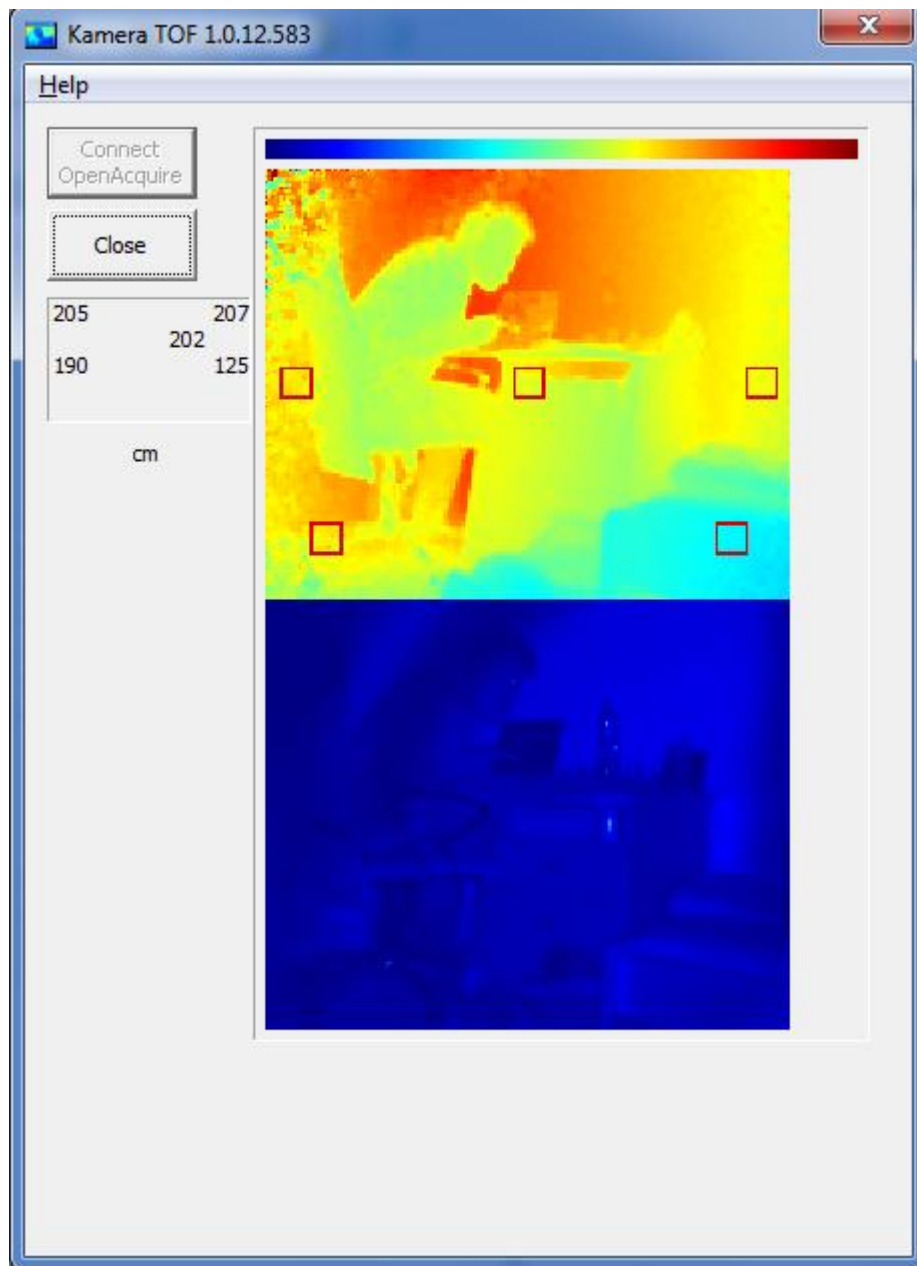
Funkce *float CWndSwissranger::Rctngl(int PositionAreaX, int PositionAreaY, int SizeArea, int img)* byla do projektu vložena z důvodu zjištění překážky před kamerou. Vytvoří v obrazu čtverec, ze kterého jsou vyčítány jednotlivé body a jejich vzdálenosti. Je možné nastavit počet těchto čtverců. Zde bylo

nastaveno pět, dva v levém a pravém horním okraji, jeden vprostřed a dva v levém a pravém dolním okraji. V každém jednotlivém úseku se spočítá nejbližší bod, průměr v celém úseku se nedoporučuje, protože by se v tomto průměru mohly ztratit nejbližší body. Vstupní parametry funkce jsou pozice x-ové souřadnice, pozice y-ové souřadnice, velikost čtverce v pixelech a hodnota image. Vracena je nejkratší vzdálenost v každé oblasti v centimetrech.

Funkce je vložena do interní funkce *void CWndSwissranger ::SetDib()*. Zde je volána funkce *Rctngl* a nastaven počet oblastí sloužících k vyčtení hodnot.

Ve funkci *void CWndSwissranger::OnPaint()*, která vykresluje obraz, tj prostor před robotem, probíhá vypisování jednotlivých hodnot.

Dále musí být také vytvořena oblast, zobrazující jednotlivé hodnoty. Pro tento účel byl vytvořen static box pro zobrazování jednotlivých hodnot v okně pro vykreslování.



Obrázek 8-7 – GUI pro kameru

9. ZÁVĚR

V diplomové práci byla popsána struktura GPS. Byly také blíže představeny jednotlivé systémy diferenciálních GPS, jak evropský EGNOS, tak i americký s názvem WAAS. Tyto systémy slouží jako rozšíření, s cílem zlepšení přesnosti a přístupnosti.

Diferenciální GPS se používá pro zpřesnění polohy pomocí korekcí. Metoda využívá toho, že rozdíly údajů změřených dvěma nevzdálenými přijímači jsou zatíženy menší chybou než samostatné údaje. Na oba přijímače působí stejné vlivy a zpoždění bude taktéž shodné. Při umístění referenční stanice do přesně určeného bodu je schopna na základě odchylky měření skutečného stavu od přijímaného signálu vypočítávat korekce. Byl vypracován přehled diferencních metod. Ty lze rozdělit podle údajů, které v systému korigují a kdy nebo kde se tato korekce provádí.

Realizace diferenciální GPS do robotu byla rozdělena do dvou kapitol. První kapitola se věnovala hardwarovému návrhu, popis GPS modulů referenční a vzdálené stanice. Druhá kapitola se zabývala řídicími programy pro oboje stanice. Byly vytvořeny dva nezávislé programy. Ty slouží k nastavení parametrů jednotlivých GPS, vyčítání přichozích vět, zpřesňování polohy a převodu do správného formátu.

Projekt Open Street Map bude použit na letošním ročníku Robotour. Projekt byl v další kapitole podrobněji rozebrán. Vznikl pro tvorbu volně dostupných geografických dat s následnou vizualizací do topografických map. Tyto mapy umožňují jednoduchou editaci, uchovávání kompletní historie a přístup k nim veřejnosti. Byl vytvořen program pro lepší přehlednost a použitelnost vyčtených dat z Open Street Map souboru. Tento soubor je ve formátu XML, ve kterém jsou uložena jednotlivá data. Dále je proveden převod tohoto formátu do RNDF, z důvodu podpory v nadřazeném systému.

Bylo navrženo vylepšení ultrazvukového systému o TOF kameru, která je použita jako doplněk k ultrazvukovým čidlům. Jednalo se také o návrh zdroje pro tuto kameru, protože zdroj umístěný na robotu by nestačil napájet ještě tento scanner.

Také byla vytvořena funkce pro nastavení úseků a vyčítání hodnot vzdáleností jednotlivých bodů, z prostoru před kamerou.



Obrázek 9-1 – RoboKop

10. SEZNAM LITERATURY

- [1] *Global position system* [online]. 2009 , 2009-04-21 [cit. 2009-04-23].
Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/>>.
- [2] HRDINA, Z., PÁNEK, P., VEJRAŽKA, F. *Rádiové určování polohy*. Skripta FEL ČVUT v Praze. Vydavatelství ČVUT, Praha, 1999
- [3] KASAL, Miroslav. *Směrové a družicové spoje*. 2003., Brno, 107 s.
- [4] KUNA, Zdeněk. *Navigační subsystém robotu Minidarpa.*, 2008. 59 s. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií.
- [5] *EGNOS* [online]. 2005 [cit. 2009-04-24]. Dostupný z WWW:
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/EGNOS>>.
- [6] *DG14 Reference manual* [online]. 2008 [cit. 2009-04-25]. Dostupný z WWW:
<<http://pro.magellangps.com/en/>>.
- [7] *DG14 picture* [online]. 2008 [cit. 2009-04-25]. Dostupný z WWW:
<<http://www.magellan-gps.cz/>>.
- [8] *Modul 805U* [online]. 1996. [cit. 2009-04-25]. Dostupný z WWW:
< <http://www.omniinstruments.com.au/>>.
- [9] KVAPIL, J. *Kosmický segment GPS a jeho budoucnost* [online]. 2005
[cit.2010-4-10]. Dostupný z WWW:
<http://www.aldebaran.cz/bulletin/2005_02_gps.php>
- [10] *Wide area augmentation system* [online]. 2010 [cit.2010-4-10]. Dostupný
z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Wide_Area_Augmentation_System>
- [11] ŠKVÁRA, J. *Evropský navigační systém EGNOS* [online]. 2004
[cit. 2010-4-10]. Dostupný z WWW:
<<http://www.21století.cz/view.php?cisloclanku=2004072107>>
- [12] *OpenStreetMap* [online]. 2010 [cit. 2010-04-10]. Dostupný z WWW:
<<http://en.wikipedia.org/wiki/OpenStreetMap>>
- [13] *SR-3000 Data Sheet* [online]. 2008 [cit. 2010-04-11]. Dostupný z WWW:
<http://www.mesa-imaging.ch/pdf/SR3000_Flyer_Jan07.pdf>
- [14] *UTM* [online]. 2010 [cit. 2010-05-12]. Dostupný z WWW:
<en.wikipedia.org/wiki/Universal_Transverse_Mercator_coordinate_system>

- [15] *DG14 Reference manual* [online]. 2008 [cit. 2010-05-12]. Dostupný z WWW: <<http://pro.magellangps.com/eu>>.
- [16] WINKLER, Z. *Měření rychlosti – jak se vypořádat s nepřesnými daty* [online]. 2005 [cit. 2010-05-12]. Dostupný z WWW: <robotika.cz/guide/filtering/en>.
- [17] Mesa Imaging AG. *MESA imaging* [online]. 10.2.2010 [cit. 2010-05-15]. SwissRanger 3D Visualization Software. Dostupné z WWW: <www.mesa-imaging.ch>
- [18] *LM2576/LM2576HV Series SIMPLE SWITCHER® 3A Step-Down Voltage Regulator manual* [online]. 2004 [cit. 2010-05-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.national.com/ds/LM/LM2576HV.pdf>>
- [19] *Interfacing an AVR controller to a GPS Mobile Phone*[online]. 2007[cit. 2010-05-12]. Dostupný z WWW: <<http://tinkerlog.com>>
- [20] *GPS*[online]. [cit. 2010-05-12]. Dostupný z WWW: <<http://gps.slansko.cz/>>

11. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1

CD obsahující:

- Elektronickou verzi Diplomové práce
- Program pro Dekódování OSM
- Program pro GPSBase Station
- Program pro GPSRemote Station
- Program pro TOF kameru
- Driver pro TOF kameru