

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

**POROVNÁNÍ A VYUŽITÍ GPS V NAVIGAČNÍCH
SYSTEMECH**

diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Jaromír Volf, DrSc.

Vypracoval: Bc. Lukáš Rössler

Praha 2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra elektrotechniky a automatizace

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Lukáš Rössler

Informační a řídicí technika v agropotravinářském komplexu

Název práce

Porovnání a využití GPS v navigačních systémech

Název anglicky

Comparison and Using of GPS in navigation systems

Cíle práce

Cílem práce je porovnat vlastnosti a zhodnotit systém GPS, s důrazem na přesnost technologie a na celkové možnosti využití.

Metodika

V diplomové práci bude podrobně zhodnocena funkčnost, spolehlivost a přesnost systému GPS. Autor by měl vyhodnotit vývoj navigací, využívajících systém GPS, a měl by se především zaměřit na jednotlivé značky navigací a porovnat je mezi sebou.

Doporučený rozsah práce

50 – 60 str.

Klíčová slova

GPS, určování polohy, přesnost, způsoby využití

Doporučené zdroje informací

HOJGR, R. STANKOVIČ, J. : GPS: Praktická uživatelská příručka, Brno: Computer Press, 2007. 222 s. ISBN 978-80-251-1734-7.

RAPANT, P. : Družicové polohové systémy, 1. vydání . Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2002, 197 s. ISBN 80-248-0124-8.

STEINER, I. ČERNÝ, J.: GPS od A do Z , 4. vydání. Praha: Picodas, 2006. 258 s. ISBN: 80-239-7516-1.

VAN DIGGELEN, F.: Assisted GPS, GNSS, and SBAS. Artech House, 2009, 380 s. ISBN: 978-1-59693-374-3.

Předběžný termín obhajoby

2015/05 (květen)

Vedoucí práce

prof. Ing. Jaromír Volf, DrSc.

Elektronicky schváleno dne 25. 3. 2015

prof. Ing. Jaromír Volf, DrSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 3. 2015

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 25. 03. 2015

MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně s pomocí literatury uvedené v seznamu zdrojů diplomové práce.

V Praze dne 25. 03. 2015

Bc. Lukáš Rössler

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat panu prof. Ing. Jaromír Volfovi, DrSc. za konzultace, cenné rady a připomínky, které mi poskytoval při zpracování diplomové práce.

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na porovnání a využití GPS navigačních systémů. V práci jsou popsány a analyzovány standardně používané přijímače v automobilové dopravě, v mobilních telefonech, ale i přístroje přijímající GPS signál v zemědělství. V hlavní části práce jsou srovnávány navigační systémy, jejich přesnost v přímé viditelnosti nebo naopak při nepříznivých okolnostech. Na konci práce je proveden test porovnání několika zařízení od známých firem, zabývajících se GPS přijímači, z pohledu běžného uživatele. Diplomová práce je zakončena sedmou kapitolou „Závěr“, kde jsou shrnuty a vyhodnoceny veškeré informace a poznatky.

Klíčová slova: GPS, určování polohy, přesnost, způsoby využití

ABSTRACT

This thesis is focused on the comparison and use of GPS navigation systems. It describes and analyses the standard use of receivers in the car traffic, mobile phones and the GPS device, which receiving a signal in an agriculture. The main part of this thesis compares navigation systems, their accuracy in line of sight or during adverse circumstances. At the end of the work is done a test which compares several devices from well-known companies engaged in GPS receivers from the perspective of an ordinary user. The thesis is finished by seventh chapter called "Conclusion", which summarizes and evaluates all information and knowledge.

Keywords: GPS, positioning, precision, recovery

Obsah

1.	ÚVOD	1
2.	CÍL PRÁCE A METODIKA	2
2.1	CÍL PRÁCE	2
2.2	METODIKA	2
3.	POSTUPNÝ VÝVOJ A TECHNOLOGIE GPS SYSTÉMU	3
3.1	HISTORIE	3
3.2	SYSTÉM GPS	4
3.2.1	<i>Kosmický segment</i>	4
3.2.2	<i>Řídicí segment</i>	5
3.2.3	<i>Uživatelský segment</i>	6
3.2.3.1	Jednokanálový přijímač	7
3.2.3.2	Vícekanálový přijímač	7
3.2.3.3	Hybridní přijímač	7
3.3	SROVNÁNÍ DALŠÍCH NAVIGAČNÍCH SYSTÉMŮ	8
3.3.1	<i>Porovnání jednotlivých charakteristik systémů</i>	8
3.4	GALILEO	8
3.5	GLONASS	9
3.6	DOSTUPNOST SIGNÁLU GLONASS A GPS	10
4.	URČOVÁNÍ POLOHY POMOCÍ GPS SYSTÉMU	11
4.1	PŘÍMÉ MĚŘENÍ	11
4.2	NEPŘÍMÉ MĚŘENÍ	11
4.2.1	<i>Úhломěrná metoda</i>	12
4.2.2	<i>Dálkoměrná metoda</i>	12
4.2.3	<i>Kombinace úhломěrné a dálkoměrné metody</i>	13
4.3	ZJIŠŤOVÁNÍ POLOHOVÉ PŘESNOSTI GPS	13
4.3.1	<i>Určování polohy</i>	13
4.3.2	<i>Určení polohy v jednorozměrném prostoru</i>	14
4.3.3	<i>Určení polohy v dvourozměrném prostoru</i>	14
4.3.4	<i>Určení polohy v trojrozměrném prostoru</i>	15
4.3.5	<i>Rozmístění družic</i>	15
4.3.6	<i>Přesnost GPS</i>	16
4.3.7	<i>Zvýšení přesnosti GPS</i>	17
4.3.7.1	<i>Průměrování polohy</i>	17
4.3.7.2	<i>Diferenční GPS</i>	17
4.3.7.3	<i>EGNOS</i>	17
5.	ELEKTRONICKÉ NAVIGAČNÍ SYSTÉMY	19
5.1	GPS V DOPRAVĚ	19
5.1.1	<i>GPS v silniční dopravě</i>	19
5.1.1.1	<i>Pasivní prvek</i>	19
5.1.1.2	<i>Pasivní prvek s odesláním dat</i>	20
5.1.1.3	<i>Pasivně - aktivní prvek</i>	20
5.1.1.4	<i>Inteligentní pasivně - aktivní prvek</i>	20
5.1.2	<i>GPS v železniční dopravě</i>	21
5.1.3	<i>GPS v lodní dopravě</i>	21
5.1.4	<i>GPS v letecké dopravě</i>	21
5.2	MOBILNÍ APLIKACE – SYSTÉMY MOBILNÍCH TELEFONŮ	22
5.3	GPS V GEODÉZII A PŘI MAPOVÁNÍ	23
5.3.1	<i>Geodézie a zeměměřičství</i>	23
5.3.2	<i>GPS při mapování</i>	24
5.3.3	<i>CZEPOS - Česka síť permanentních stanic pro určování polohy</i>	25
5.3.3.1	<i>Využití sítě CZEPOS</i>	25
5.4	PRECIZNÍ ZEMĚDĚLSTVÍ	26
5.4.1	<i>RTK</i>	26

5.4.1.1	Funkce a přednosti.....	27
5.4.1.2	Jak systém RTK pracuje.....	27
5.4.2	<i>Virtuální referenční stanice</i>	27
5.4.3	<i>Využití technologie GPS v zemědělství</i>	28
5.4.3.1	Navigace s manuálním řízením	28
5.4.3.2	Navigace s asistovaným řízením	29
5.4.3.3	Technologie využívající GPS	29
6.	POROVNÁNÍ A ZHDNOCENÍ SOUČASNÝCH TECHNOLOGIÍ	30
6.1	TECHNICKÉ CHARAKTERISTIKY GPS	30
6.2	VÝBĚR Z VÝROBCŮ NAVIGACÍ.....	31
6.3	VYBRANÉ GPS NAVIGACE	33
6.3.1	<i>TomTom XL IQ Routes Europe Traffic</i>	34
6.3.2	<i>Garmin Nüvi 205</i>	34
6.4	SROVNÁNÍ GPS NAVIGACÍ S CHYTRÝMI TELEFONY	35
6.4.1	<i>Zaměření GPS souřadnic a ostatních parametrů</i>	35
6.4.2	<i>Porovnání GPS Garmin se Samsung Galaxy Note 3 Neo</i>	38
6.4.3	<i>Porovnání GPS TomTom se Samsung Galaxy Note 2</i>	39
6.4.4	<i>Porovnání GPS navigací TomTom a Garmin</i>	40
6.5	SROVNÁNÍ GPS NAVIGACÍ V CHYTRÝCH TELEFONECH	40
6.5.1	<i>Zaměření GPS souřadnic a ostatních parametrů</i>	41
6.5.2	<i>Jednotlivá měření</i>	44
6.5.2.1	První trasa – optimální trasa	45
6.5.2.2	První trasa - přepoččet trasy	45
6.5.2.3	Druhá trasa	46
6.6	POROVNÁNÍ MOBILNÍCH TELEFONŮ A GPS NAVIGACÍ Z HLEDISKA UŽIVATELE.....	47
6.6.1	<i>Druhy dotykových displejů</i>	47
6.6.1.1	Rezistivní (odporový) displej	47
6.6.1.2	Kapacitní displej.....	48
6.6.2	<i>Softwarové prostředí v jednotlivých zařízeních</i>	49
6.6.2.1	Mapy HERE	49
6.6.2.2	iOS mapy.....	49
6.6.2.3	Google mapy	50
6.6.2.4	Navigon	51
6.6.2.5	GPS navigace Garmin	51
6.6.2.6	GPS navigace TomTom a TomTom v mobilním telefonu.....	52
7.	ZÁVĚR.....	53
8.	SEZNAM LITERATURY	55
8.1	SEZNAM TABULEK	58
8.2	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	59

1. Úvod

GPS (Global positioning system) je globální polohový systém, tímto systémem lze snadno určit polohu objektu kdekoli na zemi, a to bez ohledu na dobu či nepřízeň počasí. Jde o pasivní dálkoměrný systém pro stanovení polohy a času na Zemi i v přilehlém prostoru. Někdy je také nazýván svým druhým názvem NAVSTAR. Jedná se o určení souřadnic severní/jižní šířky a východní/západní délky, zároveň i o určení dané nadmořské výšky. Systém díky těmto všem souřadnicím je pak schopen určit polohu v trojrozměrném prostoru, a to velmi přesně. GPS systém je schopen poskytovat signál 24 hodin denně, a to kdekoli na zemském povrchu nebo přilehlém prostoru. V posledních letech si GPS našla značné uplatnění v mnoha oborech, ať už se jedná o určení polohy plavidel, letadel či pozemních dopravních prostředků, orientace v neznámých odlehlých oblastech v případě turistiky, ale také například při sledování zásilek, vyhledávání odcizených automobilů či pomoc například u orby v zemědělství.

Jeden z hlavních faktorů vzniku této práce bylo srovnání jednotlivých firem a jejich výrobků, z hlediska přesnosti a spolehlivosti. Pomocí GPS je dosaženo nejen ulehčení v mnoha technologických odvětvích, ve kterých člověk pracuje. Ale je také uspořeno mnoho nákladů a času na prováděné pracovní operace.

2. Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce bylo porovnat vlastnosti a zhodnotit systém GPS, s důrazem na přesnost technologie a na celkové možnosti jeho využití. Snahou bylo poukázat a přehledně sepsat veškeré základní informace v oblasti GPS systému.

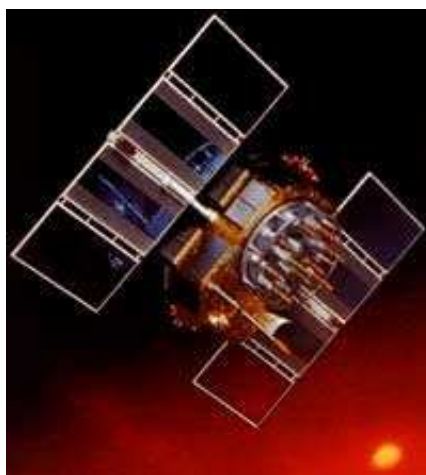
2.2 Metodika

V diplomové práci byla podrobně zhodnocena funkčnost, spolehlivost a přesnost systému GPS. Následně byl srovnán vývoj navigací, využívajících GPS se zaměřením na jednotlivé značky, které budou mezi sebou porovnávány. Pro vyhledávání informací, pro jejich další zpracování bylo použito několika metod. Byly kombinovány, porovnávány zdroje odborné literatury s běžně dostupnými informacemi s následným vyhodnocením.

3. Postupný vývoj a technologie GPS systému

3.1 Historie

Vznik satelitních navigačních systémů se datuje do druhé poloviny 20. století. U jejich zrodu stály především armádní zájmy. V roce 1960 započalo US-NAVY s umístováním družic systému TRANSIT na oběžnou dráhu. Hlavním úkolem tehdy bylo určování polohy plavidel. Tento systém byl v roce 1964 uvolněn i pro civilní použití a nyní slouží zejména majitelům civilních jachet. Postupem času byl projekt TRANSIT následován řadou dalších systémů. Nejpoužívanějším a nejrozsáhlejším se stal Globální polohový systém NAVSTAR-GPS [1], [24].



Obr. 1 – GPS družice [2]

Vývoj GPS byl započat v letech 1973, kdy byla zahájena první fáze, zahrnující vypuštění 4 pokusných družic a kdy byl rozběhnut vývoj uživatelských zařízení. Model těchto družic je zobrazen na Obr. 1. V 80. letech byla započata druhá vývojová fáze. V této době byla současně vybudována pozemní řídicí střediska a počet družic byl navýšen. V prosinci 1993 bylo poprvé dosaženo trojrozměrného zaměřování. Rok 1995 se stal významným mezníkem, kdy došlo k oficiálnímu vyhlášení plné operační způsobilosti systému. Na oběžné dráze jsou družice třetí generace, čtvrtá byla vypuštěna v roce 2006. V Tab. 1 je možné vidět kdy a kolik bylo družic vysláno na oběžnou dráhu plus jaká bude jejich průměrná životnost [1], [24].

Tab. 1 - Časové období GPS [8]

Blok	Období	Aktivní GPS	Životnost plán/skutečná
I	1978–1985	0	-/?
II	1989–1990	0	7,5/12,1
IIA	1990–1996	4	7,5/20+
IIR	1997–2004	12	10,0/13+
IIR-M	2005–2009	7	8,5/8+
IIF	2010–2015	8	15,0/2+
IIIA	2016–	0	15/-
IIIB		0	-/-
IIIC		0	-/-
Celkem		31	

Technologie GPS byla na počátku využívána pouze jako přesný vojenský lokalizační a navigační prostředek sledování pozic vojenských jednotek, zaměřování cílů. V 80. letech 20. století bylo americkou vládou rozhodnuto o jeho uvolnění i pro civilní účely. Poté byla technologie GPS mohutně rozšířena do všech oblastí lidské činnosti [2].

Od roku 1996 byl globální polohový systém na základě rozhodnutí prezidenta USA kontrolován vládním výborem IGEB (Interagency GPS Executive Board), jehož úkolem bylo sledovat vývoj systému a jeho usměrňování v souladu se zájmy národní bezpečnosti. Kromě toho společností IGEB byl proveden i dohled na zajištění dostupnosti GPS pro celosvětové mírové využití (vědecké i komerční), podporoval tak i mezinárodní spolupráci v této oblasti [2].

3.2 Systém GPS

Systém GPS je složen ze tří základních segmentů, a to kosmického, řídicího, uživatelského segmentu.

3.2.1 Kosmický segment

Kosmický segment je tvořen v současné době 31 satelity tvořících FOC (Full Operational Capability) na šesti oběžných (kruhových) drahách - viz Obr. 2. Pro

minimální činnost při zachování celoplanetárního pokrytí je třeba 21 družic. Družice obíhají ve výšce cca 20 200 km s inklinací 55 stupňů a doba oběhu je přibližně 11 hodin 58 minut. Tím je zajištěno, že prakticky všude v jakýkoliv okamžik jsou nad obzorem minimálně 4 viditelné družice. V praxi těchto viditelných družic může být až 12. V České republice je běžně k dispozici okolo 7 - 8 družic v daný okamžik. Pro určení polohy v prostoru je nutné přijímat signály minimálně ze čtyř družic, protože kromě tří neznámých souřadnic x , y , z je neznámou i čas t (respektive posun času přijímače GPS oproti času UTC GPS satelitů). Jakákoliv další viditelná družice zlepšuje a zpřesňuje konfiguraci, a tím i výsledky měření [4].



Obr. 2 - Rozmístění a dráhy družic kolem země [2]

3.2.2 Řídicí segment

Řídicí segment je využíván na samotnou kontrolu satelitů. Je složen z řídicího střediska (Master Control Station), hlavního centra celého systému (nachází se na letecké základně Schriever Air Force Base v Colorado Springs – viz Obr. 3). Informace jsou získávány z monitorovacích stanic, podle toho jsou vysílány řídicí zprávy k jednotlivým satelitům pomocí povelových stanic. Pro náhlý případ nefunkčnosti tohoto centra je k dispozici řídicí středisko v Merylandu, které slouží jako záložní. Čtyři povelové stanice jsou určeny pro předávání řídicích zpráv z řídicího střediska satelitům. Zprávy nesou informace o predikci dráhy družice, korekci atomových hodin, přibližné pozice ostatních družic a jejich stavu. Osmnáct monitorovacích stanic sleduje GPS družice a dané informace jsou dále předávány řídicímu středisku [4].

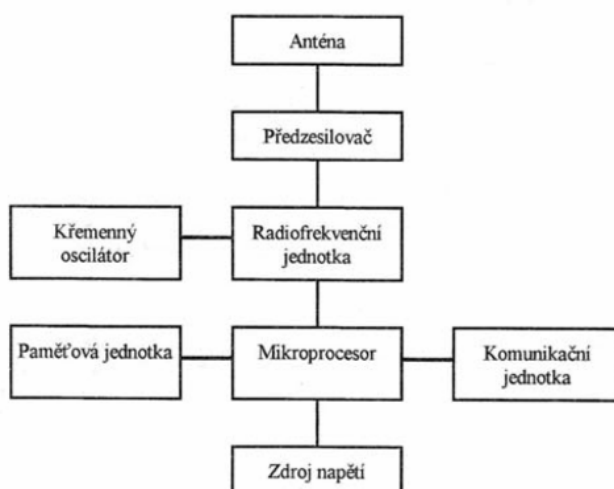


Obr. 3 - Schriever Air Force Base [3]

3.2.3 Uživatelský segment

Uživatelský segment je pak tvořen širokou paletou GPS přijímačů, které poskytují údaje o poloze, rychlosti a času uživatelům v nejrůznějších aplikacích. Uživatelé jsou pomocí GPS přístrojů přijímány signály z viditelných družic. Pro příjem signálu z družice je nutno dobrého výhledu na družice. Komunikace probíhá jen směrem od družice k přijímači, proto se jedná o pasivní přijímač. Z vyhodnocených dat, obdržených od družic, jsou vypočteny přijímačem následně jeho poloha, nadmořská výška a čas. Velikost takových GPS přijímačů bývá většinou v řádech milimetrů [4].

Schéma GPS přijímače – viz Obr. 4 je tvořeno anténou s předzesilovačem (pro příjem i slabých GPS signálů), která bývá oddělena nebo je spojena s přijímačem, radiofrekvenční jednotkou, mikroprocesorem, komunikační jednotkou, zdrojem napětí a pamětí [9].



Obr. 4 - Technické schéma GPS přijímače [9]

Radiofrekvenční jednotkou jsou zpracovány přijaté signály na jedné nebo dvou frekvencích. Signály jsou dále porovnávány s referenčním signálem a přefiltrovány na časové údaje družice, navigační zprávy a nemodulovaný nosný kmitočet. Mikroprocesorem je řízen celý systém pro přijímání, pro interaktivní komunikaci a pro programování přijímače [9].

Křemenným oscilátorem je vytvářen referenční signál. Styk přijímače s uživatelem je zajištěn komunikační jednotkou, například pomocí klávesnice, přes kterou se vkládají do přijímače doplňkové informace [9].

V současné době existuje pro příjem a zpracování GPS signálů hned několik typů:

- jednokanálové,
- vícekanálové,
- hybridní.

3.2.3.1 Jednokanálový přijímač

Je schopen zachytit a zpracovat signál pouze z jedné družice. Po zachycení, zpracování signálu a následném uložení informace z jedné družice se automaticky přepne na druhou družici. Čas potřebný pro tento proces je velmi malý (cca 20 ms) [4].

3.2.3.2 Vícekanálový přijímač

U těchto přijímačů je situace jiná, pro každou družici má vícekanálový přijímač vyčleněn samostatný fyzický kanál, a tak je možný příjem a zpracování signálu z více družic najednou [4].

3.2.3.3 Hybridní přijímač

Tyto typy sice obsahují více kanálů, ale bohužel ne v dostatečném množství pro bezproblémové zajištění, tak aby každá družice měla samostatný kanál. Pak je tedy zapotřebí přepínat mezi příjmem signálů z jednotlivých družic [4].

3.3 Srovnání dalších navigačních systémů

Spojené státy americké jsou v tomto odvětví značně vpředu. Nicméně i další světové velmoci začaly s vývojem navigačních systému a to Rusko, které pracuje na systému Glonass a Evropa se systémem Galileo.

3.3.1 Porovnání jednotlivých charakteristik systémů

V Tab. 2 jsou zobrazeny technické parametry pro jednotlivé navigační systémy.

Tab. 2 - Srovnání navigačních systémů [1], [4], [32]

Charakteristika/Systém	GPS	Glonass	Galileo
Odklon dráhy od roviny rovníku	55°	64,8°	56°
Výška oběžné dráhy	20 180 km	19 100 km	23 222 km
Doba oběhu	11 h 58 min. 00 s	11 h 15 min. 00 s	-
Užití systému	vojenské/civilní	vojenské/civilní	civilní
Obvyklý transportní prostředek	Delta 2-7925	Proton K/DM-2	Ariane 5
Místo startu	Miss Canaveral	Bajkonur	Kurou – Fr. Guajana
Počet satelitů na 1 let	1	3	6
Financování	Ministerstvo obrany USA	Ministerstvo obrany Ruska	Evropská unie

3.4 Galileo

Je to jeden ze tří vyvíjených systému pro družicovou navigaci, který je financován a vyvíjen státy Evropské unie pod záštitou Evropské komise a Evropské kosmické agentury. Počátek tohoto projektu je datován k 19. 7. 1999. Jeho plnohodnotný funkční systém měl být původně spuštěn v roce 2010, pak 2012, 2014 a nyní se jeho spuštění plánuje na rok 2018. Všechny tři družicové navigační systémy by si navzájem neměly nijak konkurovat, spíše by se mělo jednat o doplňkový systém. Kompletně hotový systém by měl obsahovat 30 družic (27 operačních a 3 záložní). Tyto družice by měly obíhat ve třech rovinách po kruhových osách na střední oběžné dráze Země. Výška, ve které by měly obíhat, by měla být okolo 23 300 km. Dráhy rovin budou svírat úhel 56° s rovinou rovníku. Tím pádem bude systém pracovat bez potíží až do míst ležících na 75° zeměpisné šířky. Dostatečným počtem satelitů pak tedy bude možno určovat polohu s přesností na metr. Na oběžnou dráhu budou postupně vysílány jednotlivé družice. V systému Galileo byla jako první experimentální družice – viz Obr. 5 vyslána družice s označením

GIOVE A (GSTB-VA2) její rozměry jsou 1,3 m x 1,8 m x 1,65 m a má hmotnost 600 kg. Její výkon 700 wattů je zajišťován dvěma solárními panely. Nedílnou součástí družice jsou atomové hodiny. GIOVE A nese dvoje rubidiové hodiny (Rubidium atomic clocks) s odchylkou 10 nanosekund/den. Do budoucna se počítá s raketami Ariane 5, díky kterým bude možné vynést až 6 družic za jeden let, nebo ruské rakety (Sojuz, Proton - K), které budou schopny takto dopravit 3 družice [1], [4], [19].



Obr. 5 – Družice Galileo [31]

3.5 Glonass

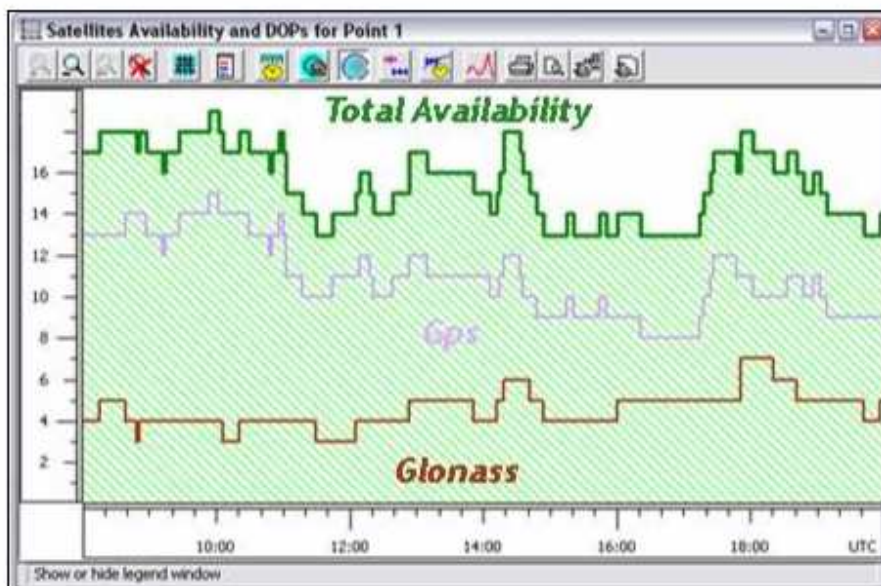
V roce 1976 započal vývoj v Sovětském svazu, po jehož rozpadu vývoj byl převzat Ruskou federací. Systém Glonass neboli Globální navigační satelitní systém byl prvně testován 12. října 1982, kdy na oběžnou dráhu byla vyslána první testovací družice. V dalších letech bylo na oběžnou dráhu vyneseno ještě 44 družic a 8 dalších jakožto testovací typy Uragan (dnes již novější model Uragan-M). V roce 1993 Rusko prohlásilo družicový systém Glonass za provozuschopný, i když kvůli financování byl držen po většinu času pouze v omezeném módu. Nakonec celý systém pracuje s 24 družicemi, které obíhají na 3 oběžných drahách (21 funkčních a 3 rezervní). Satelity obíhají ve výšce 19100km. Ve srovnání s dalšími systémy obíhají nejnižší, což pro systém Glonass je značnou nevýhodou v tom, že mají horší viditelnost. Roviny jednotlivých oběžných drah jsou posunuty o 120°. V návaznosti na typ družice Uragán-M, který má životnost cca 7 let, byl vyvinut nový typ a to Uragan-K, který svou životnost prodlužuje oproti minulému modelu o cca 4 roky. Všechny družice jsou a byly vynášeny raketami Sojuz. Nedávno však Rusko uzavřelo smlouvu o spolupráci s Indií, ve které bylo dohodnuto, že některé družice na oběžnou dráhu vynesou indická raketa typu GLSV (Geosynchronous Satellite Launch Vehicle). Na Obr. 6 je pak možné vidět model družice systému GLONASS, který byl vystaven na CEBIT 2011 [1], [4], [33].



Obr. 6 – Družice Glonass [20]

3.6 Dostupnost signálu Glonass a GPS

V následujícím Obr. 7 je znázorněna dostupnost signálu jednotlivých navigačních systémů, které jsou již dostupné pro užívání, v porovnání s celkovou dostupností GPS signálu. Za zcela funkční je ale možno brát zatím pouze navigační systém GPS.



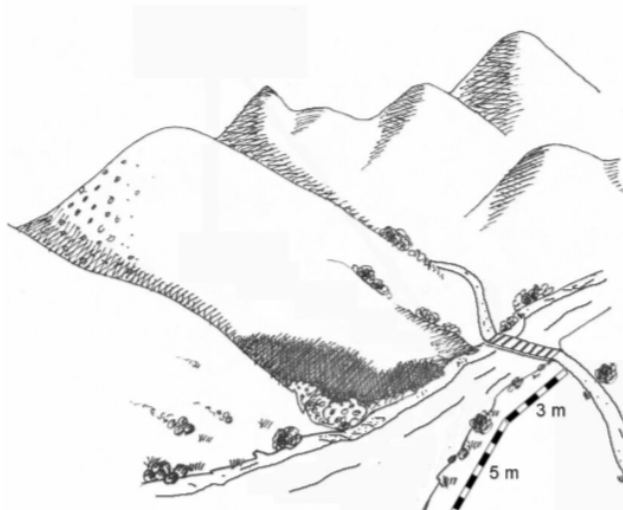
Obr. 7 – Porovnání GPS a Glonass intenzity signálu [30]

4. Určování polohy pomocí GPS systému

Ke stanovení polohy neboli určení přesného místa jsou za potřeby technologie nebo procesy, které přesně označují bod v prostoru. Takovouto polohu je možno vyjádřit jakožto souřadnice x , y , z ve stanoveném souřadnicovém systému obohaceném o časovou jednotku. Určení polohy je možno rozdělit do dvou základních způsobů měření, na měření přímé a nepřímé [4], [22].

4.1 Přímé měření

Určení polohy u přímého měření bývá značně obtížné - viz Obr. 8. Polohu je možno zaměřit například podle vzdálenosti podél silnice, vodního toku nebo železniční trati, na což bohužel nejsou dostupné běžné postupy. K tomuto účelu je možno prakticky jen využít standardní GPS zařízení, které ale ke svým výpočtům využívá, co se týče principů, jednu z metod nepřímého měření [4].



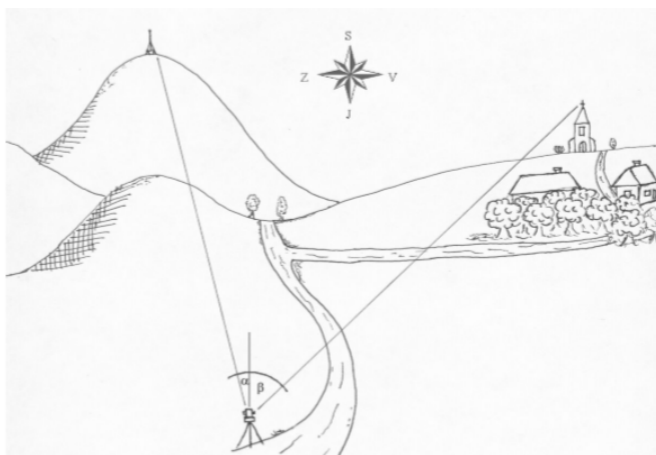
Obr. 8 - Určování polohy přímým měřením podél vodního toku [4]

4.2 Nepřímé měření

U nepřímého měření je poloha určena na základě výpočtů a vyhodnocení jiných veličin, které byly při měření zaznamenány. Nejčastěji jsou používány některé ze tří metod. Jedná se o metodu úhломěrnou, dálkoměrnou a kombinací těchto dvou [4].

4.2.1 Úhloměrná metoda

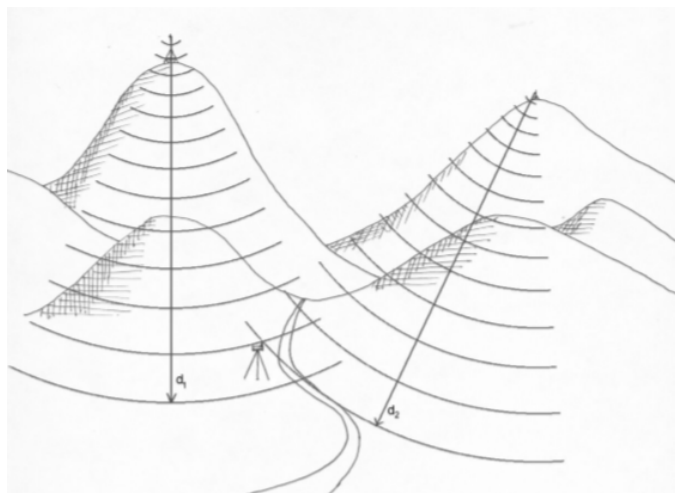
Úhloměrná metoda patří k nejrozšířenějším způsobům určování polohy. Princip metody je založen na změření orientovaného úhlu, jenž je sevřen v určitém směru ke dvěma známým pozorovaným objektům, které lze lokalizovat na mapě a to z místa, jehož polohu určujeme – viz Obr. 9. Měřený bod je nalezen v průsečíku obou os a za pomoci kompasu je graficky vše znázorněno na mapě. Značnou nevýhodou úhloměrných měření je, že s rostoucí vzdáleností roste i chyba určení polohy bodu v místě [4].



Obr. 9 - Určování polohy úhloměrným měřením [4]

4.2.2 Dálkoměrná metoda

K určení polohy neznámého bodu dálkoměrným měřením je nejčastěji použito radiových signálů. Ze stanoveného vysílače je přijímačem vyhodnocen signál a následně určena jeho vzdálenost. Body, které jsou poté vyhodnocovány, leží na kružnici. Středem této kružnice je vysílač. Vzdáleností je určen poloměr kružnice. K nalezení polohy je třeba radiového signálu, jenž musí být vysílán minimálně ze dvou vysílačů. Průsečíkem těchto dvou kružnic je poloha hledaného bodu. To vše je možné vidět na Obr. 10. Nejznámějším příkladem dálkoměrné metody je systém GPS [4], [13].



Obr. 10 - Určování polohy dálkoměrným měřením [4]

4.2.3 Kombinace úhломěrné a dálkoměrné metody

Měření za pomoci obou metod je využíváno docela často. Pro určení polohy je zde využito radaru nebo statické stanice. Měření pak probíhá dvěma způsoby. Z bodu, který má známé souřadnice bude odměřen orientovaný úhel a vzdálenost k neznámému bodu. Nebo z bodu, který má neznámou polohu, bude odměřen orientovaný úhel se známou vzdáleností bodu. Pak bude možno snadným výpočtem nebo geometrickou konstrukcí určit polohu hledaného neznámého předmětu [4], [13].

4.3 Zjišťování polohové přesnosti GPS

Hlavní předností GPS systému je, že s jeho pomocí je možné určovat polohu v souřadném systému, který je pro celou zemi společný. Tím tedy umožňuje na povrchu planety Země komukoli zjistit své zeměpisné souřadnice [22], [25].

4.3.1 Určování polohy

GPS pro svou funkčnost využívá družice, které obíhají kolem Země na svých oběžných drahách. Z nichž pak jsou k Zemi vysílány signály v podobě elektromagnetických vln. Rychlost signálu ve vakuu je cca 300 000 km/s. Družice jsou nastaveny všechny stejně tak, aby naráz vyslaly signál v přesně definované dobu (atomové hodiny) k přijímači, který je umístěn na Zemi. Výpočet pozice se pak určuje na základě toho, s jakým zpožděním byl signál přijat z jednotlivých družic. Po příjmu signálu

není ale patrné jak dlouho trvalo, než k nám od družice dorazil. Jsou známy jen časové rozdíly. Tuto koncepci označujeme zkratkou TDOA (Time Difference of Arrival) [22], [25].

4.3.2 Určení polohy v jednorozměrném prostoru

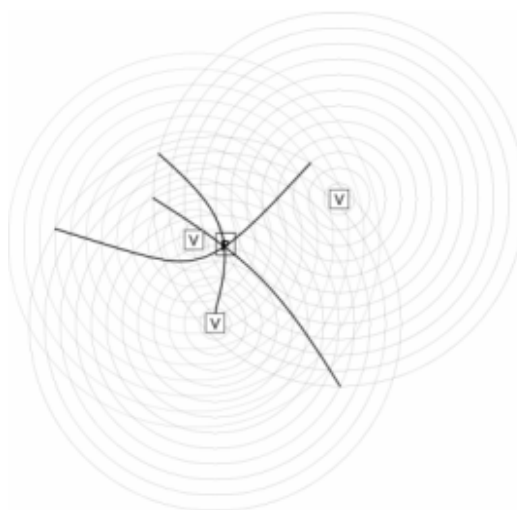
K určení polohy v jednorozměrném prostoru postačuje viditelnost na dva vysílače. Pomocí přijímače je možné následně určit rozdíl mezi příjmem signálu od prvního a druhého vysílače. Ze známé polohy vysílačů a rychlosti šíření signálu je možné následně vypočítat polohu přijímače. Vše je znázorněno na Obr. 11 [25].



Obr. 11 - Určení polohy v jednorozměrném prostoru [25]

4.3.3 Určení polohy v dvourozměrném prostoru

Pro dvourozměrný prostor bohužel dva vysílače už nestačí. Dvěma vysílači jsme schopni nalézt jen hyperbolu, na které se nacházíme a jejímiž ohnisky jsou polohy vysílačů. Pro polohu v dvourozměrném prostoru je potřeba třech vysílačů. Z každého vysílače je vyslán signál, získáme tak tři rozdílné časy pomocí nichž je možné určit tři paraboly. V průsečíku těchto třech parabol se pak nachází daný přijímač – viz Obr. 12 [25].



Obr. 12 - Určení polohy v dvourozměrném prostoru [25]

4.3.4 Určení polohy v trojrozměrném prostoru

Pro stanovení polohy (zeměpisné šířky, zeměpisné délky a nadmořské výšky) v trojrozměrném prostoru je nutno dostat signál minimálně ze čtyřech satelitů. Z těchto čtyř satelitů je získáno šest časových rozdílů, ze kterých lze následně sestavit šest rotačních hyperboloidů, kde se ve středu průsečíku nachází daný přijímač. Existuje i alternativní řešení a to v podobě dvourozměrného módu GPS přijímače, který je aktivován tehdy, pokud je k dispozici signál pouze ze tří družic. V tomto případě zbylý třetí hyperboloid nejde určit, a tak se místo něj pro výpočet používá Zemský povrch. Je to spíše takové východisko z nouze. Výsledek je tedy pak pouze jakýsi odhad dvou zeměpisných souřadnic s chybějící souřadnicí výšky. Pokud je přijímač schopen zachytit pouze signál z jedné družice, dokáže z něj určit jen přesný čas [22], [25].

4.3.5 Rozmístění družic

Rozmístění družic je pro přesnost přijímače také velmi důležité. Pokud by byly všechny čtyři družice v jednom bodě, poloha by se nedala určit. Kdyby družice a přijímač byly v přímce, dala by se určit jen jedna souřadnice, a pokud by se družice společně s přijímačem nacházely v jedné rovině, daly by se vypočítat pomocí signálu pouze dvě souřadnice. Proto je nutné zamezit tomu, aby se družice nikdy nedostaly do jedné roviny. V reálných podmínkách je situace trochu komplikovanější a čím je uspořádání plošší, tím může nastat větší chyba při určování polohy. Měření a následný výpočet časových rozdílů je vždy zatížen chybami. Ty se poté promítnou i do celkové chyby ve výsledné pozici přijímače. Pro přesnost výsledku je pak i rozestavění družic velmi důležité. Úhel, který se nachází mezi družicí-přijímačem-družicí by měl být co největší. Proto byl zaveden koeficient, jež je označován jako PDOP (Position Dilution Of Precision), který reprezentuje prostorové rozložení satelitů – viz Tab. 3. Není to nic jiného, než klasické rozestavění družic [22], [25], [28].

Tab. 3 - Význam koeficientu PDOP [28]

PDOP = 1	ideální případ, nelze ho dosáhnout
PDOP ≤ 3	velice přesná hodnota
PDOP ≤ 6	minimální hodnoty použitelné pro důležité výpočty
PDOP ≤ 8	hodnoty jsou ještě použitelné pro výpočty
PDOP ≤ 20	hodnoty téměř nepoužitelné
PDOP ≤ 50	hodnoty by měly být ignorovány

Kromě parametru, který určuje prostorové rozložení družic (PDOP) jsou známy ještě další parametry, jakožto například horizontální rozložení družic (HDOP), vertikální rozložení družic (VDOP), časové rozložení družic (TDOP) a geometrické rozložení družic (GDOP). Mezi nejvýznamnější a nejpoužívanější je zařazen PDOP. Parametr PDOP se v České republice pohybuje v rozmezí od 1,35 do 3,6 [28].

4.3.6 Přesnost GPS

Přesnost GPS je tedy ovlivněna především těmito vlivy:

- ionosférická refrakce (ionosféra způsobuje zakřivení dráhy signálu).....± 5 m,
- troposférická reakce (zpoždění signálu v troposféře).....± 0,7 m,
- efemeridy družic (vychýlení družice proti udávané poloze)± 2,1 m,
- družicové hodiny (jejich nepřesnost)± 2,1 m,
- vícecestné šíření signálu± 1,1 m,
- chyba na straně přijímače (například šum).....± 0,5 m,
- šum na straně vysílače± 1 m,
- hrubá chyba lidského faktoru (chyba v přepočtu souřadnic).

Zdánlivá odchylka (chyba) δ_z je tedy definována jako součet dílčích odchylek, kde její hodnota je přibližně ±12,5 metrů. Odchylka v metrech pro jednotlivé faktory je pak brána pouze jako orientační údaj. Celková chybovost nejvíce závisí především na uspořádání družic, tedy na parametru PDOP. Přijímačem jsou zvoleny čtyři družice, u nichž je rozmístění nejlepší. I proto je na volném prostranství určení polohy mnohem přesnější, než například na místech, kde výhled na oblohu je značně ztížen. Pro výpočet přesného místa je nutno zjistit tři souřadnice společně s rozmístěním družic. To pak způsobuje, že pro každou souřadnici vychází jiná odchylka. Skutečná odchylka měření δ_s se tedy vypočte podle vzorce (1) [28], [25].

$$\delta_s = \delta_z * PDOP = 12,5 * PDOP \quad (1)$$

Kde: δ_s - skutečná odchylka (m)

δ_z - zdánlivá odchylka (m)

PDOP - Position Dilution Of Precision (prostorové rozložení satelitů)

4.3.7 Zvýšení přesnosti GPS

Pro zvýšení přesnosti by se metody daly rozdělit do dvou větších skupin:

- metody zakládající se na zvláštním zpracování měření, například průměrování
- metody, které vyžadují další technické vybavení (diferenční GPS, EGNOS, ...)

4.3.7.1 Průměrování polohy

Pro tuto metodu průměrování polohy se přijímač nechá naprosto v klidu, sám si za pomoci výpočtu, k němuž je použito aritmetického průměru, váženého průměru nebo fuzzy průměrování, určí rozptyl své polohy a podle získaných informací svoji polohu zpřesní. Pro dosažení patřičné přesnosti postačuje použít standardní vzoreček pro aritmetický průměr a tím je pak určena výsledná zeměpisná délka a šířku. V současné době je již funkce průměrování klasickou funkcí většiny GPS přijímačů [25].

4.3.7.2 Diferenční GPS

Systém diferenčního GPS (DGPS) je založen na systému dvou přijímačů. Kdy první je přenosný a je využíván k určení pozice a druhý je takzvaný referenční. Ten má předem známou polohu a díky tomu, že zná i přesnou hodnotu své polohy, je schopen vypočítat odchylku měření. Odchylku je možné pak odesílat přenosným přijímačům. Tyto přenosné přijímače pak podle přijaté informace upravují svoji polohu. DGPS má i několik nevýhod. Například ve složitějším přijímači, který musí umět přijímat signál nejen od družic, ale také od referenčního přijímače. Další nevýhodou je, že se zvyšuje nepřesnost při zvyšující se vzdálenosti od referenčního bodu (desítky kilometrů) [26].

4.3.7.3 EGNOS

European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS) jedná se o systém pro zpřesnění navigace pomocí GPS. Tímto systémem jsou využívány dvě družice, které jsou přesně zakotveny na oběžné dráze ve výšce cca 35 km nad rovníkem. Systém je založen právě na těchto zmíněných družicích a na pozemních stanicích. Ty pak pracují jako referenční stanice, jež určují odchylku své změřené polohy a své skutečné polohy. V konečném výsledku by se chyba při určování přesné polohy, s použitím systému EGNOS, měla dostat v 95 % měření na méně než 1,5 m. Takto vysokou přesnost systému

EGNOS mohou využívat všichni neautorizovaní uživatelé. V současné době jsou na tomto principu používány tři systémy. V Evropě je to zmíněný EGNOS, v severní Americe WAAS (Wide Area Augmentation System) a v Japonsku MSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System) [26], [27].

5. Elektronické navigační systémy

GPS signálu je dnes využíváno zejména pro přesné určování polohy a to v mnoha oblastech, které jsou potřebné při každodenních činnostech. Na navigační GPS přijímače jsou kladeny různé nároky, jednak co se týká jejich konstrukce, funkcí ale také dle jejich vlastností podle předpokládaného využití. Je možno je následně rozdělit do několika oblastí [9], [24]:

- doprava,
- mobilní aplikace,
- mapování,
- geodézie,
- zemědělství,
- turistika,
- celá řada dalších.

5.1 GPS v dopravě

System GPS se stal uživateli nejvíce využíván v oblasti dopravy. Od automobilové dopravy počínaje, přes lodní, železniční, leteckou až po kosmickou [1].

5.1.1 GPS v silniční dopravě

V silniční dopravě je možné systém GPS využívat buď jako aktivní, nebo jako pasivní prvek pro sledování polohy [1].

5.1.1.1 Pasivní prvek

Jedním z nejjednodušších pasivních prvků silniční dopravy je pouhé sledování polohy daného vozidla. Do předem určeného automobilu je nainstalováno zařízení, kterým jsou v pravidelných časových intervalech (1 minuta) shromažďována a ukládána data na

záznamové medium. Údaje o poloze, rychlosti, době stání na určitém místě atd. Zpravidla po jednom pracovním dni jsou uložené informace nahrány do počítače. Snadno jsou zobrazena místa, kde se automobil nacházel s veškerými zastávkami [9].

5.1.1.2 Pasivní prvek s odesíláním dat

Další úroveň sledování vozidel je stejná s předchozím systémem, navíc obohacena o možnost odeslání svých údajů. Tyto informace jsou zasílány do dispečinku, který s nimi dále pracuje. Pro zasílání dat je možno využívat různých rozhraní. Mezi nepoužívanější patří GSM telefony nebo pak družicové datové přenosy. Ty jsou využívány zejména tam, kde je kolísavý příjem signálu GSM [9].

5.1.1.3 Pasivně - aktivní prvek

GPS patří k pasivně – aktivním prvkům s pasivním sledováním polohy společně s aktivním ovlivňováním trasy. Řidičem je vždy před cestou vybrán cíl trasy. Do profilu cesty je možno přidat řadu dalších zájmových bodů a systém následně vygeneruje celkový profil jízdy. Tyto systémy jsou nazývány automatickými lokalizacemi vozidel. Je s nimi možno zobrazit polohu automobilu v reálném čase na mapovém podkladu. Společně s tím vším je možné zapnout povelové informace, které velice usnadňují jízdu. Bohužel značnou nevýhodou bývá neschopnost se pružně přizpůsobit silniční dopravě z hlediska uzavírek, kolon nebo nehod [9].

5.1.1.4 Inteligentní pasivně - aktivní prvek

Nejvýše v silniční autodopravě jsou GPS aplikace, které jsou nazývány jako inteligentní dopravní systémy. Pomocí RDS-TMC (Radio Data System - Traffic Message Channel) jsou prostřednictvím rádia Regina na frekvenci 92,6 FM a Českým rozhlasem Radiožurnál na frekvenci 94,6 FM přijímány dopravní informace. Jedná se o systém automatické lokalizace vozidel jen s tím rozdílem, že je možno díky těmto informacím dynamicky reagovat na jednotlivé překážky nebo omezení na trase, včas zareagovat a upravit tak předem stanovenou trasu [9].

5.1.2 GPS v železniční dopravě

GPS je využívána hojně také i v železniční dopravě. Systémy jsou spíše zaměřovány na průběžné monitorování vlakových souprav, zejména s ohledem na bezpečnost. Přesnost u těchto systémů si spíše určuje dopravce, zda mu postačuje pouhé informování o poloze vlakové soupravy, k tomu postačují levnější zařízení, nebo naopak je požadována přesnost až na jednotky metrů. V lepších systémech je možno určit konkrétní polohu, například po které z kolejí se souprava pohybuje. Stejně jako u automobilové dopravy je možné informace přeposílat na dispečink, kde je nutná archivace dat pro případná pozdější šetření událostí [1], [9].

5.1.3 GPS v lodní dopravě

V lodní dopravě je systém pro určování polohy využíván dlouhodobě a velice intenzivně. Je určen družicovou navigací k zobrazení průběžných aktuálních poloh. Pro velmi frekventovaná místa, jako například Suezský průplav byl vyvinut systém diferenciální GPS (DGPS), kde jsou tak díky němu zpřesněny výsledky GPS signálu. Je ale zapotřebí mít v blízkosti přijímač GPS signálu, o předem známých souřadnicích. Tento přijímač je nazýván referenční stanicí [1], [9].

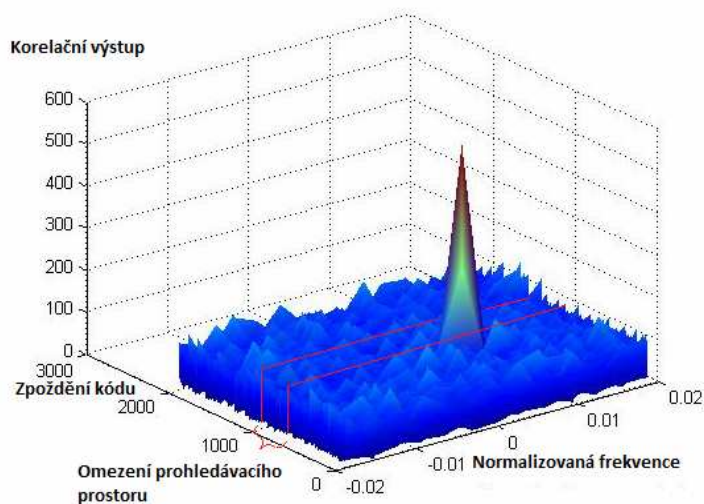
5.1.4 GPS v letecké dopravě

Nároky, které jsou kladeny z pohledu přesnosti v letecké dopravě, patří k těm nejnáročnějším. Musí splňovat velké nároky nejen na způsob ovládání a na přehlednost uspořádání výstupního zobrazování, ale také na mechanickou odolnost. V březnu roku 2011 byla spuštěna nová satelitní navigační služba EGNOS (viz kapitola 6.1.6). Tímto spuštěním se razantně zvýšila přesnost polohy, a to na jeden metr oproti GPS, kde přesnost byla dosahována v řádech metrů. Tato nová služba pilotům značně ulehčuje práci, kdy například při přistávání je pro pilota velmi důležité znát svou přesnou polohu vůči runway, kam přistává. Služba EGNOS má v letecké dopravě spoustu výhod, mezi které patří například snížení počtu zpoždění. Kdy piloti nejsou nijak omezováni špatným počasím nebo zhoršenou viditelností, která často ovlivňuje přelety a vzlety. Letiště pak mohou řadit více letadel v kratší přibližovací době, zkracovat dráhu letů, tím pádem se tak i snižují náklady na provoz [1], [9], [11].

5.2 Mobilní aplikace – systémy mobilních telefonů

Mobilní telefony patří mezi nejpoužívanější mobilní zařízení. Většina z nich má již dnes přístup k internetu nebo obsahují GPS senzor, a tak pomocí nich můžeme buď přijímat, nebo odesílat GPS souřadnice. Bezdrátové internetové připojení nám jen upřesňuje pozici, která je pro GPS systémy tak důležitá. Mezi tři nejrozšířenější základní operační systémy pro mobilní telefony patří: Google Android, iOS a Windows mobile. Celá řada vývojářů pak má své aplikace pro GPS navigace, které je nutné do telefonu doinstalovat (Navigon, Sygic, Waze, Mapy HERE aj.)

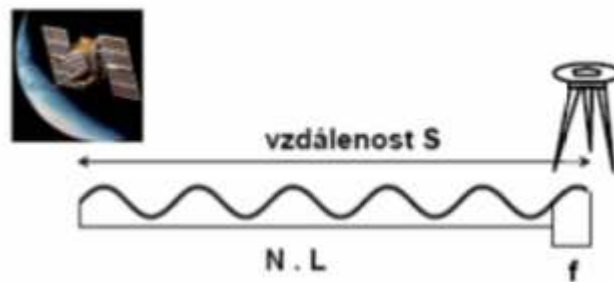
Přesnost těchto aplikací je dána čipem v mobilním telefonu, výhledem v daný okamžik na určitý počet družic a na rychlosti zpracování přijatých dat. V podstatě je možno rozdělit mobilní přijímače na ty, které mají pouze GPS a na ty, které mají Assisted GPS (A-GPS). Ve velkém množství případů telefon nemá dostatečně silný signál, tak aby bylo možné určit jeho přesnou polohu. Jedná se o místa například v garážích, ve vnitřních prostorách nebo mezi budovami. Proto byl vyvinut A-GPS. Tento systém napomáhá v prohledávání frekvenčně/kódového prostoru za pomoci GSM signálu, a to díky BTS stanicím (BTS - Base Transceiver Station) jejichž signál dokáže proniknout i do budov, garáží a podobně. GPS přijímač pro přesnou polohu potřebuje znát jednak místo vysílače, ale také čas vyslání signálu. Pomocí BTS je tohle vše možné i z důvodu toho, že BTS stanice je možné opatřit atomovými hodinami rovněž jako GPS družice. Podle Obr. 10 je vidět znázorněné pásmo, ve kterém se přibližně má daný objekt nacházet, a tím se zrychlí i jeho samotné vyhledávání a přesnost [12], [25].



Obr. 13 – Assisted GPS [14]

5.3 GPS v geodézii a při mapování

Pro oblasti geodézie a mapování se nároky na přesnost značně liší. Pro mapování v měřítku například 1:10 000 a menším bohatě dostačuje přesnost polohy +/- 1 metr. V případě geodézie potažmo zeměměřičství, které je s tím úzce spojeno, jsou nároky na mnohem vyšší úrovni - v řádech centimetrů. Pak už je zapotřebí provedení přesného fázového měření. To je založeno na přenosu nosné vlny, kde je následně určován jejich fázový posun – viz Obr. 14. Pokud jsou touto metodou vyhodnocovány výsledky je ještě nutné navíc zjistit ambiguitu (počáteční neurčitost). Tuto počáteční neurčitost je možné zjistit z celkového počtu celých cyklů nosné vlny. Tímto způsobem je pak možné spočítat přesnou vzdálenost mezi přijímacím zařízením a družicí tzv. vzdálenost fázového měření, která jde vypočítat podle vzorce (2). Pro přesnější určení polohy přijímače je zapotřebí mít samozřejmě data z několika družic.[15], [24].



Obr. 14 - Princip měření z fázových vln [9]

$$S = N * L + f \quad (2)$$

Kde: S – vzdálenost (m)
L- vlnová délka (m)
N – celý (neznámý) počet vln „ambiguita“
f – měřená fáze
N – to se určuje speciálním postupem při zpracování

5.3.1 Geodézie a zeměměřičství

Pro geodézii a zeměměřičství přinesly družicové systémy spoustu novinek, které značně napomáhají při měřeních. Využívání GPS v těchto odvětvích s sebou nese ale také řadu výhod i nevýhod [24].

Výhody

- není vyžadována přímá viditelnost,
- měření je nezávislé na počasí či roční době,
- nepřetržitý provoz,
- větší efektivnost a rychlost měření,
- měření ve třech rozměrech.

Nevýhody

- musí být zajištěna přímá viditelnost na oblohu (překážky nelze tolerovat),
- v podzemí, v budovách, pod hustou vegetací nelze měřit,
- souřadnice je nutno přepočítávat do národních referenčních systémů,
- vysoké vstupní náklady,
- potřeba nových znalostí a zkušeností.

5.3.2 GPS při mapování

Pro tento typ zaměřování polohy je nejčastěji používáno diferenčního kódového měření. Mapování je prováděno za pomoci GPS přijímače a notebooku –viz Obr. 15, kam se vždy načtou souřadnice, které jsou odečteny z dané polohy, kde se právě nacházíme. Ve městech to mohou být souřadnice například kanalizace nebo sloupy veřejného osvětlení. Dále je možné k této sestavě připojit také laserový dálkoměr se sklonoměrem a kompasem (pro měření v nepřístupném terénu nebo pro zaměřování vzdálených špatně dostupných míst). V takovém případě jsou určeny GPS souřadnice s přesnou polohou daného umístění, odtud je dále laserem zaměřen jakýkoliv vzdálený objekt [4], [24].



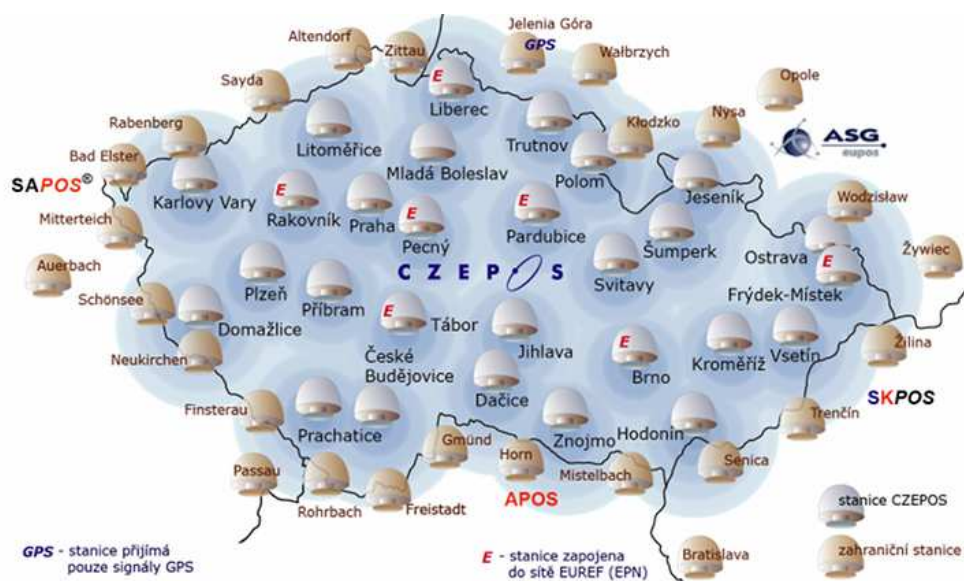
Obr. 15 - GPS přijímač Trimble a notebook pro mapování [10]

5.3.3 CZEPOS - Česká síť permanentních stanic pro určování polohy

Jedná se o síť pevných bodů – viz Obr. 16, které jsou součástí geodetických základů české republiky a jsou financovány a spravovány Zeměpisným úřadem. Tyto pevné GPS referenční stanice jsou dobré pro korekci dat na území ČR. Všechny stanice jsou osazeny stejnými typy přijímačů a antén [9].

5.3.3.1 Využití sítě CZEPOS

- určení pevného či pohybujícího se stanoviště v reálném čase,
- přesná navigace v dopravě,
- lokalizace objektů v terénu, začlenění v geografických informačních systémech (GIS),
- využití ve stavebnictví, hydrologii, geodezii aj.,
- široké uplatnění v zeměměřictví a katastru nemovitostí,
- zaměřování nebo vytyčování vlastnických hranic určování souřadnic geodetických bodů, mapování,
- geodynamika či GPS meteorologie [9].



Obr. 16 - Síť permanentních stanic [16]

5.4 Precizní zemědělství

GPS systém je možno využívat takřka všude, a ani zemědělství není výjimkou. Například firma John Deere se touto problematikou zabývá do detailů. Má spoustu programů a zařízení, se kterými je práce značně ulehčena.

5.4.1 RTK

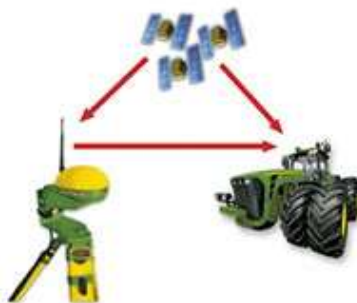
Jedním satelitním systémem může být navigace RTK (Real Time Kinematic), což je technika využívána při pozemkových úpravách a při automatickém navádění v zemědělství. Je založena na příjmu signálů GPS s jednou korekční stanicí. Jsou tak průběžně eliminovány odchylky, které jsou vysílány jedoucímu stroji (traktoru, sklízecí mlátičce atd.). Je tak zvýšena přesnost polohy na centimetry. Součástí standardní výbavy základní stanice je trojnožka, která může být nahrazena univerzálními úchyty, pomocí nichž lze základní stanici umístit na sloupek plotu, na budovu, stožár nebo jinou pevně zakotvenou konstrukci. Při umísťování základní stanice je třeba brát ohled na výšku upevnění. S rostoucí výškou je zvýšena pravděpodobnost dosahu signálu. Dosah signálu RTK (tj. vzdálenost mezi základní stanicí a strojem) činí přibližně 8 až 12 kilometrů, v závislosti na umístění stanice a rázu krajiny [7].

5.4.1.1 Funkce a přednosti

- přizpůsobena pro větší přesnost,
- rychlý příjem signálu,
- dokonalá opakovatelnost [7].

5.4.1.2 Jak systém RTK pracuje

Systém RTK je tvořen lokální základní stanicí blízko pozemku nebo farmy, kterou jsou vysílány korekce k přijímači StarFire 3000, jímž je stroj, využívající RTK, vybaven. Základní stanicí je sledováno rozmístění družic se signálem GPS a průběžně je tak přepočítávána daná poloha. Protože se základní stanice nepohybuje, mohou být odchylky odpočítány v reálném čase. Následně jsou zaslány přímo ke stroji, prostřednictvím radiového spojení systému RTK. Na stroji jsou přijímačem tyto informace využívány k výpočtu velmi přesné a správné polohy. Systémem RTK je optimalizována výkonnost navigace, a tím zvýšena návratnost investic. Na Obr. 17 je pak znázorněno jednoduché schéma tohoto systému. [7].

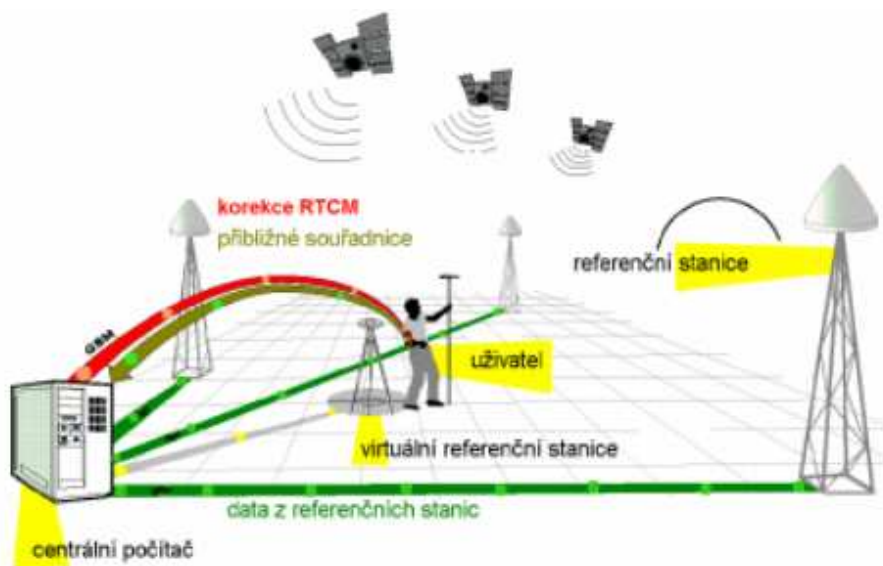


Obr. 17 – StarFire RTK [7]

5.4.2 Virtuální referenční stanice

Další možností, jak využít metodu RTK, je takzvaná virtuální referenční stanice (VRS). V tomto případě odpadá jakákoli nutnost výstavby referenční stanice. Systém uživateli definuje tzv. virtuální referenční stanici, kterou je nutno umístit v dostatečné vzdálenosti od pohyblivé stanice, a to z důvodu inicializace a pro přenos dat. Data jsou získávány z referenčních stanic systému VRS za pomoci síťového řešení. Výsledný

výpočet je prováděn z více referenčních stanic, a tak se data i ověřují. V reálu je referenčních stanic v systému VRS o dost méně, než kolik by bylo zapotřebí na stejném území při použití metody RTK. Pro názornost Obr. 18, kde při metodě RTK by stanice musely být ve vzdálenosti 20 km, kdežto u systému VRS bude dostačovat vzdálenost stanic od sebe kolem 50 km [17].



Obr. 18 – Virtuální referenční stanice [17]

5.4.3 Využití technologie GPS v zemědělství

GPS v zemědělství je možno rozdělit do třech kategorií.

5.4.3.1 Navigace s manuálním řízením

Navigace s manuálním řízením je řízena obsluhou stroje podle LED diod, případně podle displeje. Tato technologie se i v České republice stala každodenní a běžnou součástí pracovní činnosti nejednoho traktoristy. Navigace má zpravidla grafický displej (dnes již obvykle barevný) a světelnou lištu z LED diod – viz Obr. 19. Na displeji je znázorněna ideální trasa, po které by se měl na pozemku traktorista pohybovat. Na liště s LED diodami je zobrazena aktuální odchylka od ideální trasy. Využitím systému jsou odstraněny překryvy a je zajištěna rovnoměrnost setí, postřikování i přípravy půdy. Systémy bývají většinou přenosné z traktoru na traktor. Každý stroj by měl mít pouze vlastní anténní kabel [6].



Obr. 19 – Navigace s manuálním řízením [6]

5.4.3.2 Navigace s asistovaným řízením

U tohoto typu navigace je stroj pouze na souvratí otáčen obsluhou, případně navigací s autopilotem. Provoz stroje po poli je pak řízen elektronikou napojenou na hydraulický systém řízení daného stroje – viz Obr. 20 [6].



Obr. 20 – Navigace s asistovaným řízením [6]

Při výběru u těchto navigačních systémů jsou dvě možnosti. Buď pevné zástavby autopilota využívající hydraulické řízení stroje a nebo přídavného motorku, který k řízení využívá volant. V tomto případě je na sloupek řízení umístěn servomotor, kterým dle pokynů GPS navigace je otáčen volant a je tak udržen přesný směr pohybu na ideální trase. Výhodou takového řešení je možnost přenosu zařízení do různých strojů [6].

5.4.3.3 Technologie využívající GPS

Technologie využívající GPS, mohou být samočinná zařízení, využívající data z GPS – viz Obr. 21. Například systémy pro postřikovače, které jsou schopny pomocí vypínání jednotlivých sekcí ramen postřikovače zajistit rovnoměrně pokrytou plochu bez překryvů a nedotahů. Vypínáním ramen lze ušetřit až 10 % chemických prostředků [6].



Obr. 21 – Navigace s technologií využívající GPS [6]

6. Porovnání a zhodnocení současných technologií

Ve většině případech v technických popisech GPS zařízení bývá nejčastěji uvedeno, že tento konkrétní GPS přijímač je extrémně citlivý k navigování v zastavěných oblastech. Dohledat jakékoliv informace je bohužel obtížné a žádný z předních výrobců by nechtěl, aby tyto interní informace unikly ke konkurenčním firmám. Na základě těchto faktů bylo cílem měření poukázat na několika příkladech přednosti nebo nedostatky vybraných GPS zařízení. Především pak, jak rychle a přesně jsou schopny určit a nalézt svou polohu.

V diplomové práci byly porovnány programy mobilních telefonů, určené k navigování, společně s GPS navigacemi. Měření bylo provedeno ve dvou dnech 1. března 2015 ve 13:45 hodin a dne 3. března 2015 ve 13:46 hodin.

6.1 Technické charakteristiky GPS

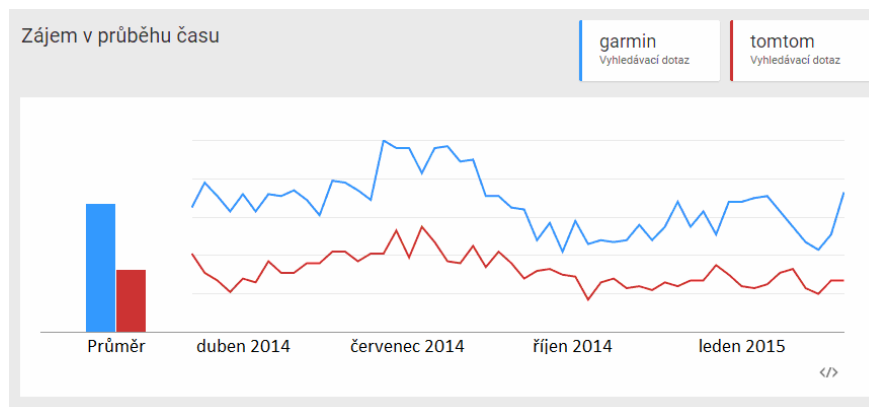
Na GPS zařízení jsou kladeny v dnešní době velké nároky, a proto je výrobcí přidáváno spoustu dalších funkcí a předností. Ať už se jedná o specifický design, váhu, odolnost, výdrž baterie, přídatnou svítilnu, rozlišení a typ displeje atd. Nejdůležitější vlastností každého GPS zařízení je jeho přesnost a citlivost. V poslední době se v GPS navigacích objevovaly nejčastěji chipsety SIRFstar III. V níže uvedené Tab. 4 je shrnuto pár nepoužívanějších chipsetů. Jsou seřazeny od nejméně citlivého až po nejcitlivějšího [34].

Tab. 4 - Chipsety v GPS [34]

Chipset	Provozní citlivost (Tracking sensitivity)*			Přijímače GPS ve verzi Bluetooth	
	Poměrová logaritmická***	Absolutní**	Poměrová - násobek citlivosti SiRFstar IIe	Typ přijímače. V závorce některé další (zpravidla jen obchodní) značky této výrobku.	Akumulátor - mAh při 3,7V
	dBm	mW	kolikrát citlivější		
SiRFstar III	-159	1,2589E-16	50,12	GlobalSat BT-338 (= NavILock BT-338)	1700 mAh výměnný Li-Ion
SiRFstar III	-159	1,2589E-16	50,12	Semsons iTrek M3	1650 mAh nevýmenný Li-Ion
SiRFstar III	-159	1,2589E-16	50,12	Haicom BT-405 III	1600 mAh výměnný Li-Ion
SiRFstar III	-159	1,2589E-16	50,12	Fortuna SlimGPS	1200 mAh výměnný Li-Ion
SiRFstar III	-159	1,2589E-16	50,12	SysOnChip Smart Blue mini	1100 mAh výměnný Li-Ion
SiRFstar III	-159	1,2589E-16	50,12	Holux GPSlim 236	850 mAh výměnný Li-Ion
SiRFstar III	-159	1,2589E-16	50,12	Royaltek BT GPS x-mini (RBT-2001)	680 mAh výměnný Li-Ion
SiRFstar III	-159	1,2589E-16	50,12	Leadtek GPS 9553	300 mAh výměnný Li-Pol
SiRFXTrac	-158	1,5849E-16	39,81	Fortuna Clip-On v XT módu, Rikaline 6031-X7,... Po uvedení	
uBlox TIM-LH SuperSense GPS Tracking Sensitivity	-158	1,5849E-16	39,81	Novinka	
Maxim MAX2741	-155	3,1623E-16	19,95		
Sony CXD2951GA-2	-152	6,3096E-16	10,00	Deluo Bluetooth GPS Lite	
u-Nav uN8031B/2100	-150	1,0000E-15	6,31	Emtac BT III	
Analog ADSST- NAV2400	-148	1,5849E-15	3,98		
Nemerix NJ- 1030 v2	-147	1,9953E-15	3,16	Hostmet HT-3008BG (=Semsons i.Trek M1, Adapt, EverMore BT- R700)	
Xemics SlimGPS™ RGPSM202	-143	5,0119E-15	1,26		
SiRFstarIIe/LP	-142	6,3096E-15	1,00	Deluo Bluetooth GPS PRO, GlobalSat BT-308	
Furuno GH-80	-141	7,9433E-15	0,79		
Sanav	-138	1,5849E-14	0,40	SaNav BT-48	
Garmin	-135	3,1623E-14	0,20	Garmin GPS10	
EverMore BP1202	-135	3,1623E-14	0,20		

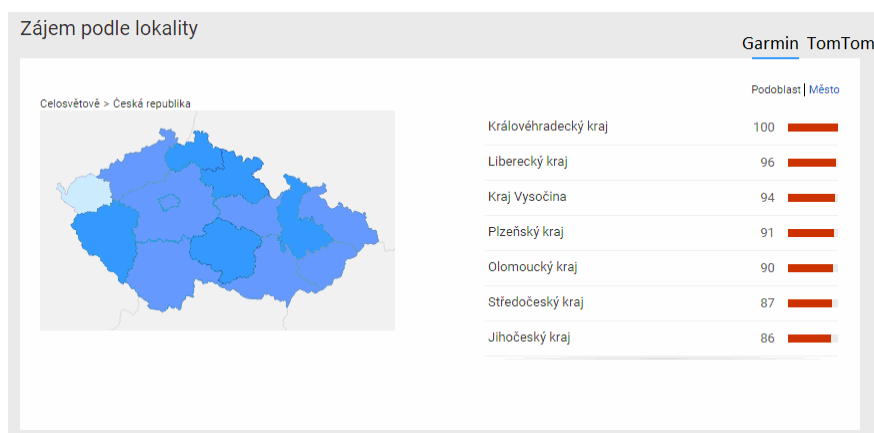
6.2 Výběr z výrobců navigací

Ze statistik nejčastěji vyhledávaných výrazů na stránce www.google.com, v oblasti GPS navigací, byla pro porovnání vybrána zařízení od společnosti Garmin a TomTom. V následujícím Obr. 22 jsou zobrazeni jednotliví výrobci z hlediska času a počtu vyhledávání přes tento celosvětový vyhledávací portál.

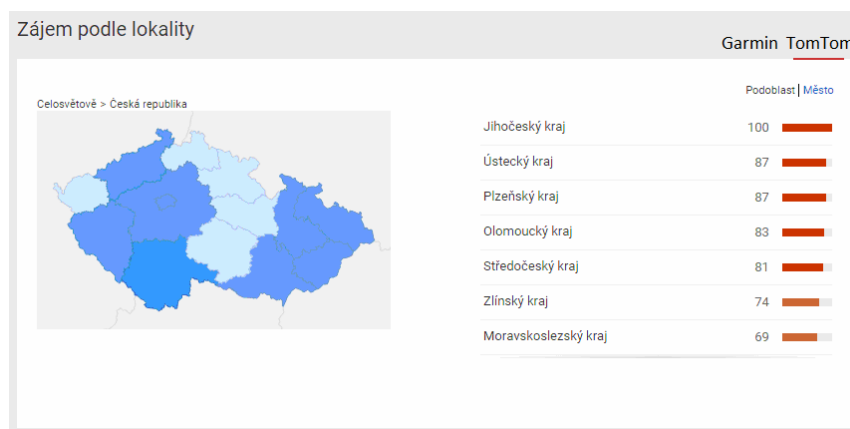


Obr. 22 – Statistické výsledky vyhledávání pro zařízení značky Garmin a TomTom [38]

Dále v obrázcích jsou znázorněny jednotlivé kraje na území České republiky, a to na Obr. 23 pro Garmin a na Obr. 24 pro TomTom.



Obr. 23 – Statistické výsledky vyhledávání v ČR pro zařízení značky Garmin [38]



Obr. 24 – Statistické výsledky vyhledávání v ČR pro zařízení značky TomTom [38]

6.3 Vybrané GPS navigace

Jednotlivé vybrané navigace byly porovnávány i ve velkém testu navigací – viz Tab. 5, kde byly hodnoceny nejprve jejich parametry a pak i funkce. Dále byly rozděleny do kategorií, kde ke každé jejich vlastnosti byla přiřazena váha. Výsledkem následně bylo procentuální vyhodnocení. V druhé části měření se navigační přístroje porovnávaly z hlediska vlastností při jízdě automobilem. Porovnávány byly rozdíly mezi stanoveným referenčním navigačním postupem a realitou v přístroji. Výsledkem bylo opět procentuální vyhodnocení. Po sloučení obou srovnání bylo určeno celkové hodnocení navigačních přístrojů [29].

Tab. 5 - Srovnávací test GPS [29]

Výrobce a model	Cena s DPH	Celkové hodnocení	Hodnocení vlastností	Hodnocení jízdy
TomTom Go 930 Traffic	10 390 Kč	82%	80%	85%
TomTom Go 630 Traffic	7 735 Kč	81%	78%	86%
TomTom Go 730 Traffic	8 690 Kč	80%	79%	82%
Garmin Nüvi 765T Lifetime	9 000 Kč	80%	80%	80%
Garmin Nüvi 760	7 800 Kč	79%	78%	81%
Navon N650 Pro (iGo 8)	5 800 Kč	79%	73%	88%
TomTom XL IQ Routes Europe Traffic	6 590 Kč	78%	75%	83%
TomTom One IQ Routes Europe Traffic	5 590 Kč	78%	73%	86%
Garmin Nüvi 550	8 499 Kč	75%	72%	80%
Garmin Nüvi 255W Lifetime	5 200 Kč	74%	70%	81%
Navigon 7210	6 380 Kč	74%	69%	82%
Mio Moov 580	7 500 Kč	74%	68%	83%
Navigon 2210	4 290 Kč	73%	66%	84%
Navigon 2150 max	5 545 Kč	73%	66%	83%
Actis 7 Europe	9 999 Kč	73%	70%	77%
Garmin Nüvi 205	3 700 Kč	73%	65%	83%
Navon N470 (iGo Amigo)	4 599 Kč	72%	63%	85%
Dynavix Atto	4 499 Kč	71%	65%	81%
Navigon 1210	3 455 Kč	71%	63%	82%
GoClever Navigator 3535	3 400 Kč	70%	61%	84%
Actis 3 Europe	5 399 Kč	70%	66%	76%
GoClever Navigator 5010FMBT	7 500 Kč	70%	62%	82%
Mio Moov 200 CEE	4 940 Kč	69%	60%	83%

Pro měření v diplomové práci byla vybrána průměrná navigační zařízení, která byla podle výsledků na srovnatelné úrovni, ale lišící se výrobcem a cenou [29].

6.3.1 TomTom XL IQ Routes Europe Traffic

Parametry:

- Displej: 4,3 palcový barevný TFT LCD
- Formát zobrazení: 16:9, širokoúhlý, 480 x 272 pixelů, 64 000 barev
- Rozměry: 118 x 83 x 25 mm
- Váha: 186 g
- Vysoce citlivý GPS chipset
- Předinstalované mapy ve vnitřní paměti
- Kompatibilita: mini - USB, Windows and Mac OS X 10,3 a vyšší
- Baterie: Lithium-Ion (více než 3 hodiny provozu)
- Hlasitost podle rychlosti jízdy vozidla
- Vylepšený TomTom systém reproduktorů
- Automatický denní/noční režim
- Ochrana heslem



Obr. 25 - TomTom XL IQ Routes [39]

6.3.2 Garmin Nüvi 205

Parametry:

- Displej: TFT displej s úhlopříčkou 4,3 palce
- Formát zobrazení: 16:9, širokoúhlý, 480 x 272 pixelů

- Rozměry: 122 x 75 x 16 mm
- Hmotnost: 161.6 g
- Baterie: Lithium-Ion akumulátor s přímým dobíjením (výdrž až 4 hodiny)
- Asistent jízdních pruhů: ano
- Zobrazení rychlostních limitů: ano
- Kompatibilita: mini – USB, Windows 7 a vyšší
- Bluetooth: Ne
- Hlasový výstup: podpora české hlasové navigace



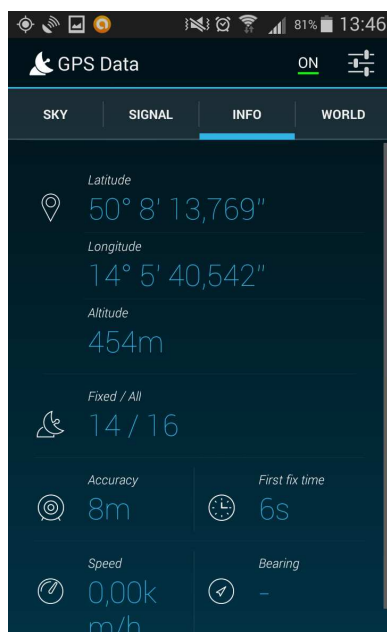
Obr. 26 – Garmin Nüvi 205 [40]

6.4 Srovnání GPS navigací s chytrými telefony

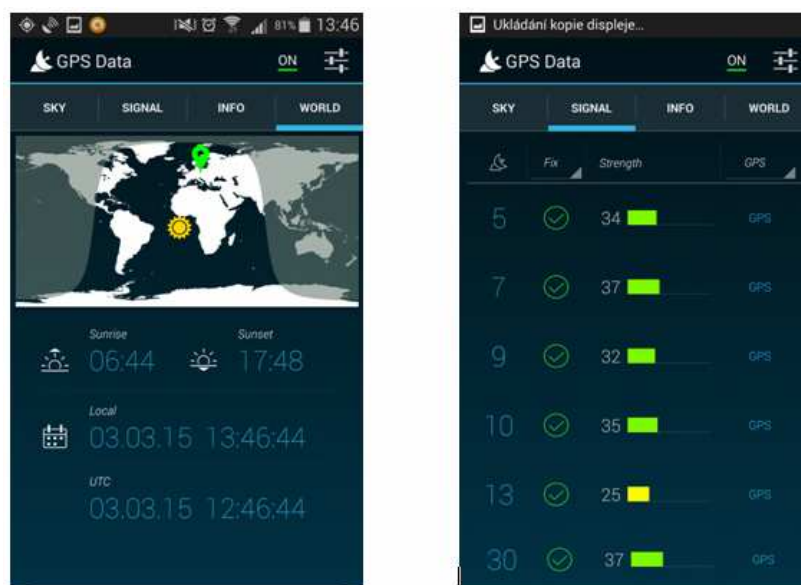
Měření bylo provedeno trojím způsobem, dne 3. března 2015 ve 13:46 hodin. Výchozí pozice měření byla na parkovišti v Kladně před zimním stadionem a cílová pozice na adrese Sochorova 2587, taktéž v Kladně.

6.4.1 Zaměření GPS souřadnic a ostatních parametrů

Přes mobilní aplikaci s názvem „GPS data“, která byla nainstalována v mobilním telefonu Samsung Galaxy Note 2, byly zaznamenány následující informace – viz Obr. 27: Latitude (zeměpisná šířka), Longitude (zeměpisná délka), Altitude (nadmořská výška), Accuracy (přesnost), Speed (rychlost), Local (datum a čas).

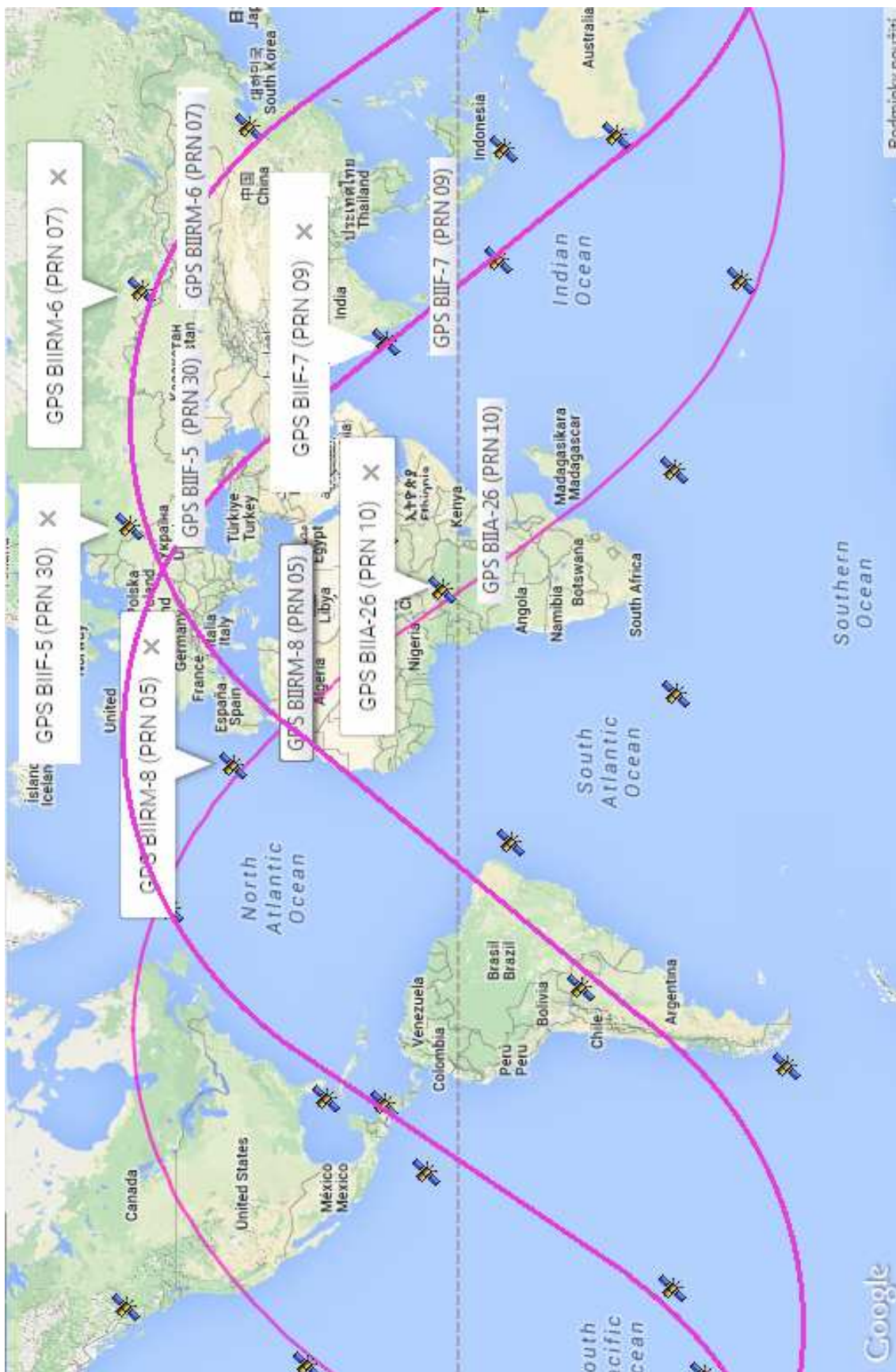


Obr. 27 - Screen s parametry z aplikace „GPS data“



Obr. 28 - Screen s parametry a silou signálu z aplikace „GPS data“

Dále přes tuto aplikaci bylo možné vyhledat GPS satelity, které byly v daný čas a v dané lokalitě viditelné, podle kterých byla určována poloha a přesnost při měření navigací – viz Obr. 28. Přes webovou stránku NASA [21] bylo možné dané satelity i dohledat. Následně bylo možné zobrazit i jejich přibližnou polohu společně s jejich budoucí trajektorií – viz Obr. 29.



Obr. 29 - Zobrazení přibližného místa GPS satelitů a jejich trajektorií v čase měření [21]

6.4.2 Porovnání GPS Garmin se Samsung Galaxy Note 3 Neo

První měření vyhodnocovalo výsledky z předem určené trasy, ve srovnání mobilního telefonu Samsung Galaxy Note 3 Neo a vybrané GPS navigace od společnosti Garmin. V mobilním telefonu byl nahrán navigační program Navigon, který je pod záštitou společnosti Garmin. Dále na mobilním telefonu byl vypnut signál GSM, tedy měření probíhalo v offline režimu. Tím pádem nebyl mobilní telefon nikterak zvýhodněn, oproti GPS navigaci.

Vizualizace obou mapových podkladů byla na shodné úrovni. Hlasové pokyny byly včasnější na mobilním telefonu o cca 1 – 2 sekundy, oproti standardní GPS. Ač u obou přístrojů bylo možné nastavit přesnou adresu (včetně čísla popisného), tak GPS navigace Garmin byla odchylena od cíle o cca 80 metrů. Navíc cíl byl směřován na opačnou stranu ulice, než se ve skutečnosti nacházel. Oproti tomu na mobilním telefonu se systémem Navigon, byla přesně určena cílová pozice – viz Obr. 30. V tomto terénu a v těchto podmínkách by pro měření GPS navigace nebyla optimální volbou.



Obr. 30 – Porovnání cílové oblasti Garmin

6.4.3 Porovnání GPS TomTom se Samsung Galaxy Note 2

Druhé měření probíhalo taktéž v offline režimu, na stejné trase jako předchozí měření. Na rozdíl od prvního měření zde byla porovnávána GPS navigace od společnosti TomTom s mobilním telefonem Samsung Galaxy Note 2, ve kterém byl nahrán navigační program TomTom Eastern Europe.

Zobrazení mapových podkladů bylo na obou zařízeních totožné. Rychlost hlasových příkazů byla v prvních stovkách metrů shodná, při příjezdu do zastavěné části (kde se nacházela cílová oblast), se přesnost a rychlost časových povelů lišila o 1 – 2 sekundy, řádově 25 – 50 metrů. Mobilní telefon reagoval rychleji a lépe. Značnou nevýhodou u společnosti TomTom, pro určování polohy, byla nemožnost nastavení čísla popisného. Bylo možné nastavit pouze názvy ulic, nebo pozici zpřesnit pomocnými body (křižovatka, příjezd do ulice, výjezd z ulice, kdekoliv v ulici aj.). Naopak mezi výhodou GPS navigace TomTom by bylo dobré zahrnout možnost dokoupení prémiové služby, v podobě upozorňování na radary na trase, kterou měřená navigace byla vybavena a jako jediná nás tak upozornila na blížící se radar v křižovatce. V cílové oblasti se jak GPS navigace, tak mobilní telefon chovaly identicky – viz Obr. 31. Při odbočení do cílové ulice, bylo hlasovým záznamem upozorněno na možnost odbočení vlevo, což nebylo zcela přesné. Jelikož v křižovatce byly dvě ulice, do kterých šlo odbočit doleva. Pokud by nebyla mapa současně sledována s hlasovými pokyny, mohlo by tak dojít k záměně ulic, odbočit nesprávně a prodloužit celkovou trasu.



Obr. 31 - Porovnání cílové oblasti TomTom

6.4.4 Porovnání GPS navigací TomTom a Garmin

Třetí měření bylo provedeno rovněž na stejné trase, jako předchozí dvě. V měření byly použity pouze již zmíněné GPS navigace TomTom a Garmin – viz Obr. 32. V tomto měření byly potvrzeny výsledky, kterých bylo docíleno v předchozích měřeních. Obě navigace navigovaly obdobně až do cílové ulice. Navigací Garmin byl opět označen cíl trasy na opačné straně ulice, než ve skutečnosti byl a navíc s odchylkou 80 metrů. Navigací TomTom byl znovu nastaven pomocný bod „kdekoliv v ulici“ a hlasovými pokyny byl určen cíl cesty na začátku cílové ulice, vpravo. Pro dohledání přesné pozice domu by bylo nutno použít vizuální dohledání z automobilu.



Obr. 32 – Startovní pozice obou GPS navigací

6.5 Srovnání GPS navigací v chytrých telefonech

V této moderní době, kdy téměř každý vlastní chytrý mobilní telefon, by bylo dobré poukázat i na jeho jednu z vedlejších funkcí, a to na GPS, která dokáže značně ulehčit hledání, navigování a práci v terénu. Pro měření byla vybrána 3 zařízení. Pro navigování přes operační systém iOS (společnost Apple) byl vybrán mobilní telefon iPhone 4G, pro další operační systém Andorid (společnost Google) byl vybrán mobilní telefon Samsung Galaxy Note 3 Neo. K navigování přes aplikaci Mapy HERE, které byly v základu nahrávány do zařízení značky Nokia (společnost Microsoft) byl použit mobilní telefon Samsung Galaxy Note 2. Mapy HERE byly zpřístupněny i zařízením s operačním systémem Android, a tak bylo možné tento navigační program simulovat i na zařízení s tímto operačním systémem (Samsung Galaxy Note 2). Všechny tři použité mobilní telefony jsou zobrazeny na Obr. 33.

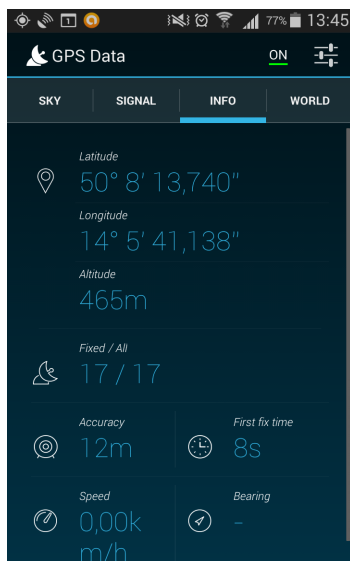


Obr. 33 – Porovnávané mobilní telefony [35], [36], [37]

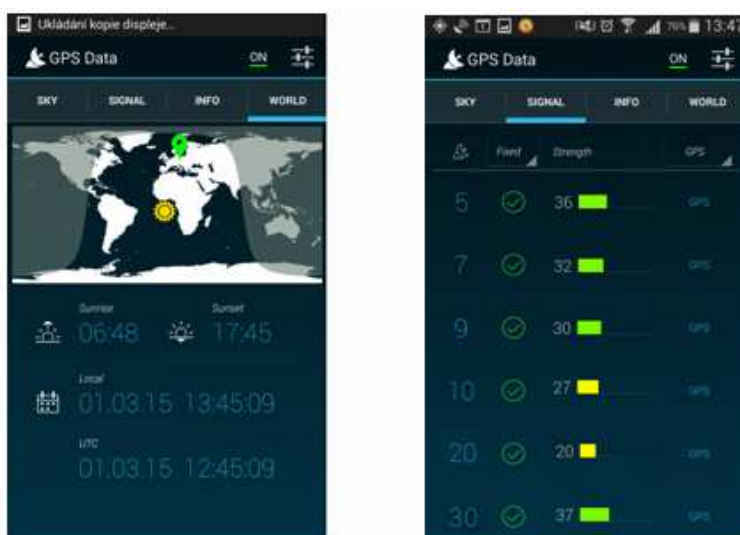
6.5.1 Zaměření GPS souřadnic a ostatních parametrů

Porovnání bylo provedeno třemi způsoby, dne 1. března 2015 ve 13:45 hodin. Výchozí pozice měření byla na parkovišti v Kladně, před zimním stadionem a cílové pozice byly dvě. První se nacházela na adrese Sochorova 2587 v Kladně a druhá pozice byla záměrně vybrána mimo město, a to v ulici Žižkova v obci Buštěhrad.

Přes mobilní aplikaci s názvem „GPS data“, která byla nainstalována v mobilním telefonu Samsung Galaxy Note 2, byly zaznamenány následující informace viz Obr. 34: Latitude (zeměpisná šířka), Longitude (zeměpisná délka), Altitude (nadmořská výška), Accuracy (přesnost), Speed (rychlost), Local (datum a čas).

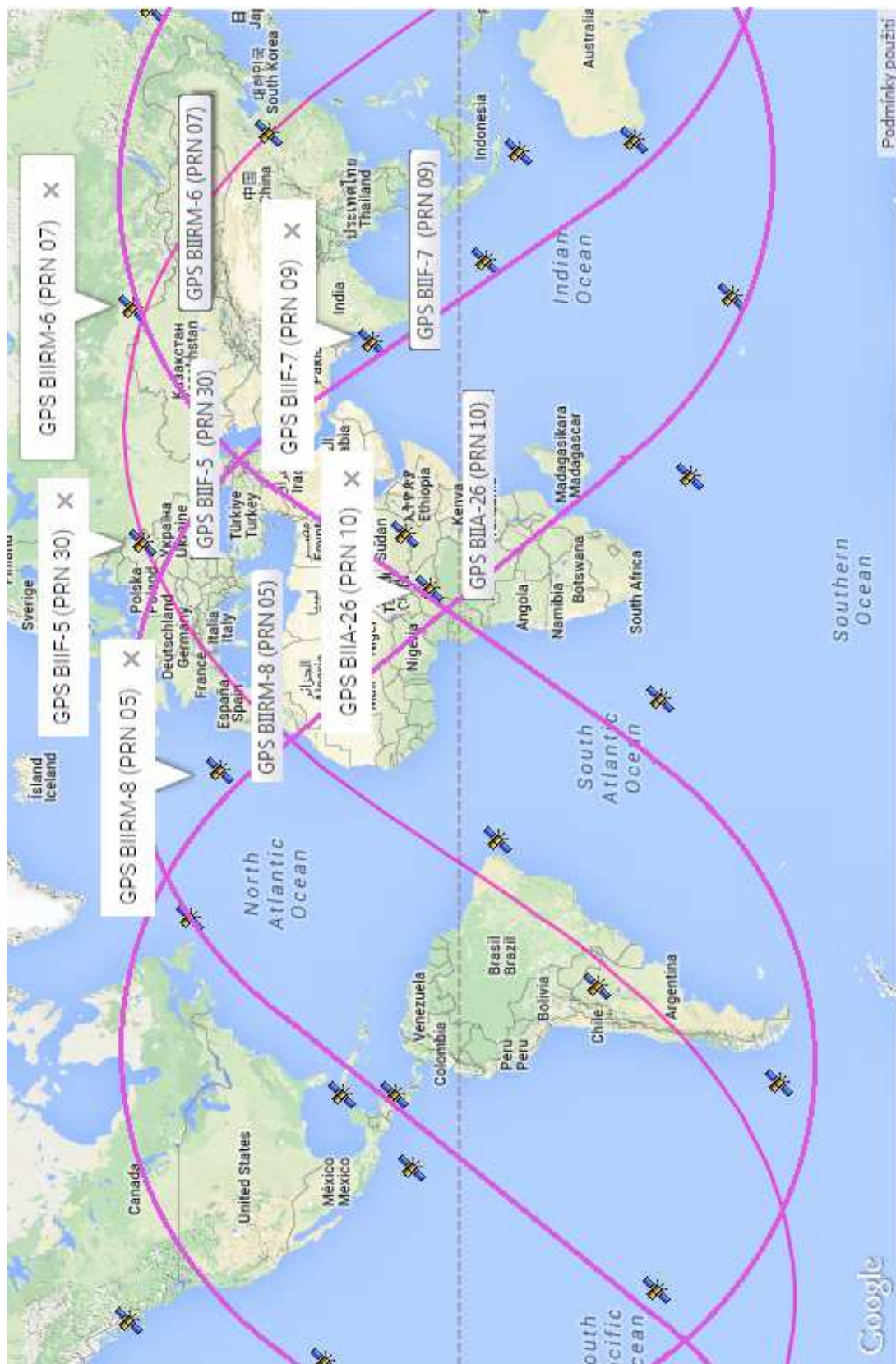


Obr. 34 – Screen s parametry z aplikace „GPS data“



Obr. 35 - Screen s parametry a silou signálu z aplikace „GPS data“

Dále přes tuto aplikaci bylo možné vyhledat GPS satelity, které byly v daný čas a v dané lokalitě viditelné, podle kterých byla určována poloha a přesnost při měření navigací - viz Obr. 35. Přes webovou stránku NASA [21] bylo možné dané satelity i dohledat. Následně bylo možné zobrazit i jejich přibližnou polohu i s jejich budoucí trajektorií – viz Obr. 36.



Obr. 36 – Zobrazení přibližného místa GPS satelitů a jejich trajektorií v čase měření [21]

6.5.2 Jednotlivá měření

Na začátku porovnávání byla předem učena trasa a to z parkoviště před Kladenským zimním stadionem do ulice Sochorova 2587, která se nacházela 1,2 km od startu trasy. Tato ulice byla vybrána záměrně. Cílová adresa se totiž nacházela v zastavěné části města, v lokalitě, ve kterých se nachází i dost jednosměrných ulic. Trasa byla měřena dvakrát. Jednou byla nastavena u všech tří zařízení optimální trasa a podruhé byla trasa nastavena také jako optimální, nicméně hned při výjezdu z počátečního místa bylo odbočeno opačným směrem z důvodu porovnání rychlosti přepočtu trasy. Na Obr. 37 je možné porovnat počáteční pozici na všech mobilních telefonech.



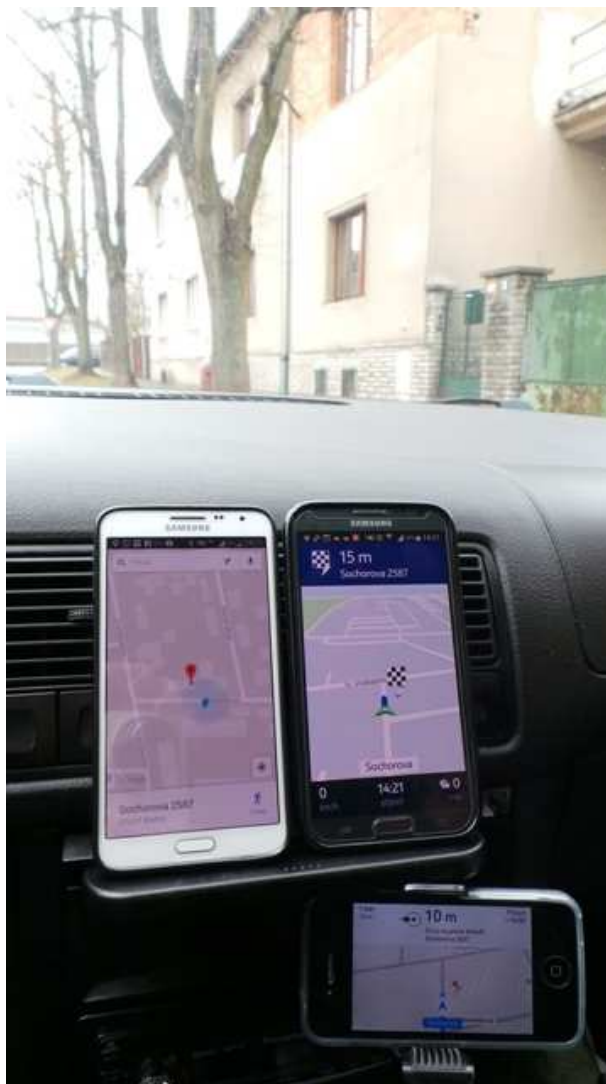
Obr. 37 - Počáteční pozice v mobilních telefonech

6.5.2.1 První trasa – optimální trasa

Na začátku měření, při přiblížení k první křižovatce, byl viděn značný rozdíl mezi vizualizacemi jednotlivých mapových podkladů. Mapy v porovnání s realitou měl nejlepší iPhone, o něco horší se jevíly mapy od společnosti Google a naprosto neslučitelné s realitou byly Mapy HERE od společnosti Microsoft. Co se týče jednotlivých pokynů před křižovatkami nebo v místě odbočení, pak iPhone a Google hlásily vše v dobrém časovém předstihu vesměs ve stejnou dobu. Mapy HERE zaostávaly v průměru o 2 sekundy, což vzhledem k rychlosti 40-50 km/h byl docela výrazný rozdíl. I přes zastavěnou část a jednosměrné ulice všechny navigace navedly automobil k cíli správně. Označení cíle cesty (Sochorova 2587), při neznalosti okolí, bylo nejlépe popisováno a znázorňováno mobilním telefonem iPhone, který udával jak hlasem, tak grafikou stranu, na které se daný cílový objekt nacházel. Google rovněž udával stranu, kde se cíl cesty nacházel, nicméně vše bylo hlášeno už když automobil vjížděl do ulice a cílový objekt se nacházel až na jejím konci, pak bylo zapotřebí trochu spolupracovat i s mapou jako takovou. Mapy HERE jen při projíždění kolem cílové budovy ohlásily „Jste v cíli“ a na mapě označily místo cílovou vlaječkou – viz Obr. 38.

6.5.2.2 První trasa - přepočítání trasy

V druhé části měření bylo ze startovního místa schválně odbočeno na druhou stranu, než nám všechny mobilní telefony hlásily. Důvodem bylo porovnání v přepočtu a v rychlosti ve vygenerování nové trasy k cíli. Jako první na to zareagoval mobilní telefon s operačním systémem společnosti Google, hned po něm měl stejnou trasu vygenerován i iPhone. Mapy HERE měly odezvu asi 5 sekund. V trase byl zahrnut i kruhový objezd, který všechny tři navigace zvládly bez problému a v čas upozorňovaly, že je potřeba vyjet na třetím výjezdu. Pak už byly výsledky shodné jako při projíždění trasy v prvním měření.



Obr. 38 – Cílová adresa v mobilních telefonech

6.5.2.3 Druhá trasa

Toto měření mělo stejný počáteční bod jako první měření. Změněna byla cílová oblast (ulice Žižkova, Buštěhrad) z důvodu porovnání daných navigací i mimo město. Všechny navigace hlásily stejnou vzdálenost, ale s rozdílným časem. Mapy HERE hlásily čas 12 minut. Google a iPhone jsou schopny pracovat se sběrem dat od ostatních řidičů a tudíž přidávaly do výpočtu času dojezdu i hustotu dopravy mezi bodem A a bodem B. Proto měly vygenerovaný čas o 1 minutu větší. Navigace ve městě probíhala stále stejným způsobem, značný rozdíl se pak ukázal při vyjetí z města, kde automobil mohl jet více než 50 km/h. Odchyly od odboček, které se na displeji zobrazovaly, se s přibývajícím rychlostí dost odlišovaly, a to dokonce i v řádech 100 m. Při rychlosti 90 km/h bylo na odbočku,

kteřá se blížila, nejprve upozorněno telefonem značky iPhone. Mapy HERE zareagovaly hned v zápětí, kdežto mobilní telefon s operačním systémem od společnosti Google měl velmi značné zpoždění. V dosti nepřehledné křižovatce byla, ač nečekaně, nejlépe připravena mapová vizualizace v zařízení, ve kterém byly spuštěny Mapy HERE. Ty těsně před odbočením ještě řidiče upozornily na odbočení. iPhone ani Google nikoli a už jen graficky znázorňovaly cestu, což v komplikované křižovatce značně stěžovalo její projetí. Do cílové ulice byl automobil naveden všemi třemi zařízeními spolehlivě a přesně.

6.6 Porovnání mobilních telefonů a GPS navigací z hlediska uživatele

Jednou z hlavních periferií jakéhokoliv elektrického zařízení se stal dotykový displej, přes který je možno daný obsah jen pozorovat nebo například i celé zařízení ovládat.

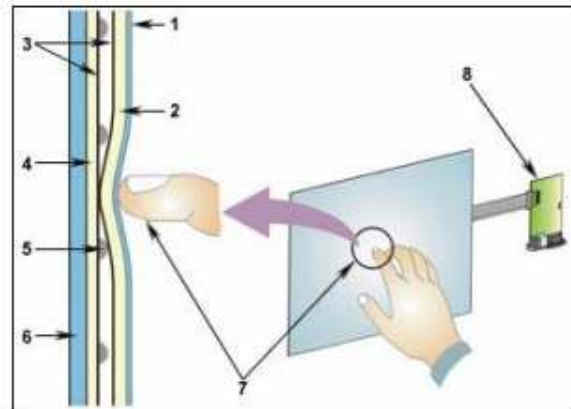
6.6.1 Druhy dotykových displejů

Dotykové obrazovky jsou děleny na několik druhů. Nejčastěji jsou v mobilních telefonech a GPS navigacích použity dotykové displeje rezistivní a kapacitní. Vše je odvíjeno od ceny, která hraje značnou roli v hardwarovém vybavení. Navigace v průměru okolo 5000 korun jsou většinou prodávány s odporovým displejem, který z hlediska ovládání není úplně vhodné řešení, zvláště pak při používání GPS v automobilech při řízení. Dražší navigace jsou vybaveny kapacitními displeji, s lepším rozlišením a větší úhlopříčkou [18].

6.6.1.1 Rezistivní (odporový) displej

Tento typ dotykové obrazovky je složen ze dvou tenkých elektricky vodivých vrstev oddělených mezerou. Funkčnost displeje spočívala ve stlačení horní vrstvy, která se díky tlaku spojila s druhou vrstvou. Spojení se poté chovalo jako napěťový dělič. Došlo ke změně proudu a tím byl objekt nebo dotek registrovaný jako událost, která byla poslána do řadiče ke zpracování. Podrobné schéma je zobrazené na Obr. 39 [18].

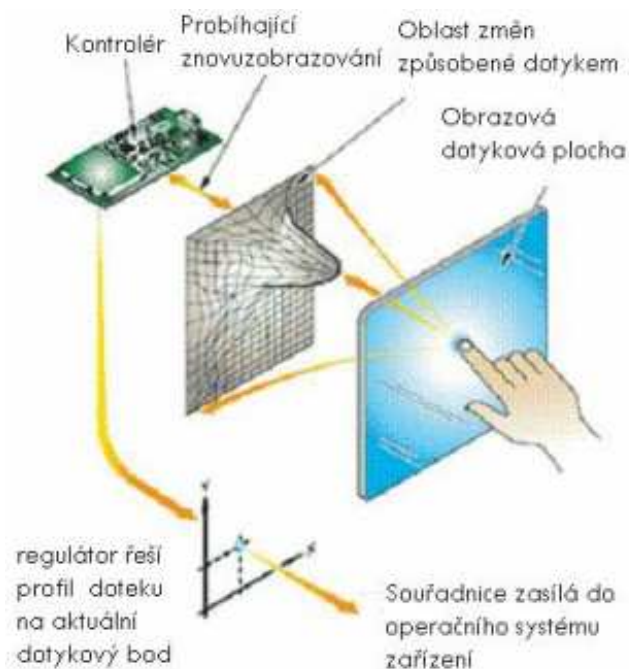
1. polyesterový film
2. rezistivní vrstva
3. vodivé vrstvy
4. rezistivní vrstva
5. izolační podpěry
6. skleněná vrstva
7. dotykem se spojí obě vodivé vrstvy
8. vyhodnocovací jednotka



Obr. 39 – Schéma rezistivního (odporového) displeje [18]

6.6.1.2 Kapacitní displej

Jednalo se o nejpoužívanější technologii, která využívala homogenní napěťové pole a pomocí elektrod se tak určila pozice doteku. Poté se pomocí kontroléru dle průtoku proudu určila naprosto přesná poloha stlačení obrazovky. Schéma kapacitního displeje je zobrazené na Obr. 40 [18].



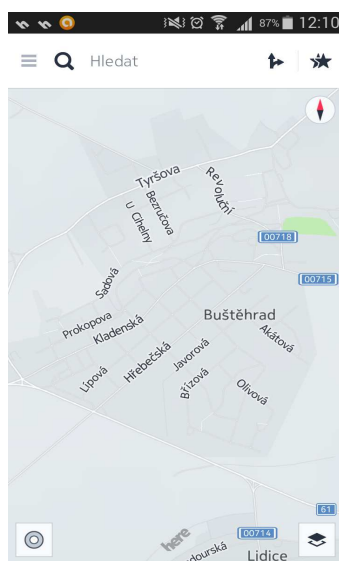
Obr. 40 - Schéma kapacitního displeje [18]

6.6.2 Softwarové prostředí v jednotlivých zařízeních

Softwarové prostředí je jeden z nejdůležitějších aspektů k používání v programu. Jedná se o komunikaci mezi zařízením a uživatelem. Vše by mělo být naprosto intuitivní a neměl by nastat problém s tím, že je nemožné něco najít nebo nastavit. Tedy za předpokladu, že je to možné daným programem nastavit.

6.6.2.1 Mapy HERE

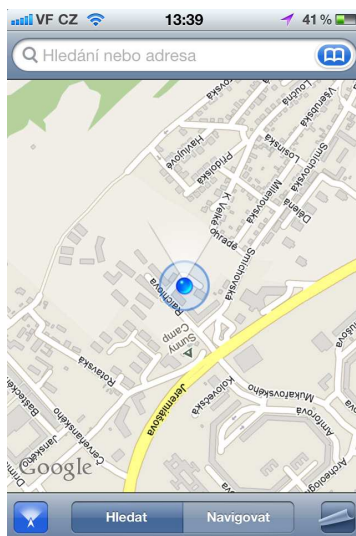
Při otevření tohoto programu je zobrazena mapa posledního zaznamenaného místa. Aby bylo možno zadat novou adresu uživatelem, je třeba zadat údaje do horního vyhledávacího okna. Okno je velmi malé, v mapovém podkladu je možno ho snadno přehlednout. Ovládání i nastavení celého programu je vcelku na dobré úrovni, až na profil trasy, který je pro nezkušeného uživatele velmi těžko k nalezení. Screen z programu Mapy HERE je zobrazen na Obr. 42.



Obr. 41 – Screen z aplikace Mapy HERE

6.6.2.2 iOS mapy

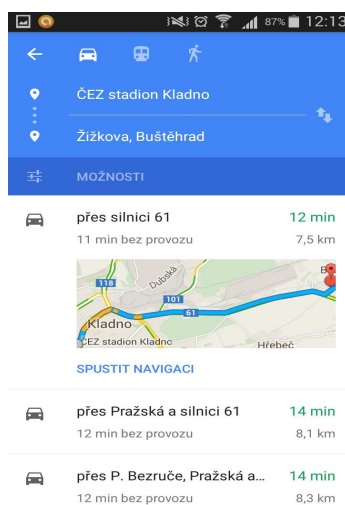
Tento program pro navigování, jenž je obsažen v mobilních telefonech značky iPhone, je na velmi dobré úrovni. V prostředí iOS je možno si na zvolené trase zobrazit hustotu provozu a stav na silnicích (dopravní nehody). Vše je na přehledných a uživatelem očekávaných místech. Nastavení cílové adresy je umístěno v horní části displeje. Na rozdíl od programu Mapy HERE je velmi dobře kontrastně odděleno. Nastavení profilu trasy je intuitivní a velmi dobře přehledné. Screen z telefonu iPhone je zobrazen na Obr. 42.



Obr. 42 - Screen z iPhone 4G [41]

6.6.2.3 Google maps

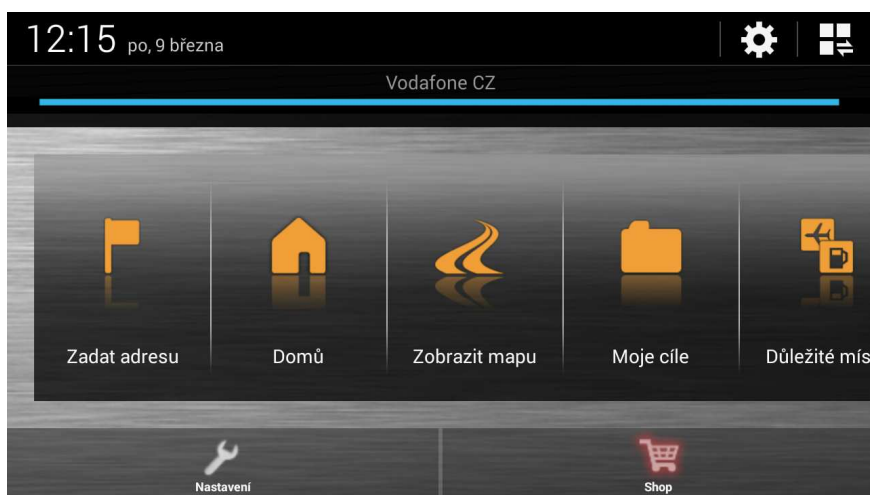
Google maps jsou spojené s účtem v mobilním telefonu. Tím pádem jsou sbírána jednotlivá data, která jsou pak vyhodnocována a používána při navigování. Programem jsou automaticky nabízena nejčastěji navštěvovaná místa, což značně ulehčuje práci s programem. Dále díky sběru dat je možné si v navigaci zapnout funkci „Provoz“, kde je pak možné vidět hustotu dopravy na vybrané trase. Nastavení celého programu a jeho ovladatelnost je na velmi dobré úrovni. Profil trasy je možno nastavit na čtyři možné způsoby dopravy (chůze, jízdní kolo, veřejná doprava, automobil). Jsou vygenerovány minimálně tři druhy tras, zahrnující provoz, rychlost, optimální trasu, společně s informacemi například o nehodách a uzavírkách. Screen z programu Google maps je zobrazen na Obr. 43.



Obr. 43 - Screen z aplikace Google maps

6.6.2.4 Navigon

V programu je vše srozumitelně zobrazeno hned na úvodní obrazovce aplikace. Konkrétně například panely pro zobrazení mapy, zvolené cíle, zadání adresy nebo přímo rovnou souřadnic zeměpisné šířky, délky či plánování trasy. Navigace je připravena k běžnému a rychlému užití. Po zadání cíle cesty je možno zobrazit dopravní informace v blízkosti místa například počasí nebo možnost parkování. Dále je hned na začátku možno nastavit profil trasy (rychlostní profil, druh trasy, dálnice, mýtné silnice a trajekty). Je možno zvolit cestu pomocí chůze nebo automobilu, kde jsou následně vygenerovány tři druhy trasy pro vlastní a ideální výběr. Screen z programu Navigon je zobrazen na Obr. 44.



Obr. 44 - Screen z aplikace Navigon

6.6.2.5 GPS navigace Garmin

Společností Garmin jsou hned na úvodní obrazovce zobrazeny dvě velké ikony (Kam vést? a Mapa), což jsou dva nejdůležitější panely, které běžný uživatel potřebuje. Jednou z výhod, která je v navigaci Garmin obsažena jsou čísla popisná, na rozdíl od testované navigace TomTom, která tuto možnost nenabízela. Bohužel oproti navigaci TomTom napájecí kabel není umístěn zcela ideálně – viz Obr. 45 a kabel například při nabíjení značně překáží. V navigaci Garmin je možno zobrazit uložená, vygenerovaná data z ujeté trasy. Tím je možno vidět průměrný čas cesty, maximální rychlost, ujetou vzdálenost, převýšení atd.



Obr. 45 – Garmin – umístění napájecího kabelu

6.6.2.6 GPS navigace TomTom a TomTom v mobilním telefonu

V obou případech jsou uživatelská prostředí velmi podobná. Aplikaci v mobilním telefonu je možno průběžně přehrávat na lepší verzi, a tak se její designové prostředí může měnit a vyvíjet. U navigace, i při (většinou placené) aktualizaci, dochází pouze ke změně map vlivem změn v dopravních pravidlech. Uživatelské prostředí zůstává vždy stejné, je v něm možno po pár kliknutích vše dohledat i jen za pomoci běžného uvažování. Výrobce se také zamyslel nad integrováním napájení, které je elegantně schováno do spodní hrany GPS navigace, což je patrné z Obr. 46. Jednou z nevýhod programu v mobilním telefonu je složitost při nastavování profilu trasy, kdy je uživatel nucen jít až do nastavení navigace. Toto nastavení by bylo výhodnější umístit k vygenerované trase nebo na úvodní plochu.



Obr. 46 – TomTom – umístění napájecího kabelu

7. Závěr

V diplomové práci bylo provedeno ve dvou dnech praktické měření pomocí GPS navigací a mobilních telefonů. Jednalo se o porovnání GPS navigačních přístrojů oproti chytrým mobilním telefonům, ve kterých byla GPS pouze doplňkovou funkcí. Dále pak byly porovnávány jednotlivé předem nainstalované programy v mobilních telefonech dle operačního systému.

Jako první byly porovnávány dvě GPS navigace (TomTom XL Routers a Garmin Nüvi 205) se dvěma mobilními telefony značky Samsung. Konkrétně se jednalo o mobilní telefon Samsung Galaxy Note 2, do kterého byl nainstalován navigační program od firmy TomTom a mobilního telefonu značky Samsung Galaxy Note 3 Neo s doinstalovanou navigací Navigon, která je pod záštitou firmy Garmin. U mobilních telefonů byl vypnut signál GSM, aby tato zařízení nebyla nikterak zvýhodňována při zpřesňování pozice. GPS navigace byly vybrány ze střední třídy. Mobilní telefony vždy patřily v roce, kdy vyšly, k hardwarově lépe vybaveným telefonům. Nicméně všechny navigační přístroje byly 2 – 4 roky staré modely. Po vyhodnocení všech kladů a záporů byl jasně stanoven vítěz. Z hlediska přesnosti, zobrazovací schopnosti, hlasových pokynů a inteligence při navádění, byl jako nejlepší vybrán mobilní telefon s doinstalovaným programem Navigon. Na dalších dvou pozicích byl shodně vyhodnocen mobilní telefon, s doinstalovaným programem pro navigování značky TomTom, s GPS navigací značky TomTom. Na posledním místě GPS navigace Garmin, která byla značně nepřesná, i přestože dokázala určit popisná čísla daných objektů.

V druhém měření byly porovnávány tři navigační programy, které byly automaticky výrobcem nahrávány do mobilních telefonů. Všechna měření byla provedena v online režimu, protože v současnosti je v mobilních telefonech takřka nutnost mít zapnutý internet, pomocí něhož jsou data pro určení polohy GPS zpřesňována. Co se týče přesnosti, pak nejbližší k požadované adrese byl cílový bod označen mobilním telefonem iPhone, o cca 5 metrů dále hlásil cíl mobilní telefon s aplikací Google maps a o dalších 10 metrů dále zareagovaly i Maps HERE. Ale to už byl automobil téměř u další budovy. Při neznalosti daného okolí je rozdíl 15 metrů dost znatelný. Při výběru mobilního

telefonu, potažmo jeho aplikacemi k navigaci, byl vítězem jednoznačně iPhone, na druhém místě Google mapy a na třetím pak Mapy HERE. Mobilní telefony jsou nedílnou součástí každodenního používání a jak i měření prokázalo, všechny typy mobilních telefonů vždy dokázaly navést automobil k cíli. Jde tedy asi spíše o jednotlivce nebo o jeho subjektivní názor, zda by dal přednost designu před hardwarem, nebo se spíše zaměřil na software.

Na závěr celé práce byly jednotlivé GPS navigace a programy nahané v mobilních telefonech zhodnoceny podle uživatelského prostředí. Ve všech těchto programech a navigacích bylo možno nalézt vše, co každodenní uživatel potřebuje k běžnému navigování. Je však velmi důležité, aby byl uživatel před použitím seznámen s GPS zařízením nebo programem pro navigaci (co a kde je v zařízení umístěno). Veškeré GPS navigace nebo programy pro navigování mají své výhody i nevýhody. Při výběru jde tedy především o to, co od daného zařízení uživatel očekává a v jaké cenové relaci by se daný program nebo zařízení mělo pohybovat. Snahou všech výrobců je vše uvést do uživatelsky příznivého a smysluplného stavu, vhodného pro všechny typy uživatelů.

8. Seznam Literatury

- [1] STEINER, I. – ČERNÝ, J. *GPS od A do Z*. 4. vydání. Praha: Picodas, 2006. 258 s. ISBN: 80-239-7516-1.
- [2] *Co je to GPS? Historie a úvod do problematiky*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.ce4you.cz/articles/detail.asp?a=244>
- [3] *Schriever Air Force Base*. [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: <http://www.sheppard.af.mil/shared/media/photodb/photos/080525-F-6340W-937.jpg>
- [4] RAPANT, P. *Družicové polohové systémy*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2002, 197 s. ISBN 80-248-0124-8.
- [5] *Přesná navigace pro zemědělské stroje*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/presna-navigace-pro-zemedelske-stroje.html>
- [6] *Možnost využití GPS navigace v zemědělství*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.gps-agro.cz/proc-vyuzivat-gps-v-zemedelstvi/>
- [7] *StarFire RTK*. [cit. 2013-04-14]. Dostupné z: <http://johndeeredistributor.cz/Zemedelska-technika/Produkty/AMS-presne-zemedelstvi/StarFire-RTK>
- [8] *Global Positioning System*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System
- [9] ČÁBELKA, M. *Úvod do GPS*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/vyuka/gps/skriptum-uvod-do-gps/>
- [10] *Výzkumu Západní egyptské oázy El-Hajéz* [cit. 2015-03-19]. Dostupné z: http://westerndesert.geolab.cz/cz/aktual_0507.htm
- [11] *Satelitní služba zvýší bezpečnost v letecké dopravě*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/news/business/110307_cs.htm
- [12] KOČMAN, R. *Jak se zjišťuje poloha mobilního telefonu*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: http://mobil.idnes.cz/jak-se-zjistuje-poloha-mobilniho-telefonu-fi3/mob_tech.aspx?c=A010719_0036942_mob_tech
- [13] HRDINA, Z. – PÁNEK, P. – VEJRAŽKA, F. *Rádiové určování polohy (Družicový systém GPS)*. ČVUT. 1995. 267 s. ISBN 80-01-01386-3.

- [14] BOSCHEN, D. *Joint Frequency and Delay Correlation*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/26035-joint-frequency-and-delay-correlation>
- [15] *Land Management*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.la-ma.cz/?p=1385>
- [16] *Sít' permanentních stanic GNSS České Republiky*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://czepos.cuzk.cz/>
- [17] *Virtuální referenční stanice*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.bysat.net/index.php?doc=princip>
- [18] RÖSSLER, L. *Vývoj mobilních telefonů, jejich funkcí a aplikací za posledních 20let*. bakalářská práce. Kladno: Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, 2012. 53s.
- [19] *Evropský projekt satelitní navigace*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/news/business/110119_cs.htm
- [20] *Glonass*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/GLONASS>
- [21] *NASA Science - National Aeronautics and Space Administration*. [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://science.nasa.gov/iSat/iSAT-text-only/?failure=Webgl>
- [22] HOJGR, R. – STANKOVIČ, J. *GPS: Praktická uživatelská příručka*. Brno: Computer Press, 2007. 222 s. ISBN 978-80-251-1734-7.
- [23] *Navigační systémy GPS*. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: http://www.gpsnavigace.cz/Prispevky/co_je_gps.htm
- [24] VAN DIGGELEN, F. *Assisted GPS, GNSS, and SBAS*. Boston: Artech House, 2009. 380 s. ISBN: 978-1-59693-374-3.
- [25] MARTINEK J. *GPS a komunikační protokol NMEA*. [cit. 2015 -03-15]. Dostupné z: <http://www.abclinuxu.cz/clanky/ruzne/gps-a-komunikacni-protokol-nmea-1-princip-historie>
- [26] KOUTNÝ J. *Jak zvýšit přesnost GPS*. [cit. 2015 -03-01]. Dostupné z: <http://navigovat.mobilmania.cz/clanky/AR.asp?ARI=113205&CAI=2160>
- [27] *Egnos*. [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/EGNOS>
- [28] *Dilution of precision*. Aktualizováno. [cit 2015-06-12] . Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Dilution_of_precision_\(GPS\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Dilution_of_precision_(GPS))

- [29] LUTONSKÝ, M. *Velký test 23 navigací*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://navigovat.mobilmania.cz/clanky/velky-test-23-navigaci-nejlepsi-je-tomtom/sc-265-a-1314276/default.aspx>
- [30] *Global Navigation Satellite System*. [cit 2015-12-20] . Dostupné z: www.glonass.it
- [31] *Evropský navigační systém Galileo*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/unikatni-projekt-umozni-pojmenovat-druzici-treba-prave-po-vasem-diteti-1as-/tec_vesmir.aspx?c=A110902_090928_tec_vesmir_vse
- [32] *GLONASS Future and Evolutions*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS_Future_and_Evolutions
- [33] STRAKA, V. *Indická raketa nesložila reparát kvůli úniku paliva*. [cit. 2015-02-18]. Dostupné z: <http://www.astro.cz/clanky/kosmonautika/indicka-raketa-neslozila-reparat-kvuli-uniku-paliva.html>
- [34] ŠTÁDLER, V. *GPS – praktická příručka*. Lysá nad Labem: Alpy, 1999. 64 s. ISBN 80-85613-87-5.
- [35] MILLS, A. *Samsung Galaxy Note 2 Shown in Another New Color*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.gottabemobile.com/2013/03/04/samsung-galaxy-note-2-shown-in-yet-another-new-color/>
- [36] *Samsung Galaxy Note 3 Neo*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://gadgets.ndtv.com/samsung-galaxy-note-3-neo-1256>
- [37] *Apple iPhone 4 8GB*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.muinovymobil.cz/Apple-iPhone-4-8GB-BLACK-d316.htm?tab=description>
- [38] *Zájem v průběhu času a podle lokality*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.google.com/trends/explore#q=garmin%2C%20tomtom&geo=CZ&date=today%2012-m&cmpt=q&tz=>
- [39] *TomTom XL IQ Routes Europe Traffic*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://gps-navigace.heureka.cz/tomtom-xl-iq-routes-europe-traffic/>
- [40] *Teche Blog*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.techeblog.com/index.php/tech-gadget/deal-of-the-day-249-99-garmin-nuvi-205w-4-3in-gps-navigator-for-99-99-shipped>
- [41] *Screen z iPhone 4G*. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.laetrine.cz/images/iphone-mapa.png>

8.1 Seznam tabulek

Tab. 1 – Časové období GPS	4
Tab. 2 – Srovnání navigačních systémů	8
Tab. 3 – Význam koeficientu PDOP	15
Tab. 4 – Chipsety v GPS	31
Tab. 5 – Srovnávací test GPS	33

8.2 Seznam obrázků

Obr. 1 – GPS družice	3
Obr. 2 – Rozmístění a dráhy družic kolem země.....	5
Obr. 3 – Schriever Air Force Base.....	6
Obr. 4 – Technické schéma GPS přijímače	6
Obr. 5 – Družice Galileo.....	9
Obr. 6 – Družice Glonass.....	10
Obr. 7 – Porovnání GPS a Glonass intenzity signálu	10
Obr. 8 – Určování polohy přímým měřením podél vodního toku	11
Obr. 9 – Určování polohy úhloměrným měřením.....	12
Obr. 10 – Určování polohy dálkoměrným měřením.....	13
Obr. 11 – Určení polohy v jednorozměrném prostoru.....	14
Obr. 12 – Určení polohy v dvourozměrném prostoru.....	14
Obr. 13 – Assisted GPS	22
Obr. 14 – Princip měření z fázových vln	23
Obr. 15 – GPS přijímač Trimble a notebook pro mapování.....	25
Obr. 16 – Síť permanentních stanic	26
Obr. 17 – StarFire RTK	27
Obr. 18 – Virtuální referenční stanice	28
Obr. 19 – Navigace s manuálním řízením	29
Obr. 20 – Navigace s asistovaným řízením	29
Obr. 21 – Navigace s technologií využívající GPS	29
Obr. 22 – Statistické výsledky vyhledávání pro zařízení značky Garmin a TomTom	32
Obr. 23 – Statistické výsledky vyhledávání v ČR pro zařízení značky Garmin.....	32
Obr. 24 – Statistické výsledky vyhledávání v ČR pro zařízení značky TomTom.....	32
Obr. 25 – TomTom XL IQ Routek	34
Obr. 26 – Garmin Nüvi 205	35
Obr. 27 – Screen s parametry z aplikace „GPS data“	36
Obr. 28 – Screen s parametry a silou signálu z aplikace „GPS data“.....	36
Obr. 29 – Zobrazení přibližného místa GPS satelitů a jejich trajektorií v čase měření.....	37
Obr. 30 – Porovnání cílové oblasti Garmin	38

Obr. 31 – Porovnání cílové oblasti TomTom	39
Obr. 32 – Startovní pozice obou GPS navigací	40
Obr. 33 – Porovnávané mobilní telefony	41
Obr. 34 – Screen s parametry z aplikace „GPS data“	42
Obr. 35 – Screen s parametry a silou signálu z aplikace „GPS data“	42
Obr. 36 – Zobrazení přibližného místa GPS satelitů a jejich trajektorií v čase měření	43
Obr. 37 – Počáteční pozice v mobilních telefonech	44
Obr. 38 – Cílová adresa v mobilních telefonech	46
Obr. 39 – Schéma rezistivního (odporového) displeje	48
Obr. 40 – Schéma kapacitního displeje	48
Obr. 43 – Screen z aplikace Mapy HERE	49
Obr. 44 – Screen z iPhone 4G.....	50
Obr. 43 – Screen z aplikace Google mapy.....	50
Obr. 44 – Screen z aplikace Navigon	51
Obr. 45 – Garmin – umístění napájecího kabelu	52
Obr. 46 – TomTom – umístění napájecího kabelu	52