

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

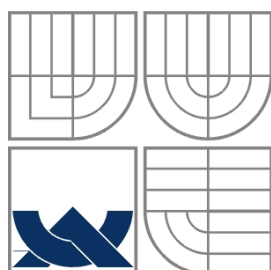
ANALÝZA NAVIGAČNÍCH SYSTÉMŮ VE VOZIDLECH

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

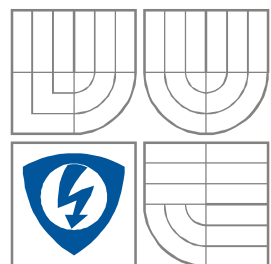
Bc. Pavel Beran

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

**ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY
A ELEKTRONIKY**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC
ENGINEERING

ANALÝZA NAVIGAČNÍCH SYSTÉMŮ VE VOZIDLECH

ANALYSIS OF NAVIGATION SYSTEMS IN VEHICLES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Pavel Beran

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc.

BRNO, 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a výkonová elektronika

Student: Bc. Pavel Beran
Ročník: 2

ID: 73088
Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Analýza navigačních systémů ve vozidlech

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Analyzujte informace o současném stavu vývoje navigačních systémů.
2. Popište způsoby využití ve vozidlech a možnosti využití ve výuce studentů bakalářského studia.
3. Navrhněte postup a vypracujte a na demonstračním příkladu ověřte návod pro praktická cvičení z předmětu BAEB.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle pokynů vedoucího

Termín zadání: 23.9.2010

Termín odevzdání: 19.5.2011

Vedoucí práce: prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc.

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, 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 pojednává o základních způsobech navigace. Podrobněji se věnuje satelitním navigacím a navigacím pomocí mobilního telefonu. V práci je vysvětlen princip příjmu signálu, určení polohy a práce s jednotlivými přístroji. Naleznete zde i informace jak převést zpracované údaje pomocí různých programů. Poslední část práce obsahuje výsledky praktického ověření přesnosti určení polohy, výšky, azimutu a rychlosti pomocí navigací.

Abstrakt

This piece of Master's thesis deals with basic means of navigation, with emphases on satellite navigation and mobile phone navigation. It explains the signal receiving principals, global positioning and how it works with particular devices. It also covers information of how to convert data using various programs. And finally it shows the results of practical verification of the accuracy in locating position, altitude, azimuth and speed by using the navigation.

Klíčová slova

satelitní navigace; mobilní telefon; automobil; určení polohy; měření výšky;

Keywords

satellite navigation; mobile phone; automobile; locating position; locating altitude;

Bibliografická citace

BERAN, P. *Analýza navigačních systémů ve vozidlech* . Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 66 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc..

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Analýza navigačních systémů ve vozidlech 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

Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Vítězslavu Hájkovi, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne

Podpis autora

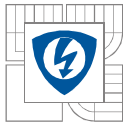


Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	10
SEZNAM TABULEK	12
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	13
1. ÚVOD	14
2. ZPŮSOBY NAVIGACE	14
2.1 ROZDĚLENÍ.....	14
2.2 VYUŽITÍ V AUTOMOBILECH	14
3. SATELITNÍ NAVIGACE	15
3.1. HISTORIE SATELITNÍ NAVIGACE	15
3.2. DRUŽICE - VYSÍLAČ.....	16
3.2.1 PŘENOS SIGNÁLU	17
3.3. PŘÍSTROJ - PŘIJÍMAČ	17
3.3.1 PRINCIP PŘIJÍMAČE.....	17
3.3.2. PŘÍKLADY VYUŽITÍ GPS	17
3.3.3. ROZDĚLENÍ VÍCEKANÁLOVÝCH GPS PODLE POČTU KANÁLŮ:	19
3.3.4. ANTÉNY:	19
3.4. VÝPOČET POLOHY	19
3.4.1 CHYBY SPOJENÍ.....	20
3.4.2 VYHLEDÁVÁNÍ SIGNÁLU.....	20
3.4.3 SIRF3 ČIP.....	21
3.4.4 WAAS (EGNOS) KOREKCE SIGNÁLU	21
3.5. PRÁCE S GPS	23
3.5.1: POZICE	23
3.5.2: AKTUÁLNÍ RYCHLOST.....	23
3.5.3: SMĚR POHYBU.....	24
3.5.4: VÝŠKA	24
3.5.5: KLOUZAVOST.....	25
3.5.6: ČAS POHYBU A ZASTAVENÍ.....	25
3.5.7: TRASOVÝ POČÍTAČ	25
3.5.8: GARMIN CONNECT	26
3.6. MAPOVÉ PODKLADY	27
3.6.1: ONLINE MAPY	27
3.6.2: UŽIVATELSKÉ PROSTŘEDÍ.....	28
3.6.3: OFFLINE MAPY	28
3.6.4: POI.....	32
3.7. PROPOJENÍ NAVIGACE S AUTOMOBILEM	33
3.7.1: GARMIN ECOROUTE.....	33



3.8. RDS	34
3.8.1: SLUŽBY RDS	34
3.8.2: RDS – TMC	34
3.9. ZHODNOCENÍ SATELITNÍ NAVIGACE	35
4. NAVIGACE POMOCÍ MOBILNÍHO TELEFONU:	36
4.1 HISTORIE NAVIGACE MOBILNÍCH TELEFONU	36
4.2 VYSÍLAČ	36
4.2.1 PRINCIP GSM	36
4.2.2 SÍŤ UMTS	37
4.2.3 BTS	37
4.3 PŘÍJÍMAČ	38
4.3.1 JEDNODUCHÉ URČENÍ POLOHY MOBILNÍHO TELEFONU	38
4.1.2 URČENÍ POLOHY POMOCÍ TRIANGULACE	39
4.3 VÝPOČET POLOHY MOBILNÍM OPERÁTOREM	39
4.3.1 SLUŽBA KDE JE...	40
4.4 VYUŽITÍ NAVIGACE POMOCÍ BTS I GPS SOUČASNĚ	41
4.4 SLEDOVÁNÍ MOBILNÍHO TELEFONU	41
4.5 ZHODNOCENÍ NAVIGACE POMOCÍ MOBILNÍCH TELEFONŮ	42
5. PRAKTICKÉ MĚŘENÍ PŘESNOSTI NAVIGACÍ	43
5.1 POUŽITÉ PŘÍSTROJE:	43
5.1.1 GARMIN ETREX LEGEND	43
5.1.2 GARMIN GPS60	44
5.1.3 HOLUX M-241	44
5.1.4 HP 614	45
5.1.5 NOKIA 6300	45
5.1.6 ITEC	45
5.2 SOFTWARE A ZPRACOVÁNÍ ÚDAJŮ:	46
5.2.1 HOLUX EZTOUR FOR LOGGER	46
5.2.2 MAPSOURCE	47
5.2.3 GPS-NMEA MONITOR	48
5.2.4 EXPERTGPS	48
5.2.5 GPS TRACKA	49
5.3 MĚŘENÍ PŘESNOSTI SATELITNÍ NAVIGACE	50
5.3.1 POSTUP MĚŘENÍ	50
5.3.2 NAMĚŘENÉ HODNOTY	50
5.3.3 VÝPOČET	50
5.3.4 GRAF	51
5.3.5 ZÁVĚR	51
5.4 MĚŘENÍ PŘESNOSTI MOBILNÍHO TELEFONU	52
5.4.1 POSTUP MĚŘENÍ	52
5.4.2 NAMĚŘENÉ HODNOTY	52
5.4.3 VÝPOČET	52
5.4.4 GRAF	53
5.4.5 ZÁVĚR	53



5.5 MĚŘENÍ PŘESNOSTI VÝŠKY POMOCÍ SATELITNÍ NAVIGACE.....	54
5.5.1 POSTUP MĚŘENÍ	54
5.5.2 NAMĚŘENÉ HODNOTY	54
5.5.3 ZÁVĚR	56
5.6 MĚŘENÍ PŘESNOSTI RYCHLOSTI	57
5.6.1 POSTUP MĚŘENÍ	57
5.6.2 NAMĚŘENÉ HODNOTY	57
5.6.3 ZÁVĚR	57
5.7 MĚŘENÍ PŘESNOSTI URČENÍ AZIMUTU	58
5.7.1 POSTUP MĚŘENÍ	58
5.7.2 VÝSLEDKY MĚŘENÍ.....	58
5.7.3 ZÁVĚR	58
5.8 ZÁVĚR PRAKTICKÝCH MĚŘENÍ:.....	58
6. PRAKTICKÉ CVIČENÍ	59
6.1 NÁKUP SATELITNÍCH NAVIGACÍ.....	59
6.2 ZADÁNÍ MĚŘENÍ	59
6.3 VYPRACOVÁNÍ.....	60
6.4 ZÁVĚR PRAKTICKÉHO CVIČENÍ.....	61
7. ZÁVĚR:.....	62
LITERATURA	63
PŘÍLOHY	65

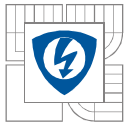


SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Satelity GPS.....	15
Obrázek 2– Družice GPS	16
Obrázek 3 – GPS do automobilu	18
Obrázek 4 – GPS do terénu	18
Obrázek 5 – Lodní navigace.....	18
Obrázek 6 – Hodinky s navigací.....	18
Obrázek 7 – GPS logger.....	18
Obrázek 8 – GPS tracker.....	18
Obrázek 9 – Výpočet polohy.....	20
Obrázek 10 – Ukázka hledání družic	21
Obrázek 11 – Zapnutí WAAS/EGNOS v přístroji Garmin	22
Obrázek 12 – Korekce WAAS.....	22
Obrázek 13 – Mapa prošlé trasy	23
Obrázek 14 – Závislost rychlosti na vzdálenosti	24
Obrázek 15 – Závislost výšky na vzdálenosti	24
Obrázek 16 – Trasový počítač.....	25
Obrázek 17 – Garmin Connect.....	26
Obrázek 18 – Měření tepu v Garmin Connect	26
Obrázek 19 – Google maps	27
Obrázek 20 – Navigační prostředí	28
Obrázek 21 – Základní zobrazení silničních map – Garmin ATLAS	29
Obrázek 22 – Navigace s mimoúrovňovou křižovatkou	29
Obrázek 23 – Piktogramy.....	30
Obrázek 24 – Turistická mapa – Garmin TOPO	30
Obrázek 25 – Námořní mapa	31
Obrázek 26 – Letecká mapa	31
Obrázek 27 – Mapa POI	32
Obrázek 28 – Detailní informace	32
Obrázek 29 – Datový kabel	33
Obrázek 30 – Stav automobilu	33
Obrázek 31 – Úspora paliva	33
Obrázek 32 – Stav automobilu	33

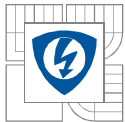


Obrázek 33 – Anténa RDS-TMC	34
Obrázek 34 – mapa RDS-TMC v Brně	35
Obrázek 35 – BTS na ulici Kolejní	37
Obrázek 36 – CB vysílač 471	38
Obrázek 37 – Určení polohy pomocí Triangulace	39
Obrázek 38 – Určení polohy pomocí BTS	41
Obrázek 39 – Určení polohy pomocí GPS	41
Obrázek 40 – IMEI v telefonu	42
Obrázek 41 – IMEI uvnitř přístroje	42
Obrázek 42 – Garmin Etrex Legend	43
Obrázek 43 – Garmin GPS60	44
Obrázek 44 – Holux GR-241	44
Obrázek 45 – Nokia 6300	45
Obrázek 46 – HP 614	45
Obrázek 47 – Itec	45
Obrázek 48 – Holux ezTour	46
Obrázek 49 – Mapsource	47
Obrázek 50 – Detail trasy v Mapsource	47
Obrázek 51 – Software GPS-NMEA monitor	48
Obrázek 52 – ExpertGPS	48
Obrázek 53 – ExpertGPS	49
Obrázek 54 – Graf naměřených hodnot	58



SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 – Tabulka hodnot souboru csv</i>	<i>46</i>
<i>Tabulka 2 – Tabulka naměřených hodnot přesnosti satelitních navigací.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabulka 3 – Tabulka naměřených hodnot přesnosti určení polohy mobilním telefonem.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabulka 4 – Tabulka naměřených hodnot polohy ukázkového měření</i>	<i>60</i>
<i>Tabulka 5 – Tabulka naměřených hodnot výšky ukázkového měření.....</i>	<i>60</i>



SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

BTS - Base transceiver station

GPS - Global Positioning System

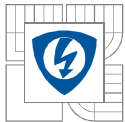
WAAS - Wide Area Augmentation Systém

RDS - Radio Data System

TMC - Traffic Message Channel

POI - Point of interest

SIM - Subscriber Identity Module



1. ÚVOD

Úvodem této práce bych chtěl objasnit, co slovo navigace znamená. Dle slovníku cizích slov je to vedení lodi či letadla po předem určené dráze a určování jejich polohy. Navigace dnes najdeme v automobilech, letectví, lodní dopravě a jsou velkým pomocníkem v logistice. Předchůdcem navigace byl kompas, který nás vedl pevně určeným směrem (azimutem). Základní funkcí navigace je určování směru, tak jako to dělá kompas, který později nahradil gyroskop. Výhodou navigace je, že prozradí, jestli je směr správný, jakou rychlostí se objekt přibližuje a pokud pojede konstantní rychlostí, v jakém čase bude v cíli. S nástupem letecké dopravy zažila navigace velký rozmach, ale její cena byla stále vysoká. To se v posledních letech mění a navigace lze najít i na neobvyklých místech. Navigační systémy se díky nízké ceně stávají dostupnější pro širší okruh uživatelů. Zmíním se o výhodách a nevýhodách různých navigací, mapových podkladů a služeb. Navigace se zmenšují, jsou lehčí a spolehlivější. Jsou ale opravdu přesnější? V této diplomové práci se pokusím vysvětlit základní princip navigací, jejich výhody a nevýhody a nakonec provedu praktické měření.

2. ZPŮSOBY NAVIGACE

2.1 Rozdělení

Pokud pomenu základní způsoby navigace pomocí mapových podkladů, buzoly, nebo hvězd a budu se soustředit pouze na elektronické přístroje, existuje na světě několik navigačních systémů. Mezi nejrozšířenější navigační systémy patří bezesporu systém satelitní navigace se systémem GPS (Global Positioning System). Tento systém budu srovnávat s navigací mobilním telefonem, který se netěší takové popularitě, ale stále se používá. Je důležité pro danou aplikaci zvolit správný způsob navigace. Pro leteckou dopravu je bezesporu nejlepší satelitní navigace. Naopak pro lokalizaci například tramvajové dopravy je výhodnější použití lokálních pozemních stanic. Další možností je navigace pomocí gyroskopu, ta se používá zejména u letadel a balistických raket.

2.2 Využití v automobilech

V automobilové technice je určitě nejpoužívanější satelitní navigace, v jejím stínu potom je navigace pomocí mobilního telefonu. Pokud má automobil dobrý výhled, funguje satelitní navigace, která má přesnost kolem 3 m. Pokud takový výhled není, přepne se navigace na určování polohy pomocí pozemních stanic, ale přesnost klesá k 100 m. V případě, že se ani to nepodaří, je zde možnost navigovat pomocí samotného pohybu automobilu. Toho můžeme využít například pokud navigace zná rychlost otáčení kol a natočení volantu. Při vjezdu do tunelu navigace sice ztratí svou přesnost, ale stále je schopná navigovat. Dokonalá navigace dokáže kombinovat všechny tyto způsoby, bohužel na našem trhu stále není dostupná. Z tohoto popisu je jasné, že se budu zabývat třemi způsoby navigace. Každý z těchto způsobů má svou přesnost, výhody a nevýhody. Podívejme se na ně podrobně.

3. SATELITNÍ NAVIGACE

Jak už z názvu plyne, jedná se o spojení satelitu s pozemním přijímačem. Přenos probíhá jednosměrně, pouze z družice do přístroje. Tato navigace je nejrozšířenější a označuje se zkratkou GPS (Global Positioning System). V dnešní době se připravuje start systému GNSS (Global navigation satellite system), označovaný také jako Galileo. Tento systém je ale stále ve stádiu přípravy, a proto budu mluvit hlavně o systému GPS.

3.1. Historie satelitní navigace

Historie satelitní navigace sahá do 50. let a začátku kosmického věku k první družici Sputnik (1957). Po jejím vypuštění vědci v čele s Richardem B. Kershnerem přišli s nápadem, že pokud znají frekvenci signálu, který družice vysílá, mohou využít Dopplerova efektu. Tento jev spočívá v tom, že frekvence vysílaného signálu je vyšší, když se družice přibližuje, a naopak nižší, když se vzdaluje. Sestavili několik od sebe vzdálených přijímačů, které dokázaly určit polohu družice. Když v praxi vyzkoušeli, že tento systém funguje, i když s velkou nepřesností, zrodil se nápad, provozovat systém opačně. Statickým místem se staly družice a pohybující bod je nyní člověk s navigací. První test byl proveden už v roce 1960, kdy byl vyzkoušen první systém Transit. Byl složen z pěti družic a dokázal určit polohu jenom jednou za hodinu. Po něm přišli systémy Timation, které už měli velmi přesné hodiny. Systém GPS, jako takový, se začal plánovat v roce 1973 na Ministerstvu obrany USA a jeho původní využití bylo pro armádní účely. V roce 1993 měl systém GPS už požadovaných 24 družic a byl uveden do ostrého provozu. Roku 2000 byla vypnuta ochrana „Selective Availability“, která znehodnocovala GPS pro civilní použití přidáváním náhodných chyb. Přesnost systému pro civilní použití dosáhla později až ± 1 metru, ale v případě ohrožení je možnost tuto funkci znovu ihned zapnout, a tím zhoršit přesnost. S postupem času se vypouštěly nové družice a začaly vznikat i nové systémy například v Evropě a Asii. Systém je primárně určen pro armádní účely. Pokud systém propojíme s internetem a stáhneme příslušné korekční signály, jsme schopni dosáhnout přesnosti na centimetry, toho využívají například zeměměřiči. Pro použití v automobilech je přesnost na metry dostatečná.



Obrázek 1 - Satelity GPS

3.2. Družice - vysílač

První družice byla vypuštěna na oběžnou dráhu v roce 1978. Družice samotná váží 775 kg, obíhá ve výšce 20 350 km a všechny dohromady se pohybují na 3 drahách s 12 hodinovou periodou. Systém má 30 družic, ale jen 24 z nich je aktivních, ostatní družice slouží jako záložní nebo korekční. Uvnitř družice se nacházejí velmi přesné atomové hodiny, které dbají na to, aby všechny satelity měly kromě přesně stanoveného místa i stejný čas. Dále se zde nalézají vysílače s kmitočty L1 1575,42 MHz a L2 1227,60 MHz. Civilní přijímače pracují pouze s vyšší frekvencí L1, armádní potom využívají obě frekvence, a tím dosahují i lepších přesností. Družice ve svém signálu vysílá tyto informace:

- * Efemeridou – přesná poloha na oběžné dráze v určitém čase pro následujících 24 hodin
- * Přesný čas, který udávají atomové hodiny
- * Odhad zpoždění signálu v ionosféře
- * Almanac – databáze ostatních satelitů s jejich polohou
- * Další informace, jako například WAAS korekční systém, o kterém se zmíním později.

Družice funguje jako vysílač, ale může i přijímat povely řídicího střediska a data signálu WAAS (EGNOS) korekce polohy. Družice musí být minimálně 15° nad obzorem a může být kombinovaná například se systémem satelitního telefonu. Pro satelitní telefon platí stejné parametry jako u GPS, ale za používání a volání se platí nemalé částky. Například satelitní telefon Iridium 9555 stojí 30 000 Kč, SIM karta 45 0Kč a jedna jednotka stojí 15 Kč. Jedna jednotka vystačí na 1 minutu hovoru na pevnou linku. Fotografie družice GPS je vyobrazena na obrázku 2.



Obrázek 2– Družice GPS

Použitá literatura [12]

3.2.1 Přenos signálu

Každý satelit vysílá vlastní signál, ve kterém jsou data uspořádána do určitého formátu, který je definován přenosovým protokolem. U systému GPS jsou rozdělena do rámců o 1500 bitech. Každý rámec se dělí do 5 polí po 300 bitech o 10 slovech o 30 bitech. V Každém rámci nalezneme korekci hodin, efemeridy, doplňující data a Almanac.

3.3. Přístroj - přijímač

3.3.1 Princip přijímače

Nyní je nutno se podívat, co nalezneme na straně přijímače. Systém se skládá z antény, výpočetního systému a uživatelského rozhraní. Po zapnutí GPS přijímače začne systém přijímat na zmíněné frekvenci L1 a pokusí se získat tzv. Almanac, což je seznam družic. Po jejím získání zjistí, které družice by měly být na obloze a pokusí se zachytit jejich signál. Velmi často se lze setkat s tím, že uživatelé nedají přijímači dostatek času a po minutě ho vypnou. Pokud přijímač nebyl dlouhou dobu v provozu, tak potřebuje chvíli času na stažení almanacu a přesného času. GPS samotná pracuje pouze jako přijímač, pokud se tedy budu zmiňovat o spojení, mám na mysli spojení GPS se satelitem. Mezi uživateli je taktéž rozšířena fáma, že GPS lze odposlouchávat. To ale není možné, protože GPS nic nevysílá. Pro určení polohy potřebuje systém spojení s třemi družicemi, pokud je nutno znát i výšku, je jich potřeba více. Přijímače lze porovnávat podle počtu kanálů výdrže baterie, uživatelského rozhraní, velikosti paměti na mapy nebo POI. Hlavním kritériem pro výběr by ale mělo být to, k čemu bude GPS sloužit. Určitě je dobré pořídit si jinou navigaci do letadla, jinou na kolo nebo loď. Všechny přijímače budou fungovat jak v letadle tak i na lodi, ale je mezi nimi znatelný rozdíl v konstrukci a uživatelském rozhraní. Nejstarší navigační přístroje byli jednobandové sekvenční. Takový přijímač postupně přijímá signály a plně zpracovává data z každé družice. Lepším systémem je multiplexový přijímač, který zrychluje zpracování tím, že v době příjmu signálu jsou data dekódovány podle předchozích. Nejnovější navigace jsou vícebandové a umožňují současný příjem signálu z více družic.

3.3.2. Příklady využití GPS

GPS je možno v dnešní době nosit na ruce jako hodinky (Obrázek 3) nebo jí mít v autě jako navigaci k cestování (Obrázek 4). Navigace nás může vést při plavbě na lodi (Obrázek 5) a může být vybavena také sonarem. Nejlevnější a nejjednodušší navigace nalezneme pro počítače s USB rozhraním, o něco více stojí navigace s Bluetooth technologií (Obrázek 6). V USA jsou velmi oblíbené navigace s PMR vysílačkou. U takové vysílačky můžeme vidět, kde se přátelé pohybují, jakou rychlostí a směrem současně s nimi hlasově komunikovat (Obrázek 7). Poslední je navigace, která má krytí IPx6 a kvalitní obal pro venkovní použití (Obrázek 8). Jedná se o GPS Tracker, ten pozici neukládá, ale hned ji vysílá přes mobilního operátora. GPS přijímače jsou v dnešní době tak miniaturní, že není problém je umístit do hodinek nebo menších zařízení. Nevýhodou GPS je bohužel jejich spotřeba, a tak hodinky se zapnutou GPS vydrží jenom 6 hodin provozu. Při výběru navigace je nutné si pečlivě rozmyslet, k čemu chce uživatel navigaci primárně používat.



Obrázek 3 – GPS do automobilu



Obrázek 4 – GPS do terénu



Obrázek 5 – Lodní navigace

Použitá literatura [11]



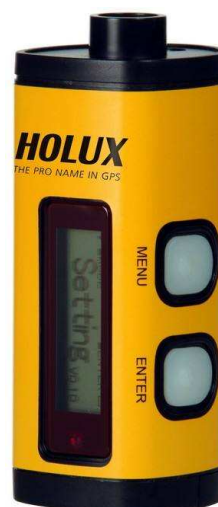
Obrázek 6 – Hodinky s navigací

Použitá literatura [11]



Obrázek 7 – GPS logger

Použitá literatura [17]



Obrázek 8 – GPS tracker

Použitá literatura [18]

3.3.3. Rozdělení vícekanálových GPS podle počtu kanálů:

GPS přístroje můžeme rozdělit například podle maximálního počtu kanálu takto:

- * 8 kanálová (GPS 120 XL)
- * 12 kanálová (GPS 60)
- * 20 kanálová (NAVIBE GB737)
- * 32 kanálová (Qstarz BT-Q880)
- * 51 kanálová (Evolve touchTraXX)

V závorce je uveden vždy jeden konkrétní model GPS, který podporuje daný počet kanálů přijímače. Jak jsem již zmínil, funkčních družic je 24 a nesmíme zapomenout, že některé budou vždy nedostupné. Z těchto důvodů se nejčastěji dodávají GPS s 12 a 20 kanálovými přijímači. GPS navigace s 51 kanály rozhodně nemusí být přesnější než 12 kanálová. Jedná se většinou o reklamní tah a uživatel v dnešní době vůbec nemusí řešit počet kanálů.

3.3.4. Antény:

Navigace používají nejčastěji dva typy antén. Plochou anténu, která je založena na principu mikropásku, její výhodou jsou malé rozměry. Druhou variantou šroubovicová anténa, která ale z přístroje vyčnívá. Tato anténa má ze zkušenosti uživatelů lepší příjem než plochá anténa.

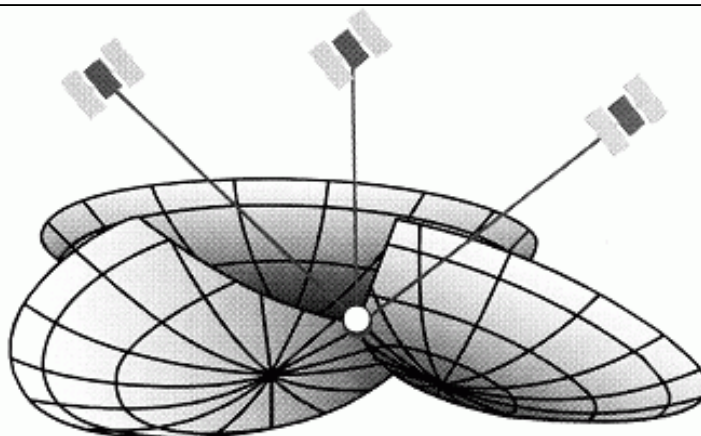
3.4. Výpočet polohy

Jak už bylo řečeno v kapitole princip funkce v této kapitole se podívám jak probíhá samotný výpočet polohy. Z informací o zpoždění signálu a korekci zjistíme vzdálenost zaměřených družic od přijímače. Probíhající výpočet při každé komunikaci lze popsat vztahem:

$$d_i = \sqrt{(x - x_s)^2 + (y - y_s)^2 + (z - z_s)^2} = P_{RS} + T + E_s \quad (3.1)$$

kde d_i je vzdálenost antény od i -tého satelitu. x, y, z jsou potom určované souřadnice. x_s, y_s, z_s jsou souřadnice satelitu, které se získají z efemerid. P_{RS} je odhad vzdálenosti, T časová chyba a E_s součet všech chyb systému.

Vzdálenost se určí jako $d_i = t_{di} \cdot c$, (3.2) kde t_{di} je doba potřebná k tomu, aby signál vysílaný ze satelitu dosáhl přijímače a c je rychlost šíření elektromagnetických vln. Určení polohy je založeno na principu protínání. Pokud známe vzdálenost od satelitu, pak jeho poloha je určena průsečíkem imaginárních kulových ploch.



Obrázek 9 – Výpočet polohy

Použitá literatura [19]

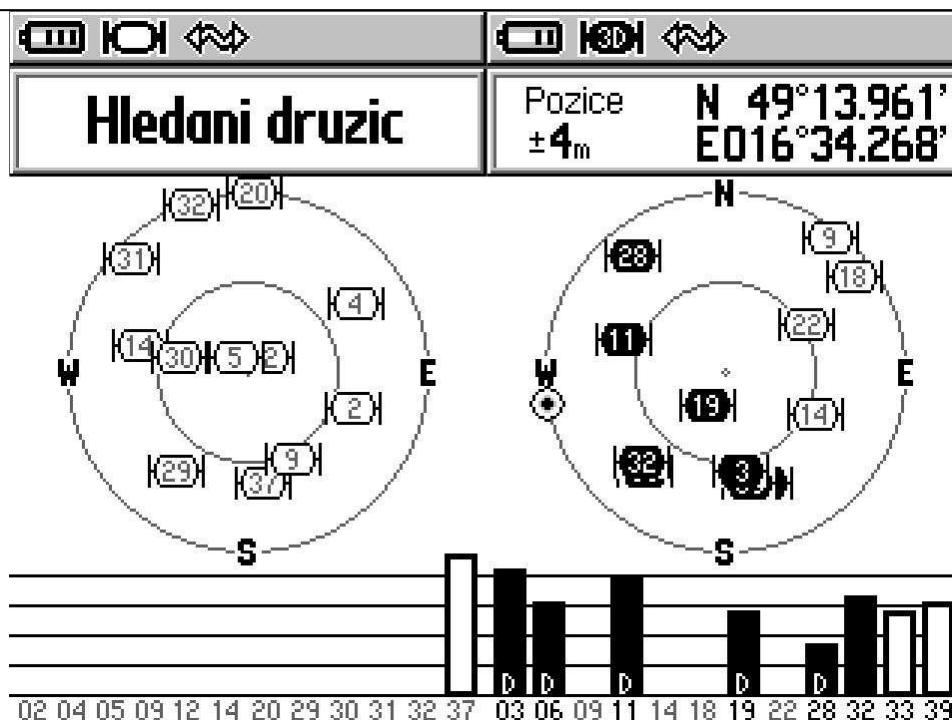
3.4.1 Chyby spojení

Problémů se spojením může nastat několik. Systém může být rušen například bouřkou nebo magnetickými vlivy. Když jsem se již zmínil o minimálně třech družicích nutných k sestavení polohy, jedná se o minimální počet který ale ne vždy bude dostatečný. V případě, kdy jsou družice blízko u sebe, se chyba mnohokrát znásobí a může být i větší než ± 100 metrů. Někdy je lepší pro přijímač, aby zaměřil pouze tři družice na třech různých světových stranách, než pět družic na jedné světové straně. Přesnosti GPS pomůže i systém WAAS.

Dalším problémem pro GPS je tzv. studený start. Po něm GPS netuší, kde se přibližně nachází a například GPS koupená a vyzkoušená v USA, má nyní v ČR problém se spojit. Prodejcem je taková navigace vrácena jako nefunkční, ale ve skutečnosti jenom potřebuje dostatek času na prvotní určení polohy. Přijímač projde všechny známé družice a po stažení seznamu družic a určení polohy provede start. Příští start proběhne už rychleji, protože si zapamatuje Almanac, poslední polohu a čas. Pokud přijímač zůstane dlouho bez energie, ztratí přijímač čas i Almanac.

3.4.2 Vyhledávání signálu

Ukázka hledání je uvedena na Obrázku 9. GPS se nejprve pokouší zachytit náhodně první družici, zde například 37. Z této družice zjistí přibližný čas a Almanac. Zná-li přijímač přibližnou polohu a čas, snaží se spojit s dalšími družicemi. Na Obrázku 9 si lze všimnout, že předpokládané rozložení družic se diametrálně liší od skutečnosti, kterou GPS zjistí o minutu později. V tomto konkrétním případě má přijímač spočítáno šest družic. Na pěti družicích aplikuje korekci WAAS (znak půlměsíce), kterou přijímá nejspíše z družic 32, 33 nebo 39. Pro příjem WAAS není nutné mít družici vypočítanou (černý sloupec). GPS tedy využívá osm kanálů, zbývajících čtyři využívá pro hledání nových družic. Jak jsem se již zmínil, při dělení přijímačů podle počtu kanálů, tak i zde v praktickém případě je možno vidět, že 51 kanálový přijímač přesnost určení polohy nezlepší.



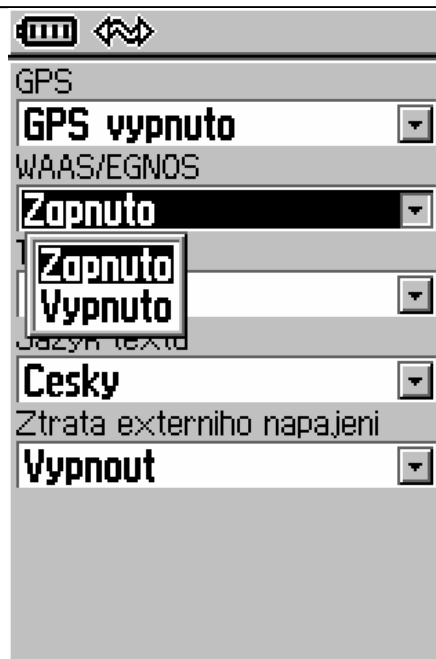
Obrázek 10 – Ukázka hledání družic

3.4.3 SIRF3 čip

Od roku 2006 se začal hojně v GPS přijímačích používat čip SIRF3, který znatelně zlepšuje jejich citlivost. GPS vybavená tímto čipem snáze určí polohu v nehostinném terénu, například v hustém lese. Bohužel tato technologie má i své nevýhody. Mezi hlavní patří větší zachytávání odrazů signálu, například od budov, skal a jiných předmětů. Při srovnávání přijímače s čipem SIRF3 a SIRF2 bylo zjištěno, že přístroje se starším čipem nemají tendenci pořádkem měnit pozici, a tak uživatelé při záznamu prošlé trasy nemají tolik chybných bodů. Většina GPS má tento údaj uveden a výrobci se jim často chlubí, i když výhody uživateli nikdo pořádně nevysvětlí. V automobilové technice a automobilech doporučují GPS se SIRF3, protože většina nových aut je vybavena metalizovaným předním oknem, které zabraňuje průniku vysokých frekvencí. Přijímače starší generace často neměly signál z družice a uživatelé si museli pořizovat externí antény. Metalizovaným oknem je například vybaven i vlak Pendolino, ze kterého se lidé často nedovolají, protože frekvence 900 MHz a 1800 MHz je sklem utlumena a kabina je z hliníku. Při výběru navigace je absence SIRF3 značnou nevýhodou a určitě bych tento čip jako součást GPS vyžadoval.

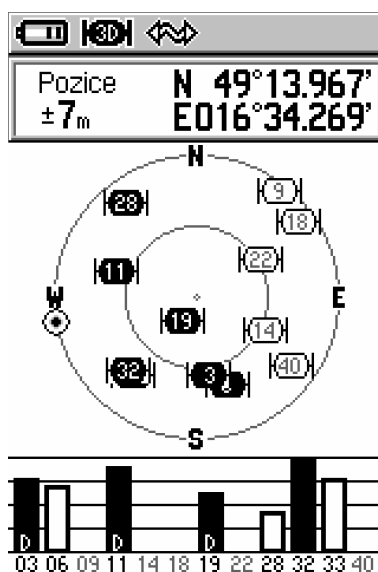
3.4.4 WAAS (EGNOS) korekce signálu

Satelitní navigace se musí vypořádat i s rozmary počasí. Je to faktor, který dokáže hodně změnit rychlost šíření signálu ze satelitu do přijímače. Celosvětově se tento problém nedá vyřešit, a proto vznikly 3 systémy: WAAS (Severní Amerika), EGNOS (Evropa), MSAS (Japonsko), které lokálně zpřesňují GPS pozici. V Evropě jsou stanice ve Francii, Itálii, Švédsku a dalších zemích. Stanice znají svou přesnou polohu, a pokud se jim GPS snaží namluvit jinou pozici, provedou korekci systémem EGNOS.



Obrázek 11 – Zapnutí WAAS/EGNOS v přístroji Garmin

Na Obrázku 11 vidíme menu přístroje Garmin GPS60. V položce nastavení máme možnost korekci WAAS a EGNOS aktivovat. Na Obrázku 12 lze vidět obrazovku satelitu na přístroji Garmin včetně rozestavění družic a čísel družic v daném okamžiku. Dole je možno nalézt údaj o síle signálu. Jestliže je síla zobrazena plnou barvou, je družice zaměřena, pokud barvou šedou, ještě se zaměřuje a není s ní počítáno při zaměření polohy. Na Obrázku 11 si lze všimnout u družic 3, 11, 19 znaku půlměsíce indikujícího korekci signálu. V tomto případě data poskytla družice 32, tuto družici najdeme v Evropě pokud zaměříme přijímač ve směru na jih a je geostacionární. Samotný údaj o korekci navigace se neudrží dlouho, po přibližně 30 sekundách bez signálu korekční družice se značka WAAS ztrácí.



Obrázek 12 – Korekce WAAS

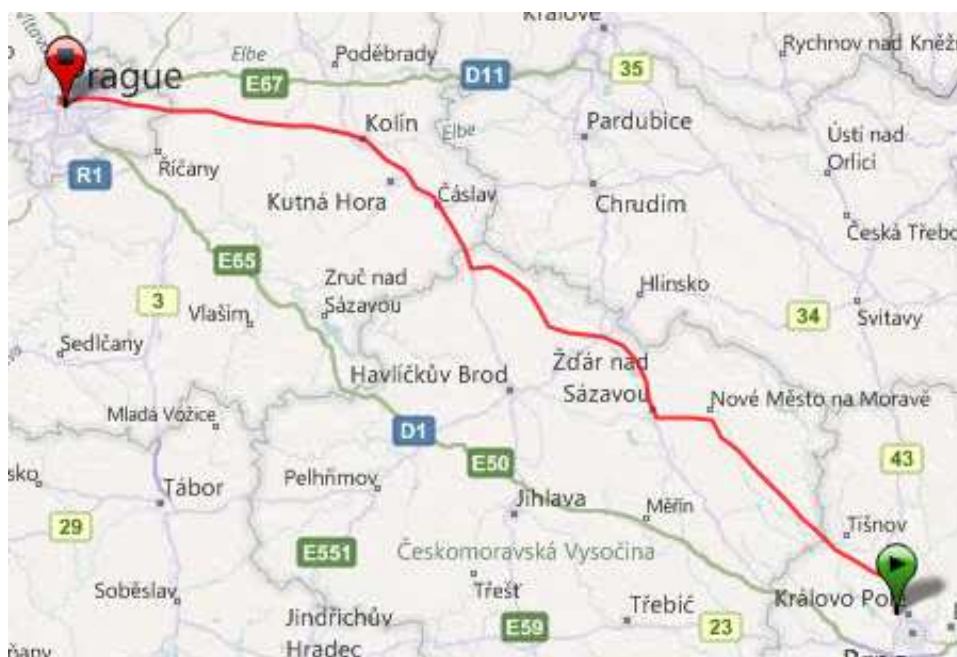
V dnešních navigacích se stal systém WAAS, EGNOS a MSAS takovým standardem, že už o jeho práci často ani uživatel neví a na moderních GPS přijímačích není tato funkce nijak indikována.

3.5. Práce s GPS

Po určení polohy je nám GPS schopna sdělit aktuální polohu, rychlost, směr, výšku (při více satelitech) a klouzavost. Nyní tyto údaje popíšu podrobněji.

3.5.1: Pozice

Pozice je aktuální poloha, vyjádřené v souřadnicích. Standart v GPS je formát WGS-84, který se zapisuje ve stupních ($10,25^\circ$), stupních a minutách ($10^\circ 15'$) nebo stupních, minutách a sekundách ($10^\circ 10' 10''$). Na Obrázku 12 (v horní části) lze vidět aktuálně zaměřenou pozici ve tvaru Stupně a minuty. Při přepisu je nutné zadávat přesný formát, jinak vznikají značné chyby. Například souřadnice $N48.10^\circ E18.10^\circ$ jsou od souřadnic $N48^\circ 10' E18^\circ 10'$ vzdáleny vzdušnou čarou 8,93 km. Taková chyba je velmi velká. Pro představu lze uvést jako příklad ulici Kolejní, která je od Hlavního nádraží vzdálena vzdušnou čarou 4,5 km. V tomto případě se při zadání údajů ve špatném formátu může stát, že se zadavatel ocitne na druhé straně Brna a navigace bude tvrdit, že je to určitě správně. Velmi často se tyto chyby stávají při navigaci integrovaného záchranného systému, a proto je nutné vždy ověřit formát, v jakém sdílíme naši pozici. Na Obrázku 13 vidíme příklad mapy prošlé trasy.

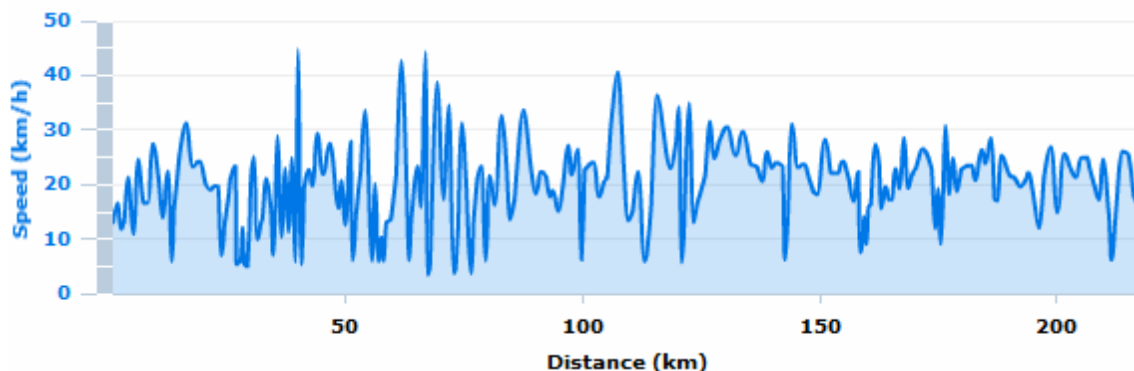


Obrázek 13 – Mapa prošlé trasy

Použitá literatura [20]

3.5.2: Aktuální rychlost

Aktuální rychlost pohybu je přístrojem vypočítávána z rozdílu dvou bodů se vzorkováním obvykle 1s. Přesnost měření roste s rychlostí (měřenou vzdáleností). Velmi přesných údajů dosahuje GPS v letectví. Je nutno si dávat pozor na to, že GPS měří pouze 2D pohyb. Pokud se jede z kopce, bude skutečná rychlost vyšší. Proto se GPS nemůže považovat za přesnější oproti například tachometru v autě. Chyba rychlosti nastane i při výpadku signálu například v tunelu nebo lese. Pokud GPS zaměří bod o 50 metrů jinde, tak rychlost bude v první sekundě 150 km/h, ale ve druhé sekundě 50 km/h. Maximální dosažená rychlost v přístroji ale zůstane 150 km/h. Tyto chyby lze eliminovat dodatečnou analýzou logu a vymazáním špatně zaměřených bodů.



Obrázek 14 – Závislost rychlosti na vzdálenosti

Použitá literatura [20]

3.5.3: Směr pohybu

Směr pohybu je funkce, kdy GPS může určit směr jako kompas nebo může ukazovat na jiný bod. Je nutné si dávat pozor, jelikož směr je určován podle rozdílu dvou předchozích bodů (předpokládá náš pohyb). Pokud se GPS (bez kompasového modulu) otáčí na místě, tak bude ukazovat směr pořád stejný. Z toho je patrné, že natočení GPS nehraje žádnou roli ve srovnání s kompasem. Velmi často se také stane, že zastavíme příliš rychle a GPS se trochu vrátí ve výpočtu skutečného bodu. Důsledkem toho se nám ale například mapa natočí na opačnou stranu a GPS začne tvrdit „otočte se, jedete špatným směrem“. Výrobci tento problém vyřešili úpravou softwaru, která otočí mapu až po ujetí větší vzdálenosti.

3.5.4: Výška

GPS umí určit i výšku, ale s velkou nepřesností (± 50 m). Navíc neumí s výškou dále pracovat a zohlednit ji například právě u rychlosti pohybu. V praxi se moc zjišťování výšky nepoužívá a považují to za spíše orientační údaj. Kvalitnější přístroje jsou vybaveny výškoměrem na principu měření tlaku, které dosahují několikanásobně lepších přesností. Pokud chceme znát přesnou výšku naší trasy, řešením je dodatečný přepočítání prošlo trasy a sestavení výškového profilu z vrstevnicových map z internetu. Ukázku výškového profilu vidíme na Obrázku 15.



Obrázek 15 – Závislost výšky na vzdálenosti

Použitá literatura [20]

3.5.5: Klouzavost

Klouzavost se nejčastěji využívá v letectví. Jednotkou je m/s a pro její výpočet se používá výškoměr a rychlost z GPS nebo rychlost proudění z variometru. Například klouzavost 10 znamená, že letadlo dokáže doletět z výšky 1000 metrů na vzdálenost 10 kilometrů. Klouzavost nezávisí na hmotnosti letadla. Při vyšší hmotnosti bude klouzavost stejná, ale zvýší se rychlost letu. Tento údaj nejčastěji využívají větroně a parašutisti.

3.5.6: Čas pohybu a zastavení

Navigace dokáže zaznamenávat čas pohybu, ale i dobu po kterou se nepohybuje. Toho lze využít k výpočtu průměrných rychlostí. Zde bych se vrátil k čipu SIRF3, které, pokud chytají různé odrazy, zanášejí do měření chybu a potom, i když GPS stojí, tak ukazuje nesprávný čas zastavení a průměrnou rychlost pohybu. Řešením je zase dodatečná úprava zaznamenané trasy v programu dodávanému k GPS.

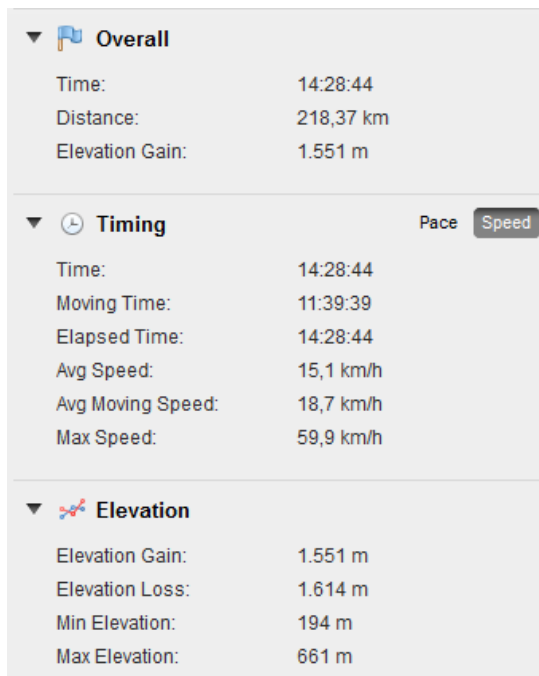
3.5.7: Trasový počítač

Vzd. trasy 189^k_m	Max. rychl. 49.4^k_h
Čas pohybu 10^H27^M10^S	Prům. pohyb 18.0^k_h
Čas zast. 01^H57^M10^S	Prům. celk. 15.2^k_h
Vyska 288^m	
Prošla vzd. 188.65^k_m	

Obrázek 16 – Trasový počítač

Na závěr vidíme na Obrázku 16 trasový počítač, kde je zobrazena vzdálenost trasy, maximální rychlost, celkovém času pohybu, průměrné rychlosti pohybu, času, kdy měla GPS nulovou rychlost, průměrné rychlosti i s časem stání, nadmořská výška a znovu celková vzdálenost. Tyto informace jsou uživatelsky nastavitelné a lze je měnit. Tyto informace nijak neovlivňují zápis logu a ani nejsou z něho počítány, a proto jsou méně přesné než dodatečná úprava v počítači.

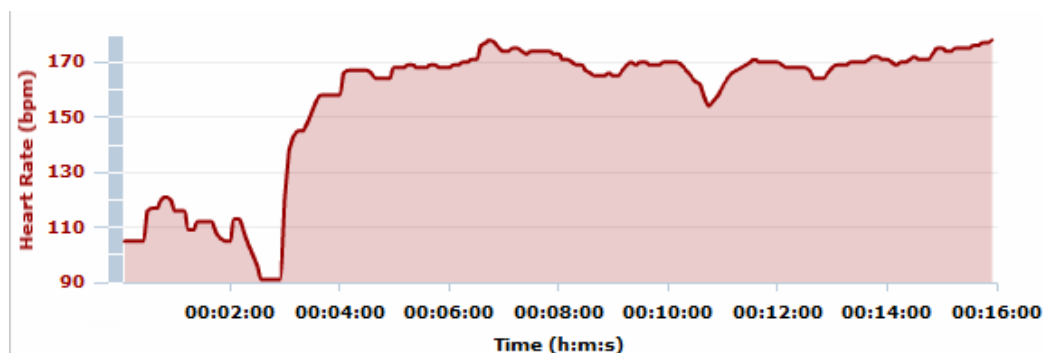
3.5.8: Garmin connect



Obrázek 17 – Garmin Connect

Použitá literatura [20]

Na Obrázku 17 vidíme statistické informace z webové aplikace Garmin Connect, která provedla dodatečnou statistiku a vytvořila mapu. Výstupy z aplikace jsou na Obrázku 13 a grafy na obrázcích 14 a 15. Propojení navigací může být různé. Jak už jsem psal, mohou spolupracovat s výškoměrem nebo získávat informace z měřiče tepu, což využívají například sportovci.



Obrázek 18 – Měření tepu v Garmin Connect

Použitá literatura [20]

3.6. Mapové podklady

Samotná navigace je v automobilu bez potřebných map k ničemu. Mapové podklady mohou být uloženy, ale nemusí, v navigaci. Základní programy, jako například Nokia Maps nebo Google Maps, obsahují pouze základní software, ale už ne mapové podklady, neboť ty stahují z internetu.

3.6.1: Online mapy



Obrázek 19 – Google maps

Na Obrázku 19 vidíme program Google maps. Levý obrázek zobrazuje načtení mapy Brna, která byla vyhledána jenom pomocí vyhledávání. Mapa se stáhla do mobilního telefonu, ale pozice je zaměřena uživatelem. Na pravé straně vidíme zaměření pozice pomocí GPS. Aktuální datový přenos je pouze 20kb, ale i tak malé data dokážou prodražit dovolenou pokud je mobil v roamingu. Jako druhý údaj vidíme „GPS aktive (4)“, což nám prozrazuje, že navigace je aktivní a nalezla 4 satelity. Tyto informace nám mohou posloužit k odhadu přesnosti, bohužel dnešní navigace je už moc neuvádějí. Toto řešení má nesporně výhodu v tom, že jsou mapy aktuálnější a nabízejí funkce jako „Satelitní snímky“. Satelitní snímky jsou vhodné pro pozorování detailu, jako je například barva střechy, typ vozovky, zalesněnost atd. Někdy tyto informace mohou být ale na škodu a mohou uživatele rušit, neboť satelitní snímky k přesnějšímu navedení k cíli nevedou a řidiče zbytečně rozptylují. Online mapy mají navíc tu nevýhodu, že když je přístroj mimo dosah mobilního internetu, nefunguje ani navigace. Při pořizování takových map je nutno započítat do nákladů také měsíční paušál za mobilní internet, který se hradí operátorovi.

3.6.2: Uživatelské prostředí

Na Obrázku 20 je možno vidět navigaci Dynavix ve 2D a 3D zobrazení. Zobrazení map v 3D pohledu je ale samotná třešnička na dortu a bez pořádných mapových pokladů je k ničemu. Tato funkce je velmi náročná na vykreslování a tak je nutné pořízovat rychlejší procesor, který vykreslování provádí. I proto jsou navigace s 3D zobrazením dražší a mají kratší výdrž baterie než běžné navigace. Výrobci pochopili, že rozdíly mezi citlivostí přístrojů jsou zanedbatelné a proto kladou nyní největší důraz na uživatelské prostředí a komfort uživatele. Většina dnešních navigací je už vybavena dotykovou obrazovkou a pohodlným menu v češtině.



Obrázek 20 – Navigační prostředí

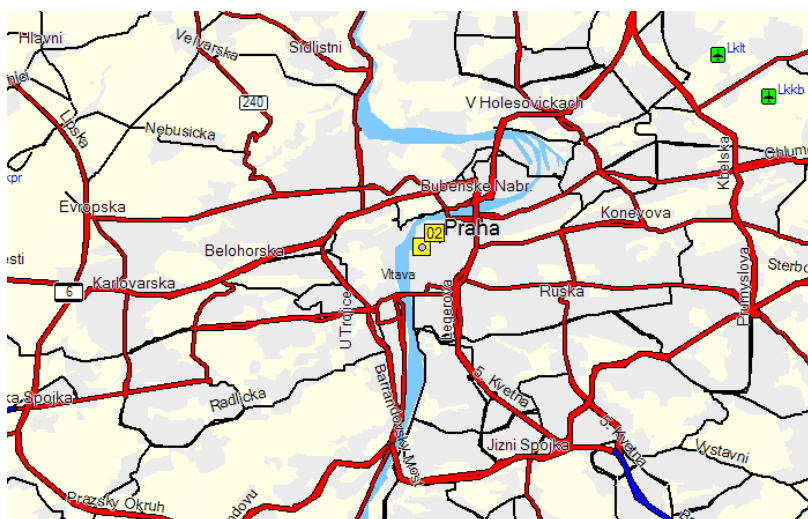
Použitá literatura [14]

3.6.3: Offline mapy

Druhou skupinou map jsou offline mapy, které se nahrávají do zařízení nejčastěji datovým kabelem. Nevýhodou tohoto řešení je nutnost aktualizace mapových podkladů, což je zpravidla placená služba. Největšími výrobci jsou firmy Tomtom a Garmin.

3.6.3.1: Mapy pro silniční provoz

Nejvíce aktualizovanou a využívanou oblastí map jsou silniční mapy. Na Obrázku 21 vidíme silniční mapu Atlas R10 od firmy Garmin, bez modifikace a grafických úprav, které později prování software navigace, například 3D zobrazení. V takovém syrovém stavu navigace podklady přijímá a převádí je do komfortního zobrazení, jako na Obrázku 20. Aktualizace těchto map se provádí dvakrát za rok. Firmy dnes nabízejí zdarma k navigacím doživotní aktualizaci map.



Obrázek 21 – Základní zobrazení silničních map – Garmin ATLAS

Použitá literatura [21]

Pro silniční mapu je důležité zakreslit typ komunikace a její označení pro spolupráci se systémem RDS-TMC a plánování tras. Většina silničních map dnes dokáže nejen naplánovat trasu, ale v případě nehody i na nehodu upozornit (RDS-TMC) a sestavit objízdnou trasu. Při plánování se berou v potaz maximální rychlosti nebo jednosměrné cesty. Stále častěji se do map zakreslují i omezení rychlostí nebo jiné zákazové a příkazové značky. Nejmodernější navigace ukazují i mimoúrovňové křižovatky. Na Obrázku 22 je ukázka inteligentní navigace



Obrázek 22 – Navigace s mimoúrovňovou křižovatkou

Použitá literatura [3]

3.6.3.2: Mapy pro nákladní dopravu

Mapy pro nákladní dopravu jsou podobné jako pro osobní, jenom mají více doplňkových informací. Obrázek 23 ukazuje piktogramy, které se mohou řidiči kamionu v navigaci zobrazit.

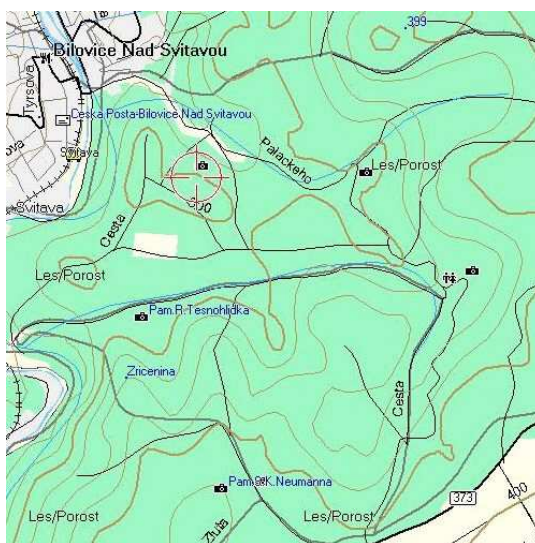


Obrázek 23 – Piktogramy

Použitá literatura [23]

3.6.3.3: Turistické mapy

Druhou skupinou jsou turistické mapy. Zde je kladen důraz na barevné rozlišení krajiny, vrstevnice, zajímavé místa a POI (Point of interest - body zájmu). Základem turistické mapy je mapa silniční, ale navigace může navigovat i po pěšinách a nezpevněných cestách, proto se do automobilů nehodí. Ukázku turistické mapy vidíme na Obrázku 24.

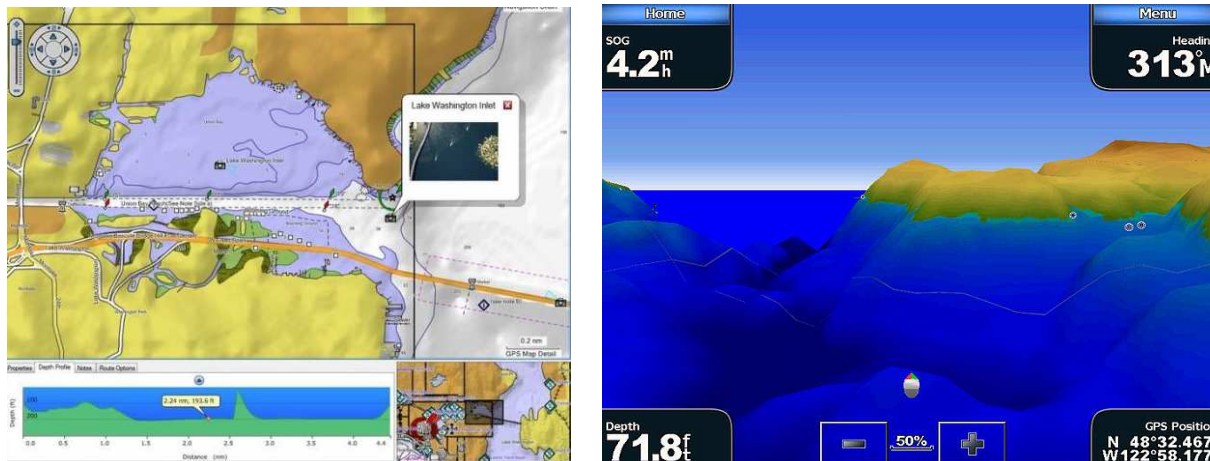


Obrázek 24 – Turistická mapa – Garmin TOPO

Použitá literatura [22]

3.6.3.4: Námořní mapy

Námořní mapy uvádím jenom jako dokumentaci jak takové mapy vypadají. Na obrázku vlevo je mapa v prostředí Mapsource. Obrázek vpravo ukazuje mapu námořní navigace. Pokud by chtěl uživatel ušetřit a koupil si námořní GPS do automobilu, vidím využití pouze u obojživelných vozidel. Tyto navigace umí spolupracovat například se sonarem.

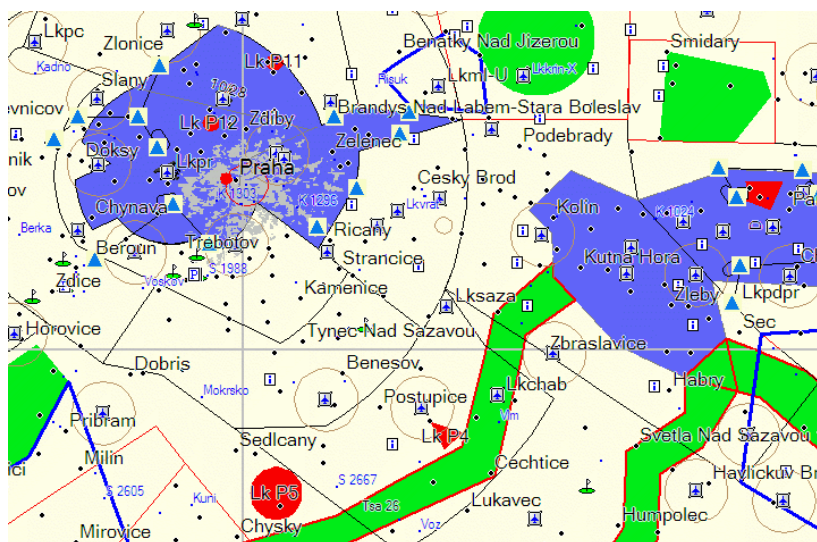


Obrázek 25 – Námořní mapa

Použitá literatura [24]

3.6.3.5: Letecké mapy

Poslední větší skupinou jsou letecké mapy. Na Obrázku 26 vidíme leteckou mapu české republiky. Červené místa jsou bezletové zóny. Využití v automobilech je ale nulové.



Obrázek 26 – Letecká mapa

Použitá literatura [25]

Při výběru mapových podkladů je velmi důležité vybírat tu správnou mapu pro automobilovou, kamionovou, lodní nebo leteckou dopravu jak je z map patrné.

3.6.3.6: Aktualizace map

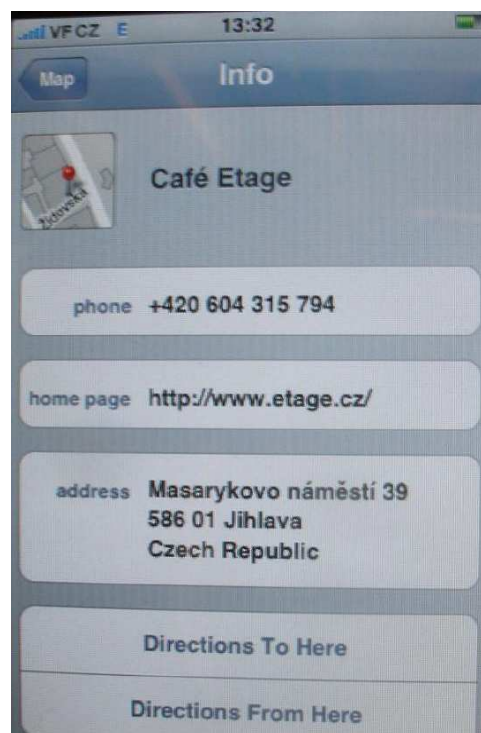
Velice důležitou částí při výběru offline mapových podkladů jsou aktualizace. V západní Evropě není stavební rozmach tak velký jako ve východních zemích. V České republice se ročně postaví přes 50 km dálnic a rychlostních silnic a přestože v roce 2011 dochází ke zpomalení, stále se projektují nové komunikace a obchvaty. Pokud se používají starší mapové podklady, řidiči mohou zbytečně sjíždět do měst, místo využití moderních obchvatů. Naopak řidiči, kteří pojedou podle směrových tabulí si užijí moderní rychlostní silnici nebo dálnici. Zde mají výhodu navigace, které stahují mapy z internetu, ale ani to nemusí pomoci, protože některé firmy mají dálnici uvedenou stále jako nedostavěnou. Tak jako koupit starou automapu z roku 2000 je nesmysl, tak i mapa do GPS z roku 2000 způsobí uživateli více komplikací než přínosu. Vždy je také nutné respektovat pravidla silničního provozu. Někdy se totiž stane, že po nás navigace chce otočení o 180 stupňů a jiné nebezpečné manévry. Tyto informace musí řidič dobře vyhodnotit a provést správný manévr.

3.6.4: POI

POI jsou zajímavá místa na mapě. Jedná se spíše o reklamní tah prodejců map, kteří uvádějí až 10 000 zajímavých míst, než užitečnou funkci. Ve skutečnosti tyto body mohou nést jenom velmi málo informací a tak při hledání zajímavých míst moc nepomohou. Jejich hlavním problémem je, že stárnou ještě rychleji než mapy. K dokonalosti POI to dotáhla firma Apple se svým telefonem Iphone. Pokud narazíte na bod zájmu, nabídne možnosti zda si uživatel přeje přímo do konkrétní restaurace navigovat, poslat email nebo zavolat. Zde se otevírá nový prostor pro sjednávání schůzek, kdy nejenom že si schůzku lze telefonicky sjednat, ale je možnost poslat partnerovi i polohu, kde se daná restaurace nalézá. Body zájmu lze získávat z internetu, a tak jsou vždy aktuální.



Obrázek 27 – Mapa POI



Obrázek 28 – Detailní informace

3.7. Propojení navigace s automobilem

Všechny dnes vyráběné automobily jsou vybaveny komunikačním konektorem OBD II, který se používá od roku 1996 jako standardní rozhraní v automobilovém průmyslu. Tento konektor se využívá při opravách automobilu a diagnostice a výrobci navigací nabízejí možnost takto propojit navigaci s automobilem.

3.7.1: Garmin ecoRoute

Jedním z nejvíce rozšířených systému je Garmin ecoRoute. Propojení automobilu a navigace se provádí speciálním kabelem s Bluetooth rozhraním, které je na Obrázku 29. Systém zpracovává informace o okamžité spotřebě paliva, emisích, otáčkách motoru, průměrné spotřebě paliva, napětí na baterii nebo teplotě provozních kapalin. Lze vybírat z 15 údajů v závislosti na typu automobilu. Ukázku vidíme na Obrázku 30. Marketingově se společnost tento systém snaží prodat jako systém pro úspornou jízdu.



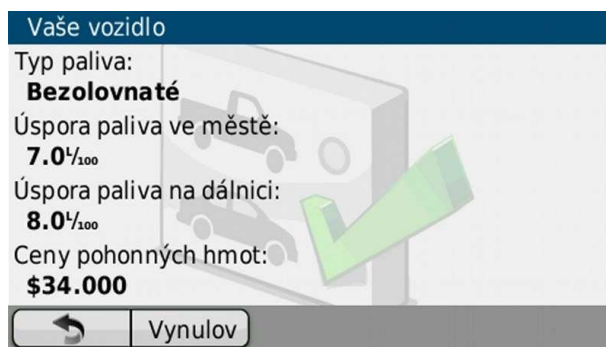
Obrázek 29 – Datový kabel

Použitá literatura [26]



Obrázek 30 – Stav automobilu

Použitá literatura [26]



Obrázek 31 – Úspora paliva

Použitá literatura [26]



Obrázek 32 – Stav automobilu

Použitá literatura [26]

Na Obrázku 31 vidíme hlavní stránku systému ecoRoute, která zobrazuje graf ekologičnosti jízdy za posledních 30 minut a informace o jízdě. Na Obrázku 32 jsou průměrné hodnoty paliva a cena pohonných hmot.

3.8. RDS

Systém RDS (Radio Data System) se v České republice používá už řadu let. RDS se nejčastěji využívá při hlášení dopravních informací v radiu - takzvané „zelené vlně“. Pokud se objeví na silnici problém, je informace předána řídicímu středisku, které vyše tuto informaci motoristům. Informace je předávána bez zpětného potvrzení o doručení. Data v síti RDS jsou zakódována a přenášena na frekvenci $57 \text{ kHz} \pm 2,4 \text{ kHz}$. Přenosová rychlost dosahuje pouhých $1187,5 \text{ bit/s} = 1,18 \text{ kbit/s}$, což není v dnešní době nic závratného, ale pro účely RDS je rychlost dostatečná. Navíc je tato frekvence používána v celé Evropě. Příjem RDS je pro řidiče zdarma.

3.8.1: Služby RDS

Systém RDS umožňuje využít tyto služby:

PS (Program Service): Zobrazení názvu stanice na display rádia. Max délka je 8 znaků.

PI (Program Identification): Využití při přepínání mezi vysílači – identifikace programu.

AF (Alternative Frequencies): Systém automatického přeladění rádia.

RT (Radiotext): Krátké textové zprávy na display rádia.

PTY (Program Type): Typ programu, nabývá hodnot od 0 do 31.

TP (Traffic): Identifikace programu, který vysílá dopravní informace.

TA (Traffic Announcement identification): Informace o zahájení vysílání.

RP (Radio Paging): Využití pro pagery.

CT (Clock-Time and date): Přenos data a času.

TMC (Traffic Message Channel): Přenos digitálních dopravních informací.

3.8.2: RDS – TMC

Předchůdce RDS vznikl v 70 letech v Německu a jmenoval se ARI. Tento systém zastřešovala firma Blaupunkt a německé rozhlasové stanice ARD. Při vysílání dopravních informací se na autorádiu rozsvítila kontrolka, která signalizovala, že jsou vysílány dopravní informace. Moderní systém nese název RDS-TMC. Ten umožňuje nejen to co ARI (Přepínač TI/TP), ale i automaticky přeladit vysílání při pohybu na jinou frekvenci. Dopravní informace se přenášejí jako Alert-c zprávy. Tato informace má v sobě zakódovány dvě kategorie – základní informační položku a volitelnou informační položku. Pokud navigace dostane informaci o nehodě, může změnit trasu a vyhnout se problémům. Základem pro správnou funkci jsou včasné a přesné informace. RDS-TMC má v České republice několik kanálů od různých společností.



Obrázek 33 – Anténa RDS-TMC

3.8.2.1: Parametry TMC

Systém RDS-TMC ve zprávě pro navigace zasílá tyto informace:

Událost (11 bitu) – informace o dopravním problému, povětrnostní situaci, název problému.

Místo (16 bitu) – lze určit bod, úsek, nebo oblast. Hlavní přednost služby TMC.

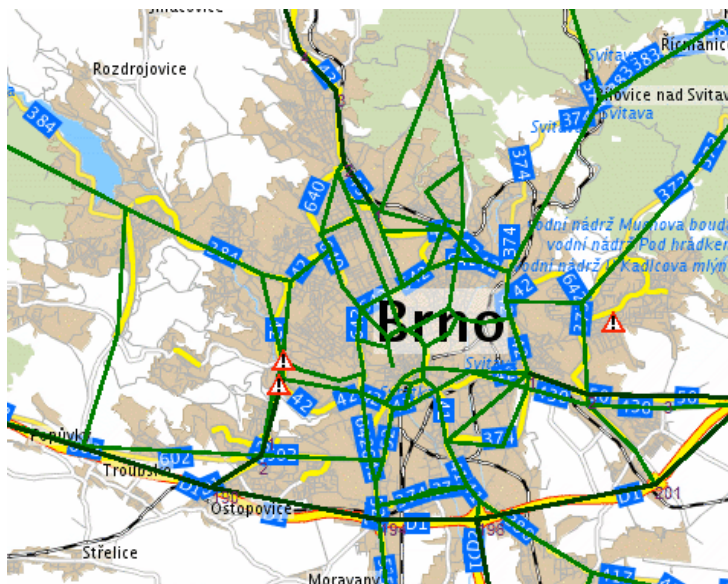
Směr a rozsah (4 bity) – například směr dálnice nebo okolní místa.

Trvání (3 bity) – odhadovaná doba trvání problému.

Doporučené objížděky (1 bit) – vhodné pro navigaci, která hledá alternativní trasu.

3.8.2.2: Chyby při použití TMC

Problémy a chyby technologie RDS-TMC jsou jak na straně vysílače, tak na straně přijímače. U provozovatele vysílačů je možné nejčastěji se setkat s tím, že chybí potřebná data. Pokud totiž do systému nikdo data o nehodě nevloží, tak se ani nedostanou k uživateli. Další častou chybou je špatné označení místa nebo jiné nepřesnosti. Poslední chybou, kterou lze najít, je špatné rozvržení lokalizačních tabulek. Pokud nastane nehoda na méně frekventované silnici, nebude možné tyto informace předat do GPS. Na straně přístroje se lze nejčastěji setkat se špatnou kvalitou přijímaného signálu. Velký problém mohou způsobit i neaktuální lokalizační tabulky, nebo špatná interpretace dat. Z tohoto krátkého výčtu chyb lze vidět, že RDS-TMC není stále dokonalá služba a je zde velký prostor pro zlepšení. Určitě by nás neměly tyto chyby odradit od používání této technologie, jen je nutné ji brát zatím s rezervou, dokud nedosáhne vysoké míry spolehlivosti.



Obrázek 34 – mapa RDS-TMC v Brně

Použitá literatura [9]

3.9. Zhodnocení satelitní navigace

Satelitní navigace v posledních letech zaznamenala velký komerční rozmach. Na straně technologií už k velkým pokrokům nedochází, přesto satelitní navigace v dnešní době, ale i v budoucnu, bude nejdůležitějším prvkem v automobilech a ostatní systémy budou většinou doplňkové.

4. NAVIGACE POMOCÍ MOBILNÍHO TELEFONU:

4.1 Historie navigace mobilních telefonů

V průběhu osmdesátých let byla velká poptávka po mobilních telefonech, a tak především ve Skandinávii začali vznikat mobilní sítě. Každá země ale vyvíjela vlastní systém, a to mnohonásobně zdražovalo vývoj vysílačů, ale hlavně cenu přijímačů, tedy mobilních telefonů. V roce 1982 vzniká standardizační skupina GSM (Groupe Spécial Mobile), která měla za úkol vytvořit standardy pro nový digitální systém, který by byl kompatibilní v celé Evropě.

Systém musel splňovat tyto, kritéria:

- Výborný přenos řeči
- Nízká cena
- Podpora Roamingu
- Frekvenční hospodárnost
- ISDN slučitelnost
- Možnost efektivního rozšíření

V roce 1990 byl vytvořen standard GSM. Komerční provoz první GSM sítě byl zahájen v roce 1991. V roce 1993 existovalo už 36 sítí v 22 zemích. Ačkoliv je GSM evropský standard, používá se i v Jižní Africe, Austrálii nebo pod jinou frekvencí i v USA. Standard GSM využívá v Evropě 900/1 800 Mhz, za oceánem potom 850 a 1 900 Mhz. V České republice byl systém GSM spuštěn v roce 1996 společností Eurotel a velmi rychle nahradil systém NMT. Dnes jsou na území České republiky systémy NMT, GSM, UMTS.

4.2 Vysílač

Určování polohy pomocí mobilního telefonu má některé společné vlastnosti jako satelitní navigace. Stejně jako u satelitní navigace je nutno znát polohu vysílačů, v tomto případě BTS (Base transceiver station).

4.2.1 Princip GSM

Každá BTS funguje na přesně daných frekvencích. Na internetu se uvádí, že GSM pracuje na 900 a 1 800 Mhz, ale jde pouze o pásma, nikoliv přesné frekvence. Pro 900 Mhz může existovat až 125 kanálů. Pro 1 800 MHz je jich až 374. Každý z těchto kanálů může obsloužit až 8 účastníků. V GSM se používá časové (TDMA) a frekvenční sdílení kanálů (FDMA). Kanály se přiřadí několika účastníkům, ale každý z nich používá kanál asi 0,5 ms. Skutečnost, že do mobilu lze mluvit i poslouchat, je možná díky duplicitní komunikaci, kde vysílání probíhá na jiné frekvenci než příjem hovoru. Technologie GSM (2G síť) překonala svou dobu a mobilní operátoři ji velmi neradi opouštěli. Už se zdálo, že mobilní data donutí operátory přejít na technologii UMTS, ale nástup GPRS a EDGE odsunul 3G síť o několik let dozadu. Dnes už se zdá, že hlad po mobilních datech je velký a tak všichni mobilní operátoři začali budovat UMTS síť.

4.2.2 Sítě UMTS

UMTS je 3G systém standardu dnešních mobilních telefonů. UMTS byl koncipován jako nástupník systému GSM. UMTS používá pro přístup W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access). Mnohonásobný přístup pomocí W-CDMA u těchto systému může být dále kombinován s TDMA (Time Division Multiple Access) a FDMA (Frequency Division Multiple Access). UMTS sítě jsou bezpečnější a více šifrované pro přenos hovoru. Mají lepší propustnost datového toku a dokáží obsloužit více hovorů najednou. Určování polohy je ale stejné a je potřeba znát seznam UMTS vysílačů.

4.2.3 BTS

Princip lokalizace je, jako u GPS, založen na výpočtu vzdálenosti od BTS. Tu musí vypočítat mobilní telefon i BTS, aby došel signál ve správném timeslotu. Na Obrázku 35 vidíme BTS stanici na ulici Kolejní. Tato BTS je vybavena třemi anténami, přičemž každá z nich pokrývá 120° prostor s vlastním identifikačním číslem. Základová stanice je vybavena velkým množstvím hardwaru, který přenáší informace do řídicího centra, kde se dále zpracovávají. Tento přenos jde většinou po vlastní ose, nejčastěji optickým kabelem a už nevyužívá standardu NMT, GSM, UMTS.



Obrázek 35 – BTS na ulici Kolejní

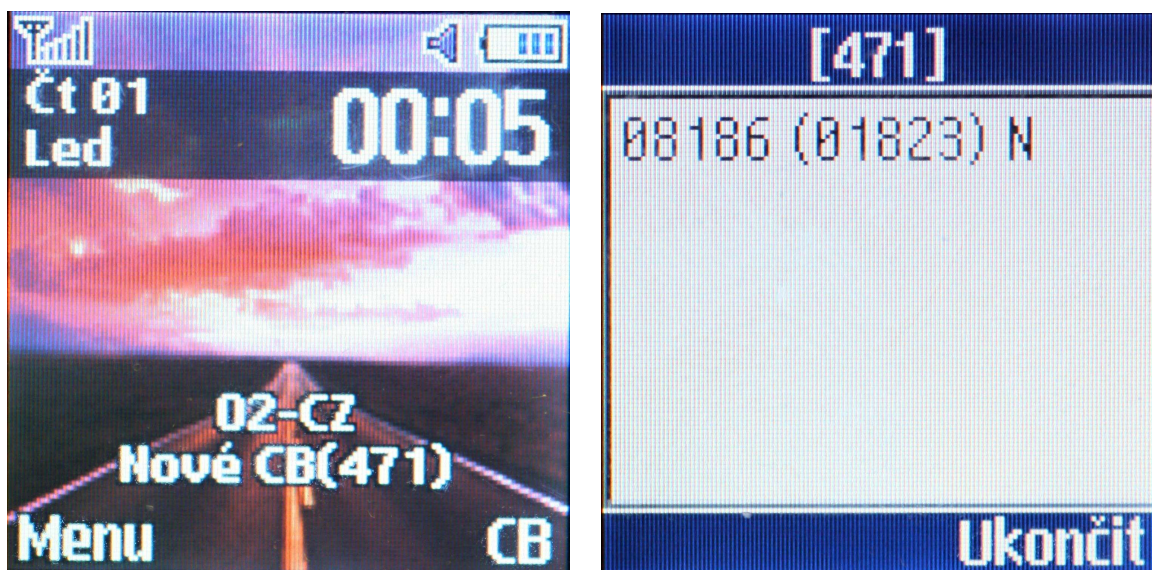
BTS stanice můžeme tedy rozdělit podle technologií na NMT, GSM a UMTS. Každá z těchto stanic pracuje na jiném principu, ale určení vzdálenosti provedeme stejně.

4.3 Přijímač

Pro příjem signálu z BTS stanice je potřeba mobilní telefon. Nyní se podíváme, jakým způsobem může výpočet polohy probíhat. Mobilní telefony proti GPS navigaci nabízejí více způsobů výpočtu polohy. Proti GPS přijímači mají lepší pokrytí v budovách a lepší vydrž baterie. Přenos signálu probíhá obousměrně, nevýhodou je možnost sledování a odposlouchávání mobilního telefonu.

4.3.1 Jednoduché určení polohy mobilního telefonu

Určení polohy mobilního telefonu se provádí seznamem známých BTS vysílačů. Pokud lze zjistit číslo daného vysílače, tak uživatel není dále než 4km , při použití frekvence 900 Mhz, nebo 2 km, při frekvenci 1 800 MHz. Ve městech je síť hustší, a tak je vzdálenost menší . Toto řešení má hlavně výhodu v jednoduchosti a je dobré pro přibližné určení polohy. Nevýhod je však hned několik. Pokud například uživatel narazí na nový vysílač, tak je systém zmaten a nedokáže polohu určit. Můžeme zapomenout na měření rychlosti, protože odchylka měření je ± 100 metrů, a tak by byl výpočet rychlostí i více než ± 100 %. Nelze také opomenout, že pro určení polohy je nutné, aby tuto funkci telefon podporoval nebo někdo vytvořil program přímo pro tento telefon. V České republice tuto službu podporuje operátor O2, který na obrazovce mobilního telefonu zobrazuje textem město, ve kterém je aktuálně mobilní telefon přihlášen.

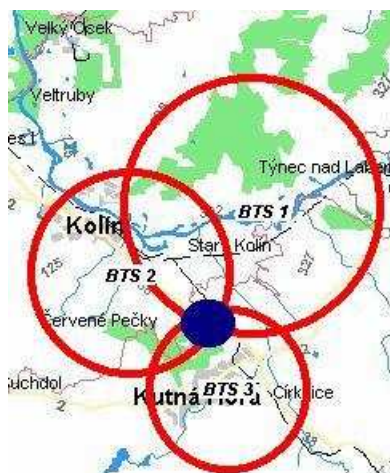


Obrázek 36 – CB vysílač 471

Podle čísla 8186 si lze na internetu dohledat, že se jedná o BTS vytvořenou 29.7.2005 v Brně Králově Poli na ulici Herčíkova 246/1a. Přesné souřadnice N49°13'47.377" E16°34'51.219". Víme tedy přesné informace, kde se základová stanice nalézá, ale bez potřebného programu v mobilním telefonu nezjistíme, jak jsme daleko.

4.1.2 Určení polohy pomocí triangulace

Určení polohy pomocí triangulace je už náročnější. Pro správnou funkci mobilního telefonu je nutné se trefit do takzvaného Timeslotu. Na jedné frekvenci může vysílat až 8 mobilních telefonů zároveň. Aby se mobilní telefony domluvily, je nutná přesná synchronizace. Každý telefon vysílá 1/8 sekundy a je velmi důležité zajistit, aby každý z nich vysílal ve své 1/8 sekundy. Je tedy nutné, aby mobilní telefon znal přesnou vzdálenost. Ze vzdálenosti dokáže vypočítat zpoždění signálu a trefit se do timeslotu ve vysílači. Pokud se ze vzdálenosti vytvoří kolem vysílače kružnice, zmenší se prostor, kde se může mobilní telefon pohybovat. Na Obrázku 24 lze vidět příklad triangulace pomocí tří BTS vysílačů.



Obrázek 37 – Určení polohy pomocí Triangulace

Zdroj Použitá literatura [16]

Existují dvě možnosti určení polohy. První počítá s tím, že se mobilní telefon pohybuje a při připojení k jinému vysílači se udělá znovu triangulace a počítá se s průsečíkem předchozí kružnice. Druhá varianta počítá s tím, že mobilní telefon zjišťuje vzdálenosti průběžně. Princip je stejný. Vytvoří se kružnice kolem vysílače, která určuje předpokládanou vzdálenost od mobilního telefonu a následně se určí poloha mobilního telefonu.

4.3 Výpočet polohy mobilním operátorem

Určit polohu nemusí jenom mobilní telefon, ale i operátor a jeho vysílače. Pro správnou funkci mobilního telefonu musí znát vysílač vzdálenost mobilních telefonů. Pokud se všechny informace potkají v jednom místě, spárují a spočítají, lze určit polohu i bez zásahu uživatele. V praxi to využívají například záchranáři, když hledají ztracené turisty v horách. Existuje i placena verze „T-mobile Kde je...“, která pomáhá v automobilech a dokáže nahradit GPS navigace, bohužel pouze na území České republiky. Navigace pomocí mobilního telefonu může být dobrou alternativou při logistice, ale při dnešních cenách GPS se nevyplácí. Služba „Kde je...“ se v praxi příliš nevyužívá, ale na ukázkou přesnosti mobilního telefonu ji při měření využiji abych ukázal, jaký je rozdíl mezi přesností mobilního telefonu a GPS přijímače.

4.3.1 Služba Kde je...

Tato komerční služba asi nejlépe vystihuje samotnou přesnost mobilních telefonů. Pro zaměření mobilního telefonu je nutné nejprve na konkrétní mobilní číslo aktivovat tuto službu a vytvořit osmimístný kód označovaný LPin. Pro zaměření pak lze využít čtyři způsoby. Za službu se neplatí žádný měsíční ani aktivační poplatek. Zpoplatněny jsou pouze lokalizační SMS zprávy. Velmi často je tato služba využívána například při lokalizaci dětí nebo seniorů.

4.3.1.1: Zaměření přes internet

První možností zaměření mobilního telefonu je určení polohy pomocí portálu T-Zones, kde lze nalézt položku „Kde je...“ a po zadání telefonního čísla a LPin kódu se zobrazí aktuální pozice na mapě. Tato varianta je nejpohodlnější, ale je nutné vlastnit počítač s připojením na internet. Nejčastěji se tento přístup využívá při lokalizaci služebních aut nebo přepravě nákladu. Další možností je lokalizovat například odcizený automobil. Zde ale narážíme na velkou nepřesnost navigace mobilním telefonem a většinou se připojuje přídatný GPS modul.

4.3.1.2: Zaměření přes Wap

Zaměření pozice přes technologii Wap je podobné jako přes internet, jenom jsou použity jiné protokoly a technologie je úspornější na datové přenosy. Po přihlášení na portál T-Zones z mobilního telefonu a následného zadání telefonního čísla je zobrazena malá mapa a GPS souřadnice. Výhodou tohoto řešení je mobilita při zachování výhod zobrazení pozice na mapě. Pro operátora je tato varianta příznivější, protože nezatěžuje síť velkým objemem dat. Pokud potřebujeme vyhledat místo v terénu, je tato varianta nejflexibilnější.

4.3.1.3: Zaměření přes SIM Toolkit

Třetí možností zaměření pozice je využít nabídky v telefonu pomocí technologie SIM Toolkit. Tato technologie umožňuje přes vloženou SIM kartu přenést do telefonu vlastní předdefinované služby. Komunikace probíhá pomocí SMS zpráv. Po zadání telefonního čísla a LPin kódu uživatel obdrží SMS zprávu ve tvaru například:

„+420739151124 Kraj:Jihomoravsky, Okres: Brno–venkov, Nazev: Kurim. E16*31'53”
@N49*15'56“ ± Km 17:17:17 25.03.09“

Takováto SMS zpráva uživateli bohužel v terénu moc neřekne a je nutné využít mapu se stejným systémem souřadnic nebo počítač, do kterého uživatel souřadnice zadá. Z pohledu operátora je tato varianta nejlevnější, protože SMS zprávy mají nejnižší prioritu a nemusí garantovat jejich doručení.

4.3.1.4: Zaměření pomocí SMS

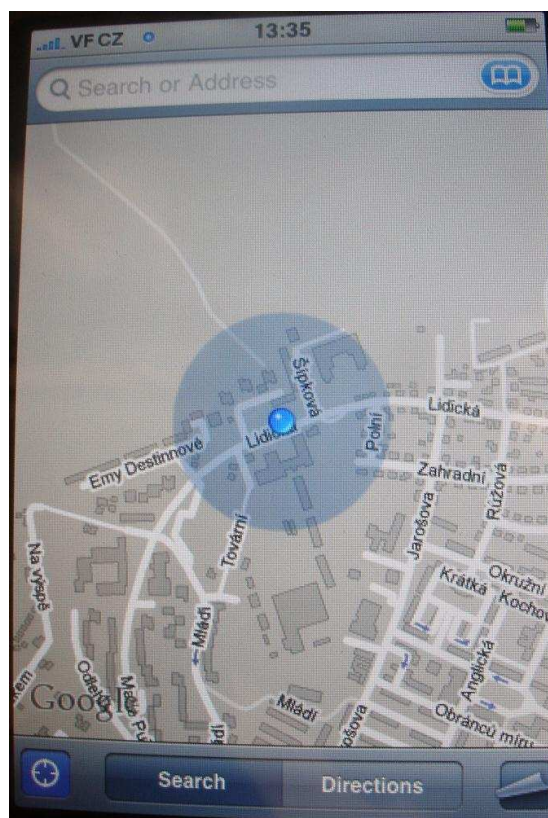
Zaměření pomocí SMS zpráv je technologicky stejné jako zaměření pomocí SIM Toolkit. Některé starší mobilní telefony tuto technologii nepodporují a tak je nutné poslat SMS ve tvaru KDE „telefonní číslo“ „Lpin“. Například „KDE 739151124 12341234“. Od operátora zadavatel obdrží stejnou SMS zprávu jako u SIM Toolkit. Náklady pro operátora jsou zde stejné jako u technologie SIM Toolkit, protože Toolkit pouze pomůže uživateli sestavit požadavek, ale zpráva se přenáší přes SMS.

4.4 Využití navigace pomocí BTS i GPS současně

Firmě Apple se podařilo využít z každé technologie to pozitivní, a tak pokud se zapne na telefonu iPhone navigace, (Obrázek 38) dojde k nástřelu polohy pomocí BTS. S největší pravděpodobností míří střed zaměřovače na vysílač a nepředpokládám ani zaměření do oblasti sektorové antény. Jakmile dojde ke spárování GPS, tak se navigace přepne a naviguje pomocí GPS. Na Obrázku 39 je vidět určení polohy stejného místa jako na Obrázku 38, ale pomocí GPS. Modrá kružnice na Obrázku 39 označuje přesnost zaměření, která se po čase zlepší podle počtu dostupných družic. U určení polohy pomocí BTS ke zlepšení přesnosti nedochází.



Obrázek 38 – Určení polohy pomocí BTS

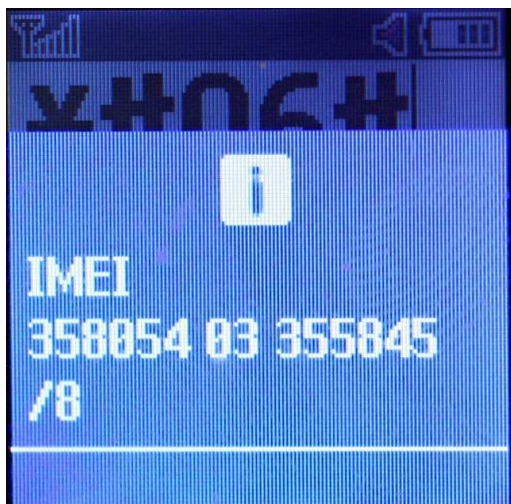


Obrázek 39 – Určení polohy pomocí GPS

Kombinace těchto dvou technologií má velký potenciál. Z GPS technologie si může vzít dobrou přesnost a hospodárnost provozu. Zaměření polohy pomocí BTS lze provádět v tunelech, garážích a jiných místech, kde nemá GPS signál. Navíc operátor může poskytnout aktuální dopravní informace, mapy nebo POI.

4.4 Sledování mobilního telefonu

Na přednášce byl vznesen dotaz, jestli je možné telefon sledovat, například při odcizení. Pokud jste četli pozorně, tak víte že ano. Problémem je náročnost celého procesu, a tak se této možnosti využívá jenom při závažné trestné činnosti. Každý telefon je vybaven kromě SIM karty s číslem i výrobním číslem IMEI (International Mobile Equipment Identity). Toto číslo je jedinečné a nejde ho tak snadno změnit.

*Obrázek 40 – IMEI v telefonu**Obrázek 41 – IMEI uvnitř přístroje*

Na obrázku 40 vidíme číslo IMEI po zadání kódu `*#06#`. Na Obrázku 41 je totožný telefon po vyjmutí baterie. Toto číslo vidí mobilní operátor. Pokud vložíme libovolnou SIM kartu, nebo voláme bez karty na číslo 112, stejně operátor vidí toto jedinečné číslo, které je jiné pro každý mobilní telefon. Pokud například dojde k odcizení mobilního telefonu, tak mobilní operátoři toto číslo vloží do Blacklistu a žádná BTS v České Republice ho nepřihlásí, tudíž takový telefon nemá signál.

4.5 Zhodnocení navigace pomocí mobilních telefonů

Proti navigaci GPS je navigace mobilním telefonem určena primárně k jinému účelu, a to telefonování. V této kapitole jsem se snažil přiblížit nástrahy, ale i výhody určování polohy a zjednodušeně vysvětlit princip jak takové zaměření probíhá.

5. PRAKTICKÉ MĚŘENÍ PŘESNOSTI NAVIGACÍ

V této kapitole se podíváme jak přesné jsou systémy GPS a systémy pro určení polohy pomocí mobilního telefonu v praxi. Pro správný výběr měření do automobilové techniky je nutné nejprve prakticky dané měření provést a následně připravit podklady pro studenty.

5.1 použité přístroje:

K určení polohy jsem vybral starší, ale i nejnovější satelitní navigace a jeden mobilní telefon.

5.1.1 Garmin Etrex Legend

Zástupce nejstarších GPS v testování je Etrex Legend. Jedná se o jednu z prvních navigací vybavených 8 MB pamětí na mapy. Ty jsou zobrazovány na černobílé obrazovce s rozlišením 160 x 288 pixelu. Přístroj je vybaven pouze COM rozhraním pro komunikaci s počítačem.



Obrázek 42 – Garmin Etrex Legend

Přístroj není vybaven žádnou zpřesňující technologií WAAS, nemá ani nejcitlivější čip SIRF3 a je vybaven pouze destičkovou anténou. Přístroj je vybaven 8Mb pamětí na mapy, 1 000 POI body, 10 000 body prošlé trasy (maximálně 10 tras). Při měření využijeme jeho schopnost zapisovat polohu v sekundových intervalech.

5.1.2 Garmin GPS60

Novějším přístrojem v měření je Garmin GPS60, který je vybaven 1 MB paměti, ale pouze na body zájmu. Proti Etrexu je vybaven moderním rozhraním USB. Díky propojení s počítačem je možnost využívat mapy přímo v počítači a nechat počítač navigovat například programem Mapsource. Garmin GPS 60 je proti Etrex Legendu vybaven zpřesňující technologií WAAS.



Obrázek 43 – Garmin GPS60

Přístroj je vybaven horizontální anténou, která by měla dosahovat větší přesnosti v horizontální poloze.

5.1.3 Holux m-241

Další zástupce v testu je Holux, který je vybaven nejmodernější technologií SIRF3 a citlivým přijímačem.

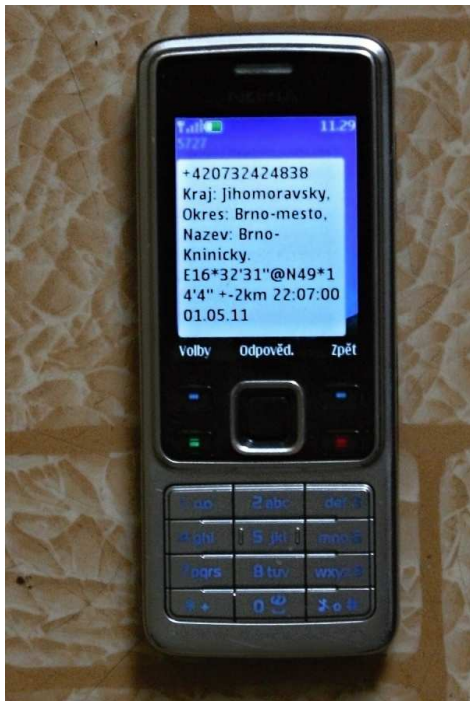


Obrázek 44 – Holux GR-241

Přístroj Holux má paměť 130 000 bodů trasy a je vybaven kromě USB konektoru i technologií Bluetooth pro propojení s počítačem. Oproti Garmin nemá žádný display a software, který je schopen vykreslovat mapy. Zobrazuje pouze polohu, rychlost, čas a další informace.

5.1.4 HP 614

Posledním GPS přístrojem je komunikátor HP vybavený integrovaným GPS modulem. U tohoto modulu výrobce přesnější informace neuvádí. Komunikátor HP budu využívat i pro zaměření polohy pomocí mobilního telefonu přesněji pro UMTS síť.



Obrázek 45 – Nokia 6300



Obrázek 46 – HP 614

5.1.5 Nokia 6300

Zaměření polohy pomocí mobilního telefonu bude obstarávat jednoduchý mobilní telefon Nokia 6300 (Obrázek 46) s podporou GSM sítě.

5.1.6 Itec



Obrázek 47 – Itec

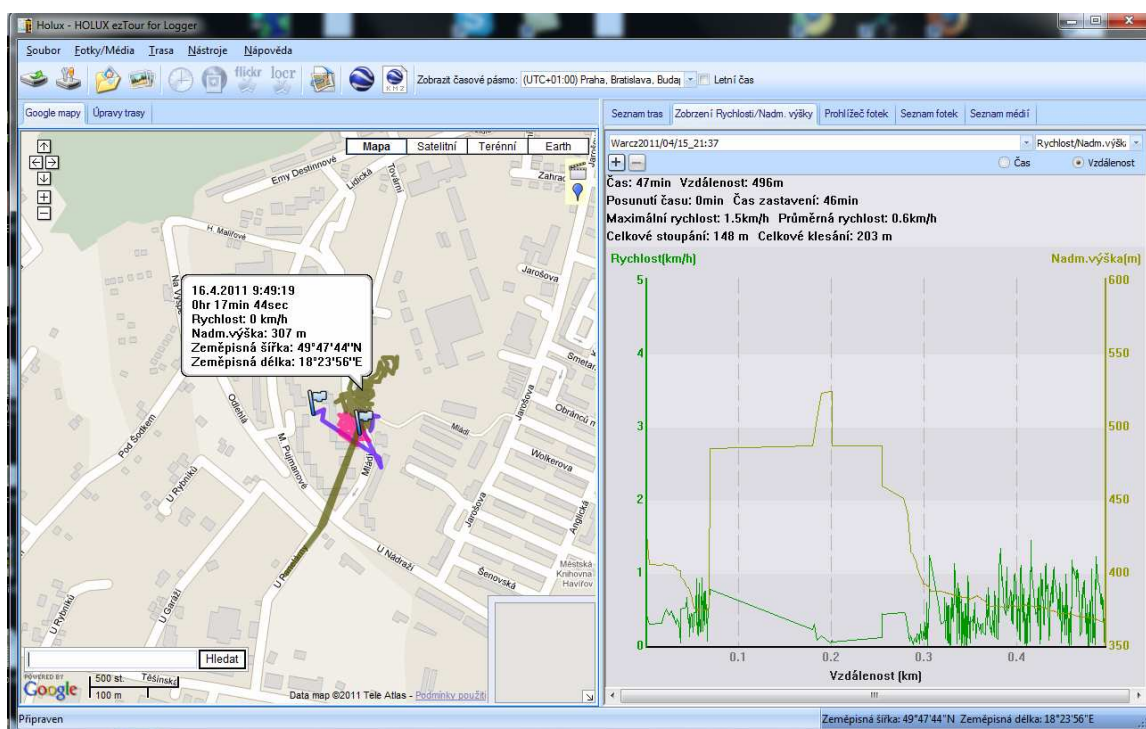
Na Obrázku 47 je satelitní navigace Itec. Je to jednoduchá navigace, která vypočtenou polohu okamžitě přes Bluetooth rozhraní přenáší do počítače.

5.2 Software a zpracování údajů:

Každá z navigací pracuje s jiným programem, formátem zápisu dat a souřadnicovým systémem.

5.2.1 HOLUX ezTour for Logger

Jednoduchý program dodávaný k GPS Holux. V tomto programu můžeme trasu zobrazit v mapě, editovat ji nebo vykreslit výškový profil. Program umí i nadstandardní funkce, jako propojení souřadnic do fotografie.



Obrázek 48 – Holux ezTour

Důležitá funkce programu je export do několika datových souborů. Nejvhodnější je výstup do .csv kde jsou data oddělena čárkou a dají se snadno naimportovat například do MATLABu.

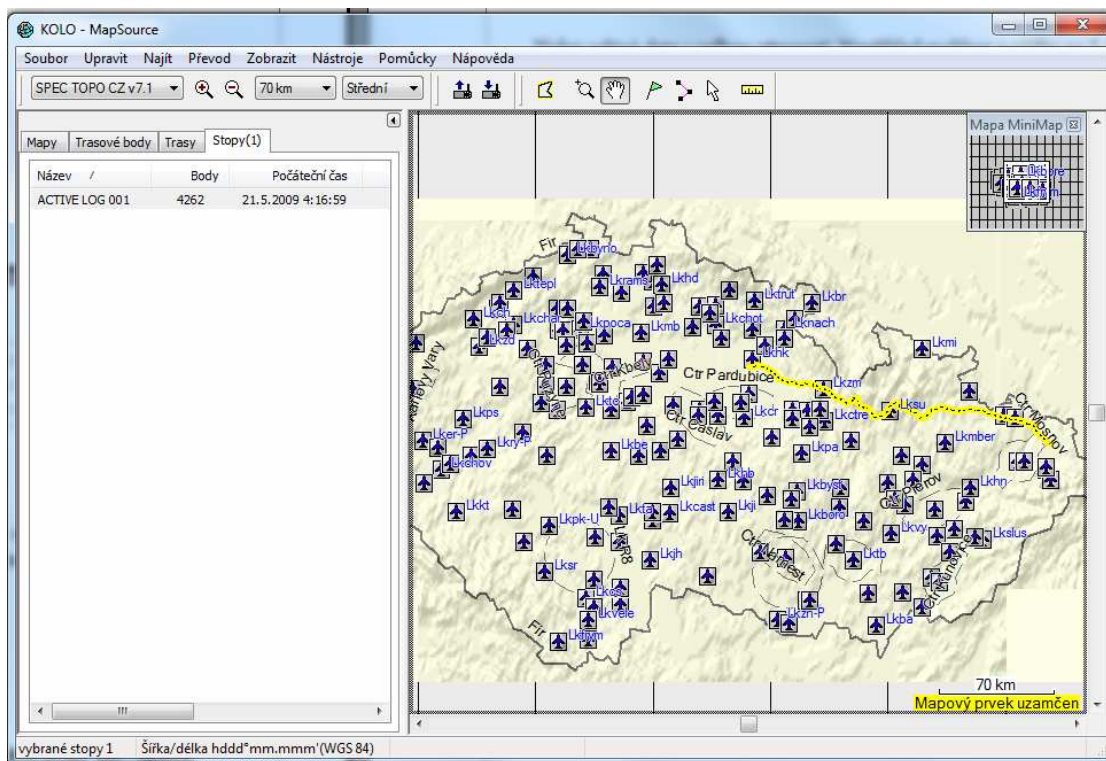
INDEX	TRACK NUMBER	UTC DATE	UTC TIME	LOCAL DATE	LOCAL TIME	LATITUDE	ALTITUDE	SPEED
1	1	15.4.2011	19:37:20	15.4.2011	20:37:20	49.795177	421.581787	0.587725
2	1	15.4.2011	19:37:21	15.4.2011	20:37:21	49.795151	426.784912	0.442444
3	1	15.4.2011	19:37:22	15.4.2011	20:37:22	49.795246	406.7146	0.323656
4	1	15.4.2011	19:37:24	15.4.2011	20:37:24	49.795246	405.855225	0.332469

Tabulka 1 – Tabulka hodnot souboru csv

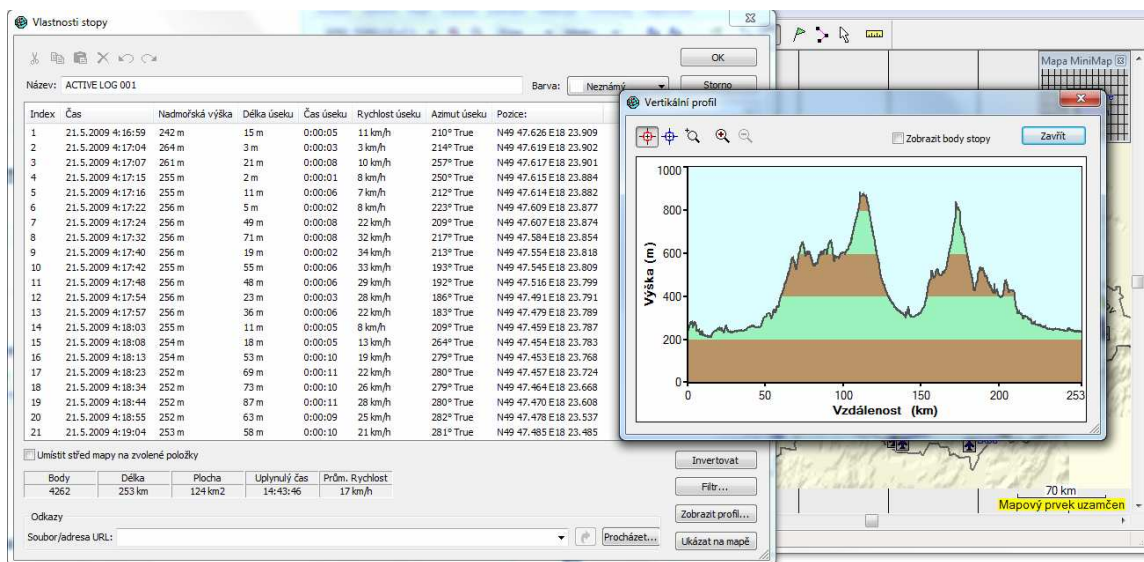
Holux udává data s velkou přesností. Například rychlost a výšku na 5 desetinných míst.

5.2.2 Mapsource

Mapsource je software společnosti Garmin, která používá svůj formát .gpx a .gdb. Tyto formáty jsou pro výstup nevhodné, a proto je lepší provést export trasy do formátu .txt.



Obrázek 49 – Mapsource

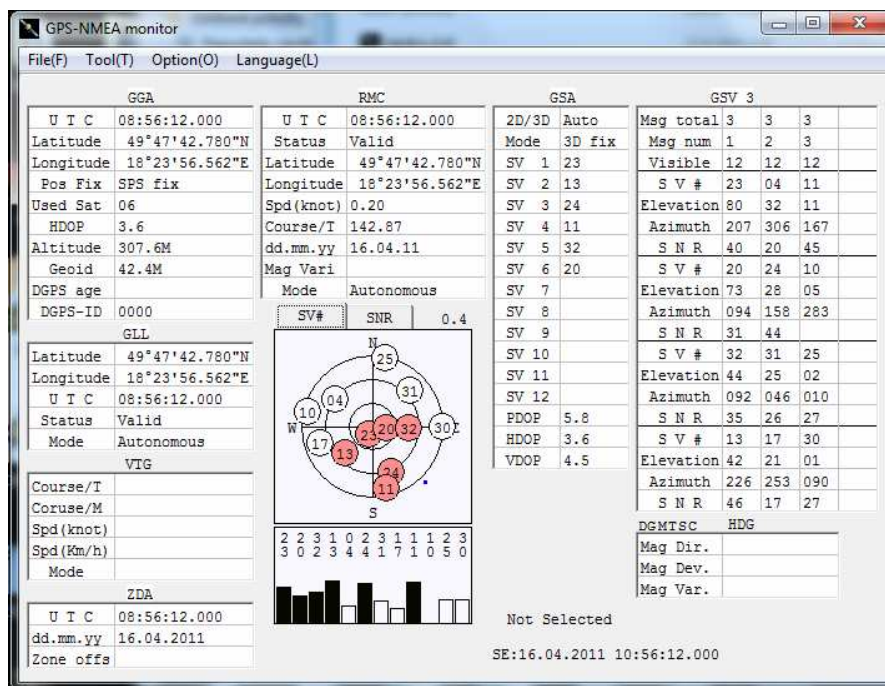


Obrázek 50 – Detail trasy v Mapsource

Program umožňuje zobrazení prošlých tras, výškových profilů a export do formátu .txt. Výstup je podobný jako u zařízení Holux a lze ho snadno importovat. Pozor si je třeba dát na jednotky, které jsou uváděny. Tabulkový program například hodnotu „280 m“ nevezme jako číslo, ale jako text, proto je nutné upravit nastavení vstupu.

5.2.3 GPS-NMEA monitor

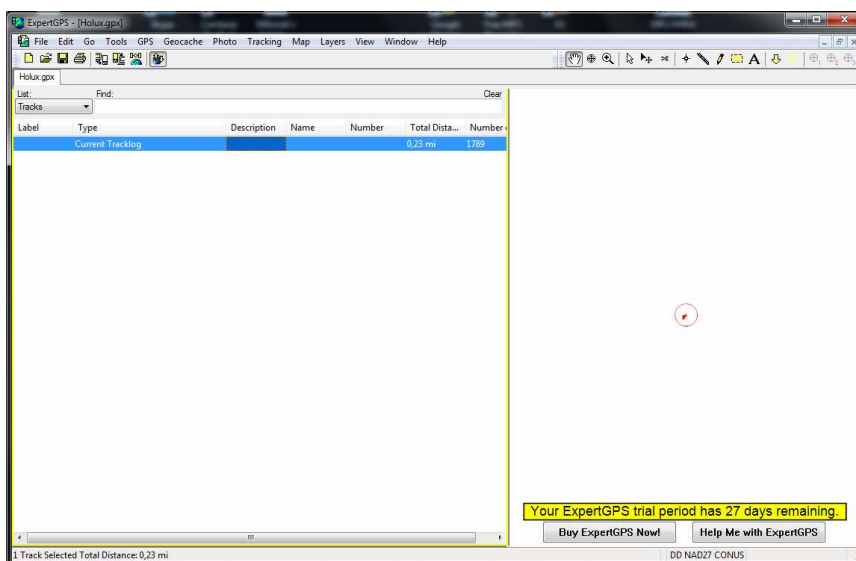
Tento jednoduchý program dokáže inicializovat GPS přes rozhraní COM. V našem případě se jedná o Bluetooth přijímač, který ale v počítači vytvoří převodník do COM portu. Po připojení se zobrazí veškeré informace o satelitech a po výběru „Start Recording“ začne zapisovat do souboru ve formátu .nmea. Tento formát ale není vhodný pro import.



Obrázek 51 – Software GPS-NMEA monitor

5.2.4 ExpertGPS

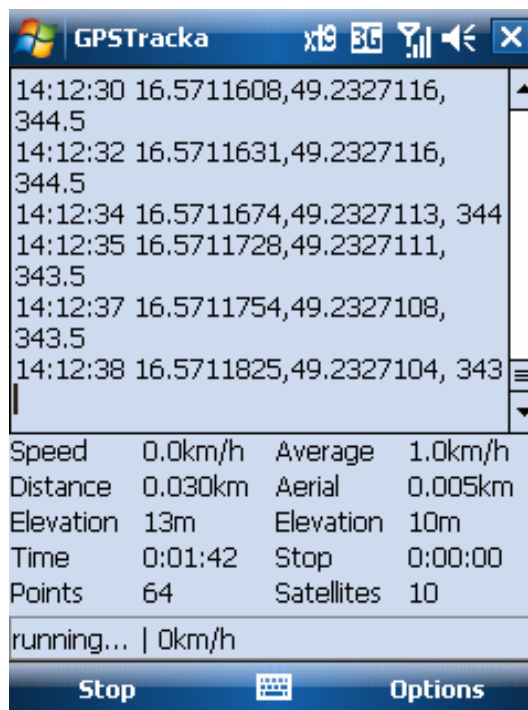
Pro převod informací z GPS-NMEA monitoru jsem použil program Expert GPS. Tento jednoduchý program, který je určen primárně pro tvorbu mapových podkladů, data vložil z .nmea, ale nebylo možné je exportovat do .txt nebo .csv formátu. Využil jsem tedy export do .gdb formátu a následně přes Mapsource data exportoval do .txt.



Obrázek 52 – ExpertGPS

5.2.5 GPS tracka

GPS tracka je jednoduchý program pro komunikátory který aktivuje GPS modul a zapisuje polohu na display. Dokáže zobrazovat informace o rychlosti, ušlé vzdálenosti, výšce, počtu družic a další informace.



Obrázek 53 – ExpertGPS

5.3 Měření přesnosti satelitní navigace

5.3.1 Postup měření

První měření bylo měření přesnosti navigací a určení polohy podle souřadnic. Zvolil jsem Medlenecký kopec s velmi dobrým výhledem na všechny světové strany. Vždy jsem přišel na měřené místo a zapnul všechny navigace. Po 60 sekundách jsem zapsal GPS souřadnice.

5.3.2 Naměřené hodnoty

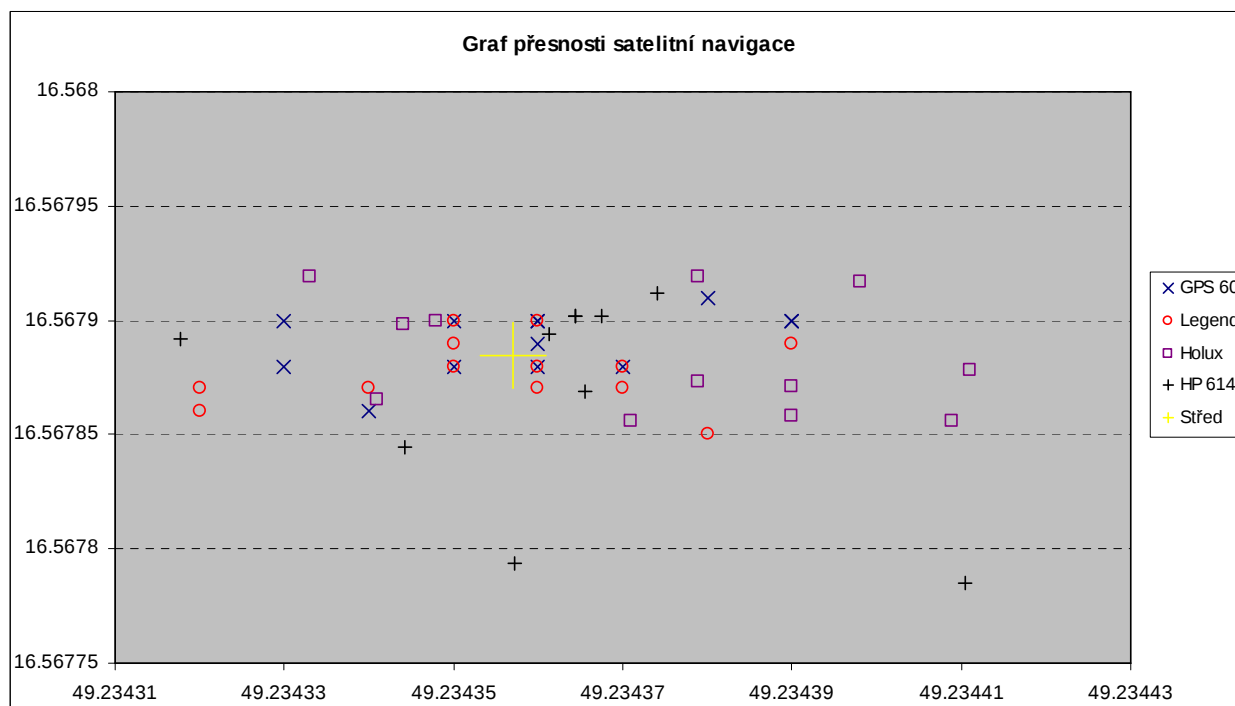
Datum měření	Použitá GPS							
	GPS 60		Legend		Holux		HP 614	
11.4.2011	49.23439	16.5679	49.23432	16.56787	49.23433	16.56791	49.23436	16.56790
12.4.2011	49.23433	16.5679	49.23432	16.56786	49.23445	16.56785	49.23445	16.56792
18.4.2011	49.23438	16.56791	49.23437	16.56787	49.23434	16.5679	49.23437	16.56791
19.4.2011	49.23435	16.56788	49.23436	16.56787	49.23437	16.56791	49.23441	16.56778
20.4.2011	49.23434	16.56786	49.23437	16.56788	49.23439	16.56785	49.23431	16.56789
21.4.2011	49.23436	16.5679	49.23434	16.56787	49.23441	16.56787	49.23435	16.56779
26.4.2011	49.23437	16.56788	49.23439	16.56789	49.23434	16.56786	49.23436	16.56790
27.4.2011	49.23436	16.56788	49.23436	16.5679	49.23440	16.56785	49.23434	16.56784
28.4.2011	49.23436	16.5679	49.23436	16.56788	49.23437	16.56785	49.23436	16.56786
28.4.2011	49.23433	16.56788	49.23438	16.56785	49.23439	16.56787	49.23436	16.56789
28.4.2011	49.23435	16.5679	49.23435	16.5679	49.23439	16.56791	49.23443	16.56774
28.4.2011	49.23436	16.56789	49.23435	16.56789	49.23437	16.56783	49.23436	16.56790
1.5.2011	49.23439	16.5679	49.23435	16.56788	49.23434	16.56789	49.23430	16.56787
Průměrná hodnota	49.23435	16.56789	49.23435	16.56787	49.23438	16.56788	49.23437	16.56786
Odchylka od středu	2.231E-6	5.769E-6	1.615E-6	7.308E-6	2.362E-5	3.462E-6	1.409E-05	2.035E-5
Odchylka [m]	0.247863	0.420992	0.179487	0.533256	2.623929	0.252595	1.5653831	1.4852609
Celková odchylka [m]	0.488539241		0.562653117		2.636059146		2.157874862	

Tabulka 2 – Tabulka naměřených hodnot přesnosti satelitních navigací

5.3.3 Výpočet

V Tabulce 2 jsou uvedeny hodnoty z měření pro konkrétní den. První výpočet byla průměrná hodnota kterou jsou vypočítal jako suma všech hodnot děleno počtem hodnot. Následně jsem určil jako střed souřadnice N49.234357 E16.567885 a vypočítal odchylku od průměrné hodnoty. Přepočet na metry byl trochu složitější. Vycházel jsem z toho že bod N49.000 od bodu N50.000 je vzdálen 111 111m a bod E16.000 od bodu E17.000 je vzdálen 72 972m z těchto údajů jsem mohl dopočítat odchylku v metrech. Poslední údaj je celková odchylka, kterou jsem vypočítal jako Pythagorovu větu z dílčích odchylek.

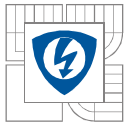
5.3.4 Graf



Do Grafu jsem vynesl všechny naměřené hodnoty. Vzdálenost dvou krajních bodů je pouhých 13 metrů což ukazuje jak přesné satelitní navigace jsou.

5.3.5 Závěr

V tomto měření jsem v praxi ověřil přesnost satelitních navigací. Ty nejlepší dosahovali průměrné chyby 0,44 a 0,56 metrů což jsou hodnoty na hranici chyby měření. Nejmeně přesná navigace vykazovala chybu kolem 2,5 metrů. Nejvíce přínosný je graf měření, který jasně ukazuje, že nejlepší navigace GPS60 dosahovala maximální odchylky 3 metry. Nejhorší HP 614 potom 9 metrů od správné hodnoty. Toto měření jasně ukazuje, že přesnost navigace po zamření a dobrém výhledu na družice běžně dosahuje ± 10 metrů, což je pro aplikaci v automobilech dostatečné. Výsledek měření mě překvapil, protože podle předpokladů měla být nejpřesnější 32 kanálová navigace Holux, která se ale umístila až na 3 místě.



5.4 Měření přesnosti mobilního telefonu

5.4.1 Postup měření

V tomto měření jsem prováděl měření přesnosti zaměření polohy službou „kde je“ Využil jsem dva mobilní telefony které využívali stejnou SIMkardu ale dvě rozdílné technologie.

5.4.2 Naměřené hodnoty

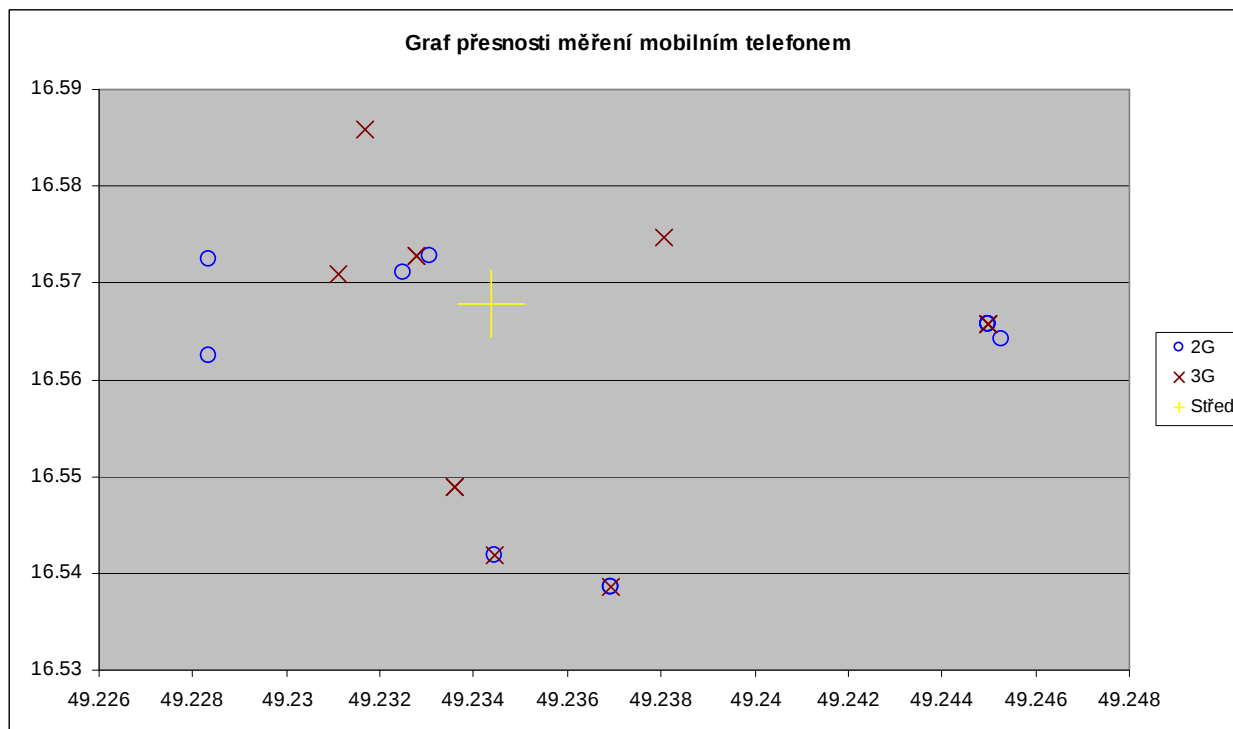
2G								3G							
49	13	57	16	34	16	49.2325	16.57111	49	13	58	16	34	22	49.23278	16.57278
49	13	59	16	34	22	49.23306	16.57278	49	14	4	16	32	31	49.23444	16.54194
49	13	42	16	33	45	49.22833	16.5625	49	14	42	16	33	57	49.245	16.56583
49	14	13	16	32	19	49.23694	16.53861	49	13	58	16	34	22	49.23278	16.57278
49	14	42	16	33	57	49.245	16.56583	49	14	13	16	32	19	49.23694	16.53861
49	13	42	16	34	21	49.22833	16.5725	49	14	1	16	32	56	49.23361	16.54889
49	14	43	16	33	51	49.24528	16.56417	49	14	17	16	34	29	49.23806	16.57472
49	14	42	16	33	57	49.245	16.56583	49	14	42	16	33	57	49.245	16.56583
49	14	42	16	33	57	49.245	16.56583	49	14	42	16	33	57	49.245	16.56583
49	14	13	16	32	19	49.23694	16.53861	49	13	54	16	35	9	49.23167	16.58583
49	14	42	16	33	57	49.245	16.56583	49	14	1	16	32	56	49.23361	16.54889
49	14	4	16	32	31	49.23444	16.54194	49	13	52	16	34	15	49.23111	16.57083

Tabulka 3 – Tabulka naměřených hodnot přesnosti určení polohy mobilním telefonem

5.4.3 Výpočet

Při tomto měření jsem od operátora obdržel sms ve tvaru „+420732424838 Kraj Jihomoravsky, Okres: Brno-město, Navez: Brno Medlanky. E16*34'15"@N49*13'52" +-500m 22:28:03 01.05.11" hodnotu E16*34'15"@N49*13'52" jsem zapsal do tabulky a pro přehlednost jsem ji přepočítal na N49.23111 E16.57083 podle vzorce $A+B/60+C/3600$ kde A jsou stupně, B minuty a C vteřiny. Nyní už nebránilo nic tomu výnest stejný graf jako u měření přesnosti satelitní navigace

5.4.4 Graf



Z grafu je patrné, že možných míst kde nás operátor lokalizoval je méně než počet měření. Celkem jsem provedl 24 měření ale na grafu rozpoznáme 14 bodů měření. Způsobuje to opakující se zaměření polohy na stejné místa. Nejvzdálenější bod vpravo je vzdálen od středu 1 191 metrů. Nejbližší bod 384 metrů.

5.4.5 Závěr

Nyní konečně mohu srovnat měření pomocí satelitní navigace a mobilním telefonem. Pokud nejhorší určení polohy z 52 měření bylo 9 metrů od měřeného místa, tak mobilní telefon v nejlepším případě určil polohu s chybou 384 metrů. Je to obrovský rozdíl a ukazuje, že i když lze polohu například ztraceného mobilního telefonu vypátrat, je to velmi složité. Při měření jsem zjistil, že pokud telefon zaměří polohu 3G sítí a následně jej přepnu do 2G tak se určí poloha znovu, většinou s jiným výsledkem. Nelze říct která ze sítí je přesnější.

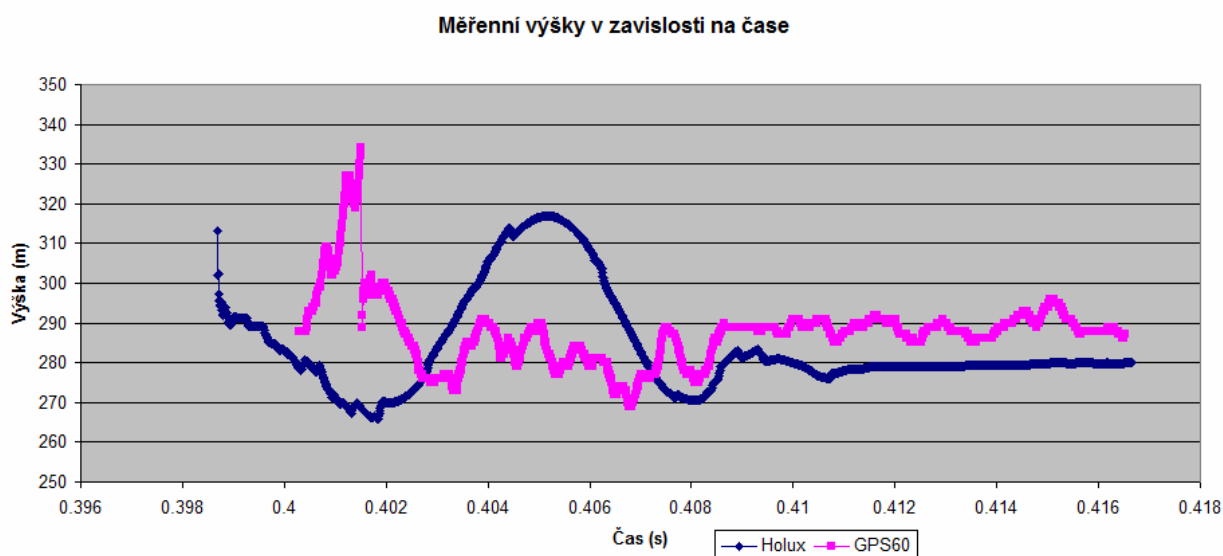
5.5 Měření přesnosti výšky pomocí satelitní navigace

5.5.1 Postup měření

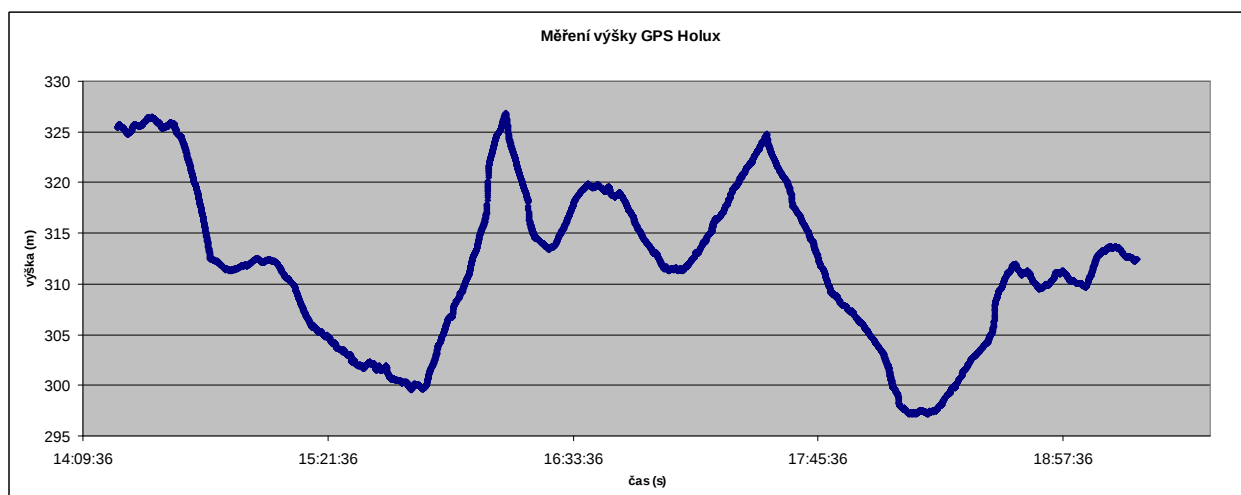
Na referenčním místě jsem zapnul satelitní navigace a po dobu 30 minut je nechal ukládat svou polohu. Následně jsem zhodnotil jejich přesnost. Měřeným místem bylo okno s výhledem na jih, aby navigace mohly použít korekční signál WAAS.

5.5.2 Naměřené hodnoty

Celkem bylo naměřeno přes 10 000 hodnot, které jsem vynesl do grafu.



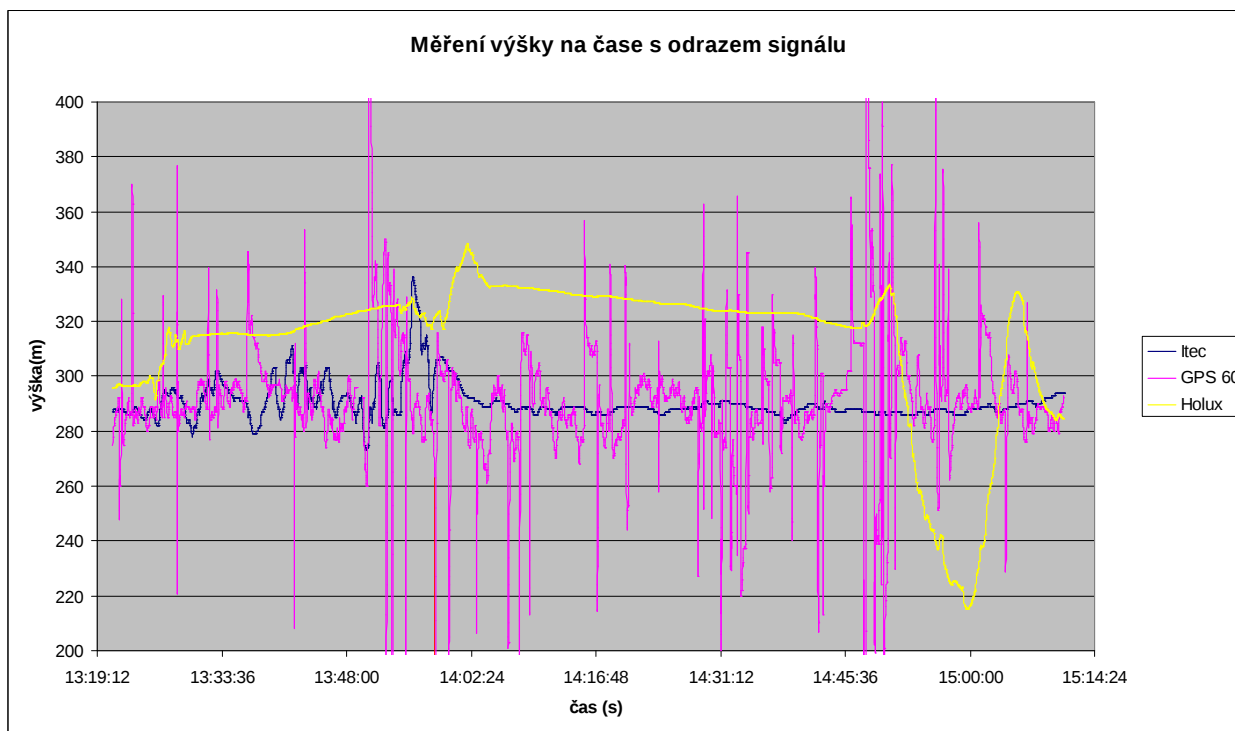
Z grafu je patrné, že výšku začal nejdříve určovat Holux a po chvíli se hodnota ustálila na 280 m. GPS60 měla s měřením větší potíže. Tento závěr by se mohl zdát finální, ale rozhodl jsem se udělat samostatné dlouhodobější měření Holuxu, pro ověření prvního měření. Navigace HP614 a Etrex Legend jsem do měření nezařadil pro obtížné spojení s počítačem.



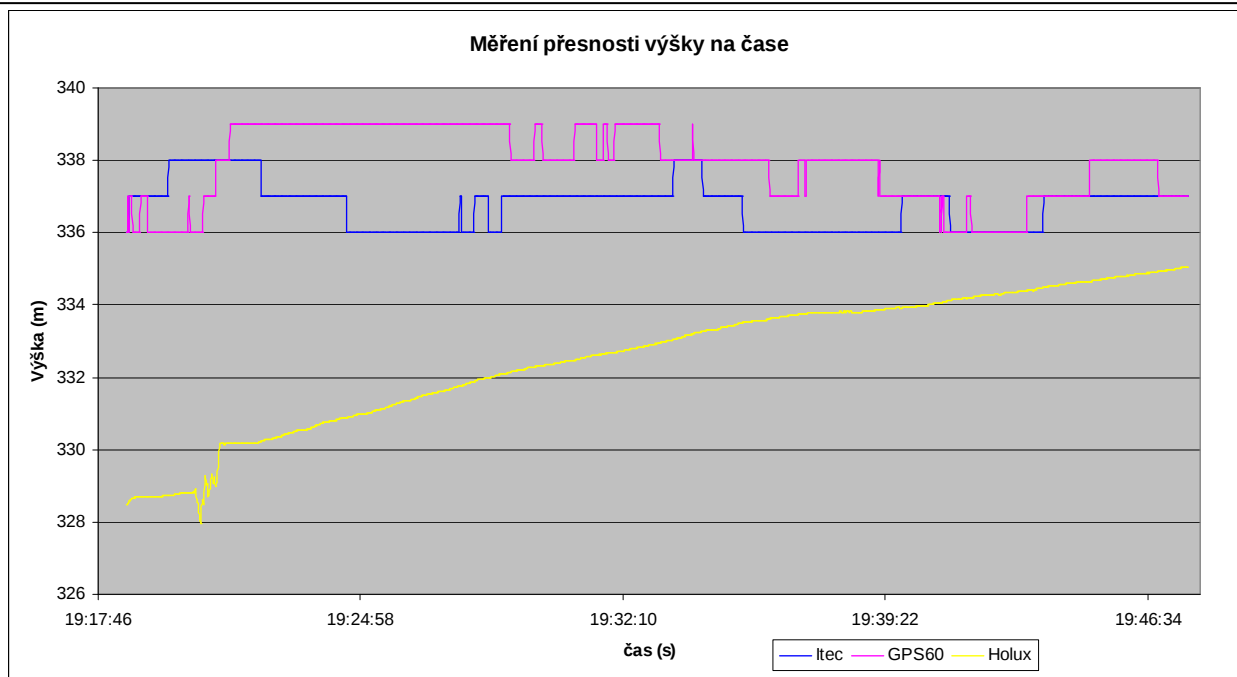
Po dlouhodobém měření se podezření potvrdilo. GPS Holux je tak citlivá navigace, že i když ležela na jednom místě 5 hodin stále měnila výšku. Rozdíl výšky je 27 metrů což není zanedbatelná hodnota. Tato chyba je způsobena vysokou citlivostí přijímače a odrazem signálu.

Do dalšího měření jsem použil Garmin GPS60, který dle prvních měření ukazoval sice kmitající hodnoty, ale kmitaly méně, než Holuxu který byl použit v měření. Druhým přístrojem byl Holux. Třetím přístrojem byl mobilní telefon HP 614 s GPS. Ten ale nedokázal spolehlivě zapisovat hodnoty v sekundových intervalech, a proto byl nahrazen Itec GPS navigací, která byla propojena přes bluetooth s počítačem.

Na obrázku je software GPS-NMEA, který data přijímal a ukládal ve formátu *.nmea.



Z grafu je patrné, že GPS60 měla nyní problémy. Bylo to způsobeno uložením, které bylo nyní vertikální. Z měření vyplývá, že Itec neměl s určením polohy problém a ukazoval velmi přesnou výšku. Holux podává nejisté výsledky, jak už bylo zmíněno, které jsou způsobeny vysokou citlivostí přijímače.



5.5.3 Závěr

Nejnovější přístroj Holux M-241, který má nejcitlivější přijímač by měl dosahovat nejlepší přesnosti. Z prvního měření se zdálo, že to tak bude, ale další ukázaly, že přesnější je jak GPS60 tak Itec. Ukazuje se, že i když Holux umí měřit výšku na 3 desetinná místa a tváří se jako velmi přesný přijímač, ve skutečnosti je až moc citlivý, a tím se zhoršuje jeho přesnost. Pro přesné měření výšky je nevhodný. GPS60, pokud je ve správné poloze, podává stejné výsledky jako GPS Itec. Z měření jsem zjistili, že pokud máme dostatečný signál, je výhodnější starší navigace. Řešením je i použití výškoměru v GPS, který se řídí atmosférickým tlakem.

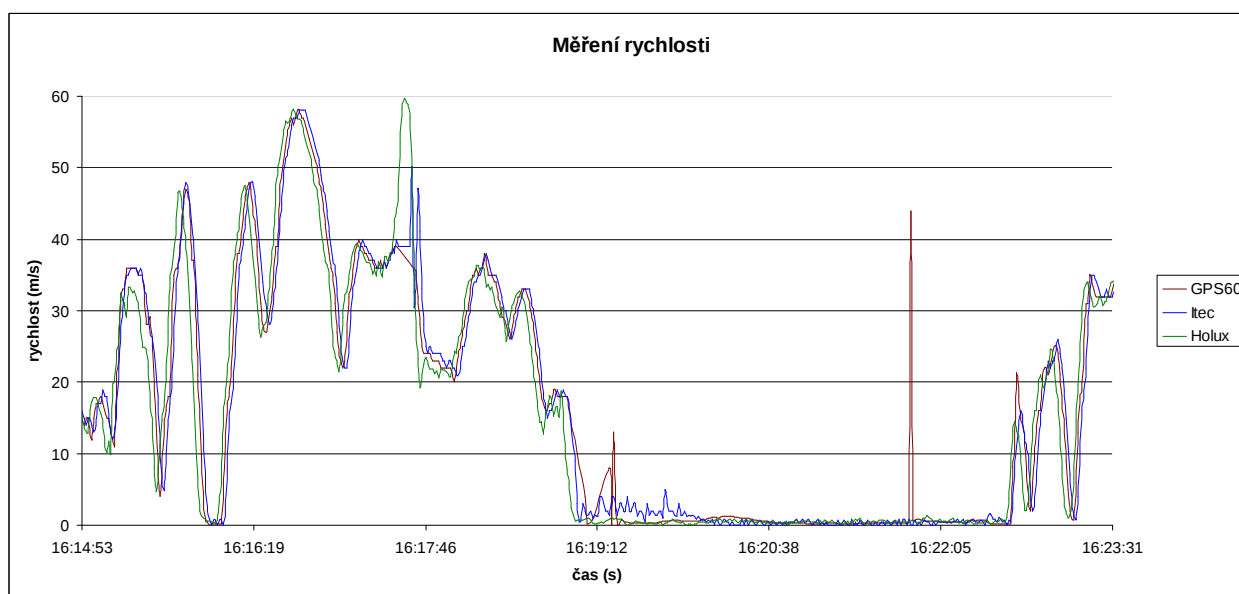
5.6 Měření přesnosti rychlosti

5.6.1 Postup měření

Všechny tři navigace byly zapnuty ve stejnou chvíli a absolvovaly stejnou trasu v automobilu. Navigace jsem umístil za přední sklo, všechny ve vodorovné poloze. Automobil urazil krátkou trasu se zastávkou na čerpací stanici, která zhoršila výhled na družice.

5.6.2 Naměřené hodnoty

Rychlost byla okamžitě zapisována v sekundových intervalech. V případě GPS60 a Holux byli data zapisována do vnitřní paměti. Itec zapisoval data do notebooku. Všechna data byli spárována podle času družic, který se ukládal do LOG souboru.



Z tohoto měření je patrné, že i když jsou všechny navigace srovnány časem podle družic, tak každá zapisuje jinak rychle. Nejrychlejší zápis má Holux, který kromě jedné chyby měřil velmi přesně. Přibližně stejně rychle měřily zbylé dvě navigace. V čase 16:22 vidíme velké zrychlení GPS60. To je typická chyba těchto starých navigací, které zaměřily jeden bod špatně a hned se opravily.

5.6.3 Závěr

V tomto měření jsem vyzkoušel rozdíly mezi navigacemi při měření rychlosti. V čase 16:19 automobil zastavil pod střechem. Největší potíže měla GPS60, která nebyla umístěna v horizontální poloze. Nejlépe si naopak vedl Holux, který celou dobu správně ukazoval nulovou rychlost.

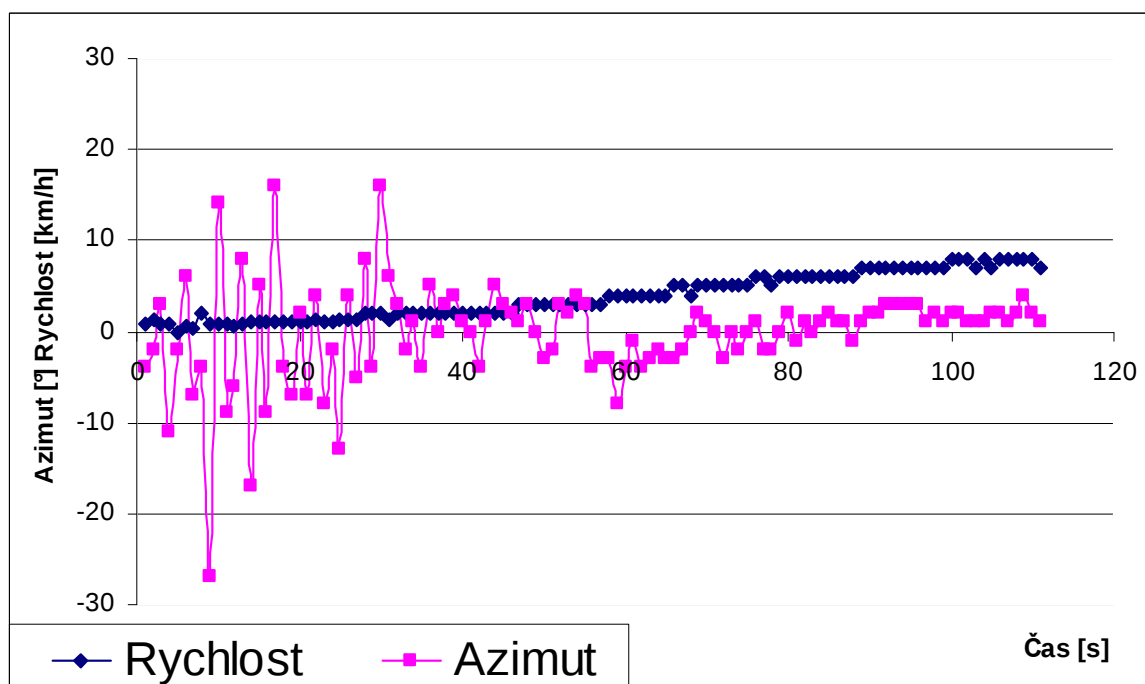
5.7 Měření přesnosti určení azimutu

5.7.1 Postup měření

Místem měření se stal 120 m dlouhý, rovný chodník. Postupně jsem zvyšoval rychlost GPS a sledoval aktuální rychlost. Vše se zapisovalo s jedno sekundovým opakováním do paměti přístroje. Následně jsem údaje stáhnul do počítače a převedl do tabulky. Při měření jsem měl výhled na 3 světové strany a tak GPS měla zaměřeno osm družic. Korekce signálu (WAAS) byla zapnuta.

5.7.2 Výsledky měření

Výsledkem měření je závislost rychlosti na chybě určení azimutu. Tuto závislost zobrazuje Obrázek 30. V malých rychlostech do 3 km/h má problém GPS přesně určit polohu, pokud se jí to přesto podaří, tak ji špatně zapíše do souřadnicové sítě. Nad rychlost cca 3 km/h je už přesnost dostatečná a chyba je způsobena pravděpodobně chybou měření.



Obrázek 54 – Graf naměřených hodnot

5.7.3 Závěr

Měření potvrdilo předešlé informace. GPS pro určení potřebuje pohyb. Pokud je pohyb pomalý (do 3 km/h), je GPS velmi nepřesná. Na tomto měření si lze všimnout i problému při měření rychlosti do 2 km/h, kdy v jednom okamžiku GPS tvrdila 0 km/h, přestože byla v pohybu.

5.8 Závěr praktických měření:

V této kapitole jsem se snažil ověřit teoretické znalosti v praktických měřeních, ze kterých následně vyberu některé pro studenty.

6. PRAKTICKÉ CVIČENÍ

Po vlastním praktickém měření, jsem vybral měření přesnosti určení polohy mobilním telefonem a satelitní navigací.

6.1 Nákup satelitních navigací

Pro jednoduchost měření je nejlepší zvolit satelitní navigaci s pamětí hodnot. Nejlepší na to je GPS logger, který dokáže velmi spolehlivě zapisovat data v sekundových intervalech. Pro navigaci je dále důležité, aby měla propojení s počítačem pomocí technologie Bluetooth nebo kabelem USB. Výhodou je software, který umí ukládat data do .csv, nebo .txt formátu pro převod do MATLABu nebo Excelu. Z mobilních telefonů je nejvhodnější nákup mobilního telefonu s 2G i 3G technologií a SIM karta operátora se službou „Kde je...“.

6.2 Zadání měření

Naučte se pracovat se satelitní navigací. Seznamte se s funkcemi a změřte přesnost navigačních systémů a vypočítejte jejich chybu. Vypracujte protokol a výsledky zhodnoťte v závěru.

Postup měření:

1. Navigační systémy postupně zapněte, sledujte rychlost zaměření satelitů a rychlost navigace zhodnoťte.
2. Určete polohu referenčního bodu pomocí satelitní navigace. Souřadnice a výšku запиšte do tabulky.
3. Určete polohu pomocí mobilního telefonu zasláním SMS zprávy „KDE 13131313 732424838“ na telefonní číslo 5727 polohu запиšte do tabulky.
4. Zjištěné souřadnice převed'te z různých formátů na formát N49.xxx E16.xxx.
5. Pomocí internetu zjistěte jaká byla přesná pozice měření. Použijte některou z online map, například mapy.cz nebo maps.google.com.
6. Považujte určenou polohu z internetu za nejpřesnější a vypočítejte odchylku v metrech pokud víte, že posun z N49 na N50 je 111111 metrů a E16 na E17 je 72972 metrů. Vypočítejte celkovou odchylku v metrech.
7. Zjistěte na internetu výšku měřeného bodu. Například na serveru <http://www.cykloserver.cz/cykloatlas> můžete zjistit výškový profil a z něho odečíst měřenou výšku. Tuto výšku berte jako referenční a spočítejte chybu měření.
8. V závěru zhodnoťte měření a vyberte nejpřesnější navigaci do automobilu.

6.3 Vypracování

Postup měření:

- 1) Všechny navigace jsem zapnul a sledovali jak se postupně zaměřují naši polohu.
- 2) Určili jsem souřadnice námi vybraného bodu pomocí mobilního telefonu a satelitní navigace a zapsali je do tabulky.
- 3) Všechny souřadnice jsem převedl do formátu ve stupních.
- 4) Z internetových stránek mapy.cz jsem určil přesné souřadnice měřeného bodu a převedl je do formátu ve stupních.
- 5) Z internetových stránek <http://www.cykloserver.cz/cykloatlas> jsem zjistil, že měřené místo bylo 290 m vysoko

Tabulka naměřených hodnot polohy:

Přístroj	Souřadnice	Přepočet [°]		Rozdíl		Chyba [m]		Celková chyba [m]
GPS60	N49.22474 E16.57529	49.22474	16.57529	0.000102	4.3E-05	11.30	3.12	11.72
Legend	N49.22495 E16.57519	49.22495	16.57519	0.000108	5.7E-05	12.04	4.18	12.74
Holux	49° 13' 30"N 16° 34' 31"E	49.225	16.575278	0.000158	3.1E-05	17.59	2.23	17.73
3G	E16°34'14" N49°13'27"	49.2241667	16.570556	0.000675	0.00469	75.00	342.36	350.48
2G	E16°34'31" N49°13'33"	49.2258333	16.575278	0.000992	3.1E-05	110.19	2.23	110.21
Internet	49°13'29.53"N 16°34'30.89"E	49.2248417	16.575247	-	-	-	-	-

Tabulka 4 – Tabulka naměřených hodnot polohy ukázkového měření

Tabulka naměřených hodnot nadmořské výšky:

Přístroj	Změřená výška [m]	Chyba [m]
GPS60	305	15
Holux	292	2
Legend	297	7
Mapy	290	-

Tabulka 5 – Tabulka naměřených hodnot výšky ukázkového měření

Příklad výpočtu polohy pro Holux:

$$D_x = D + (M/60) + (S/3600) [^\circ]$$

$$D_x = 49 + 13/60 + 30/3600$$

$$D_x = 49.22495^\circ$$

$$\Delta D_x = |D_x - 49.2248417|$$

$$\Delta D_x = |49.22495 - 49.2248417|$$

$$\Delta D_x = 0.000158$$

$$X = \Delta D_x \cdot 111111 [m]$$

$$X = 0.000158 \cdot 111111$$

$$X = 17.59 \text{ m}$$

$$D_y = D + (M/60) + (S/3600) [^\circ]$$

$$D_y = 16 + 34/60 + 31/3600$$

$$D_y = 16.575278^\circ$$

$$\Delta D_y = |D - 16.575247|$$

$$\Delta D_y = |16.575278 - 16.575247|$$

$$\Delta D_y = 0.000031$$

$$Y = \Delta D \cdot 72972 [m]$$

$$Y = 0.000031 \cdot 72972$$

$$Y = 2.23 \text{ m}$$

$$Z = \sqrt{X^2 + Y^2} [m]$$

$$Z = \sqrt{17.59^2 + 2.23^2}$$

$$Z = 17.73 \text{ m}$$

Příklad výpočtu výšky pro GPS60:

$$H = X - 290 [m]$$

$$H = 305 - 290$$

$$H = 15 \text{ m}$$

Závěr:

V tomto měření jsme si vyzkoušeli jak pracuje satelitní navigace a navigace pomocí mobilního telefonu. Nejpresněji polohu určila navigace Garmin GPS60, která se podle satelitních map zmýlila pouze o 11,7 m. Nejhorší přesnost ukázala navigace pomocí mobilního, telefonu která při 3G síti zaměřila polohu o 350 m jinak. U měření výšky byla nejpresnější navigace Holux. Do automobilu bych zvolil GPS60 satelitní navigaci pro její přesnost.

6.4 Závěr praktického cvičení

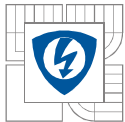
Snahou cvičení je, aby si studenti vyzkoušeli práci s navigací. Pochopili jak navigace funguje, jaké má výhody a nevýhody a sami si v praxi odzkoušeli jaké problémy je při navigaci mohou potkat. Snažím se v tomto měření klást důraz i na využití Internetu, protože satelitní navigace obecně v posledních letech začala velmi výrazně využívat tuto síť. Pokud jde o samotné měření volil jsem jednodušší úlohu, která je ale velmi názorná a je zde kladen důraz na praktické vyzkoušení navigace. Pokud by měření mělo být složitější a studenti měli vstupní znalosti jak navigace funguje, potom doporučuji měření azimutu, kde už je nutná navigace se zápisem prošlé trasy a počítač.

7. ZÁVĚR:

Tato diplomová práce byla rozdělena na několik základních částí. První část obsahuje současný stav navigací pomocí satelitu. Snažil jsem se tuto technologii popsat co nejpodrobněji, protože se ve světě využívá nejvíce. Satelitní navigace v posledních letech zažívají velký rozmach a informace se stále mění, přesto základní princip zůstává stejný. Druhá část se věnuje navigaci mobilním telefonem. Tato navigace už není tak běžná, ale v praxi se využívá. Tyto části jsem se snažil rozepsat podrobněji, aby bylo jasné, jak navigace fungují, nakonec jsem tyto informace použil při přednášce pro studenty. Při této přednášce studenty nejvíce zajímalo, jak často využívá Policie ČR lokalizaci mobilních telefonů a její úspěšnost při pátrání po například odcizených mobilních telefonech. Třetí stěžejní část je samotné měření, které bylo nutné pro ověření nejnovějších navigací. Praktické měření potvrdilo to, co jsem uváděl v teoretické části. Mě samotného překvapilo, jak klesla přesnost dnešních navigací na úkor jejich citlivosti. Při měření přesnosti určení polohy mobilního telefonu jsem mohl využít 3G technologii, která se rozšiřuje teprve v posledních dvou letech. Po praktickém měření jsem mohl přistoupit k samotné přípravě laboratoří. Zde jsem volil jednodušší měření, které klade důraz na názornost. Snažil jsem se, aby si studenti vyzkoušeli práci s navigací při měření, ale i online mapy a aplikace, které jsou zdarma na internetu a dokázali rozlišit, co navigace dokáže a k čemu není vhodná. Výsledkem praktického měření je schopnost studenta navigace obsluhovat, přečíst aktuální polohu, umět tuto polohu převést na jiný formát a dokázat tyto informace vyhodnotit pomocí online nástrojů. Věřím, že tato práce se stane jedním ze základních kamenů pro přednášky a laboratoře věnované navigacím v automobilové technice.

LITERATURA

- [1] Už vím jak pracuje navigační systém GPS - Navigovat.cz
<<http://navigovat.mobilmania.cz/clanky/AR.asp?ARI=111127>>
- [2] PICODAS Praha ceník GPS
<http://www.geology.cz/demo/cd_geocr500/stranky/propag/picodas/cenik.html>
- [4] Americký družicový navigační systém NAVSTAR GPS | Česká kosmická kancelář
<<http://www.czechspace.cz/cs/galileo/aktuality-GPS-Glonass/GPS>>
- [5] RDS-TMC <<http://www.rds-tmc.cz>>
- [6] Radio Data System - Wikipedie <http://cs.wikipedia.org/wiki/Radio_Data_System>
- [7] How GPS works: Satellite orbits <<http://www.kowoma.de/en/gps/orbits.htm>>
- [8] WAAS v Evropě <<http://www.skyfly.cz/zajimavo/waas03.htm>>
- [9] Proč někdy nefunguje RDS-TMC?
<<http://navigovat.mobilmania.cz/clanky/Ar.asp?ARI=113233&CHID=1&EXPS=&EXPA=>>>
- [10] MobiGPS <<http://mobigps.cz>>
- [11] Garmin <www.garmin.cz>
- [12] Fotografie družice <<http://www.extranavigace.cz>>
- [13] Mapa Garmin mapa <<http://www.gpscentral.ca>>
- [14] 2D a 3D mapy <<http://www.pdasoft.cz>>
- [15] Topo mapa přehrady <<http://brno.tucnacek.cz>>
- [16] Fotografie triangulace
<http://www.zachrannasluzba.cz/odborna/foto_0306_lokmt/triangulace.jpg>
- [17] Fotografie loggeru <www.alfacomp.cz>
- [18] Fotografie tracker www.chinasold.com
- [19] Globální polohovací a navigační satelitní systémy
<<http://geologie.vsb.cz/geoinformatika/kap09.htm>>
- [20] Garmin connect <<http://connect.garmin.com/>>
- [21] Mapa atlas <http://navigovat.mobilmania.cz/Files/Obrazky/2008_Q1/Atlas7/01.png>
- [22] Map source <http://www.alena.ilcik.cz/gps/maps/mapsourcesource_3.jpg>
- [23] Garmin <www.garmin.com>
- [24] Mapy Garmin <<http://www.laptopgpsworld.com/2550-garmin-homeport-new-version-mapsourcesource-garmin-chart-plotter-users>>
- [25] Letecká mapa
<www.marecek.cz/image/200904281453_omezeni%20aip%20sup%20letecka%20v7.5.png>

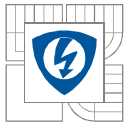


[26] Garmin eco route

<http://mobil.idnes.cz/foto.aspx?r=navigace&c=A110314_102201_navigace_kor>

[27] RDS anténa

<http://t2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRb3mYvnt1DYT7gvw34e3i5I4IW3g_zqpn gJoLs3RS4aRcanCv54A&t=1>



PŘÍLOHY