

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

PROJEKT Č. 4

## Určování polohy s využitím GPS a GSM sítí

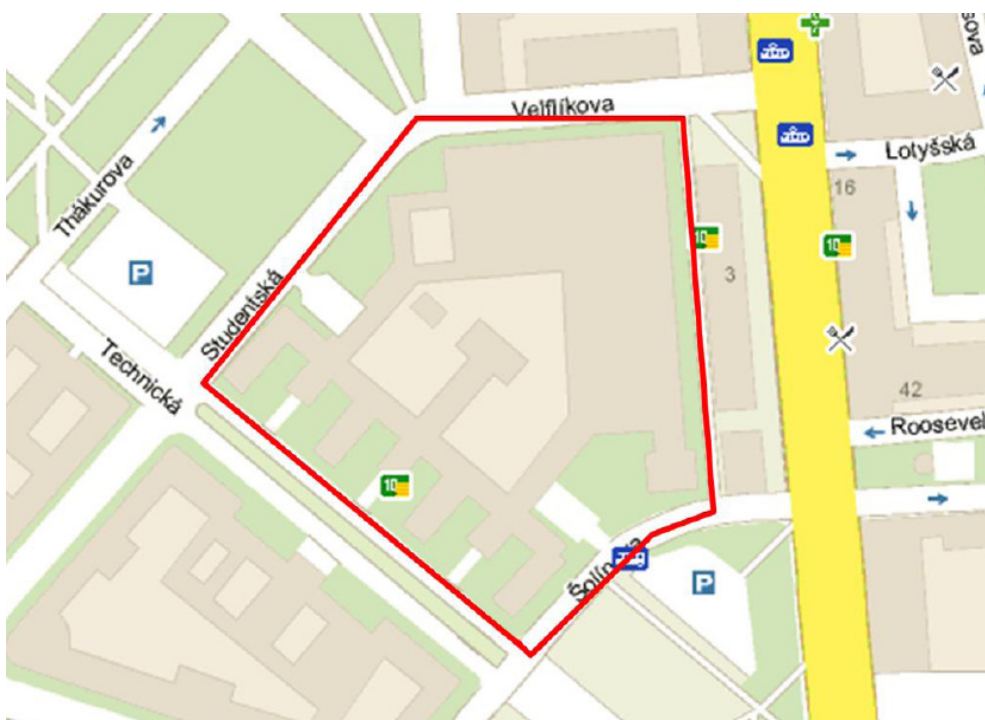
**Vypracovali:** Jaroslav Jureček, Petr Putík  
**Spolupracovali:** Jan Hlídaek, Tomáš Nemastil, Jan Sadílek  
**Předmět:** Mobilní komunikační systémy (X32MKS)  
**Měřeno:** 9.12.2008  
**Cvičení:** úterý, 12:45 - 14:15

## 1. Zadání

1. Pro tři zařízení (GPS/GSM terminály), která jsou pro jednotlivé skupiny uvedena v tab. 1, změřte přesnost zaměření polohy a rychlost předání naměřených dat ve variantách:
  - a. CSD mód - projděte a zaznamenejte trasu, která je na obr. 1.
  - b. GPRS mód - projděte a zaznamenejte trasu, která je na obr. 1.
  - c. Autonomní navigační terminály - projděte trasu na obr. 1 a zaznamenanou trasu stáhněte ze zařízení do PC.
2. Zaznamenané trasy mezi s sebou porovnejte a vynesete v jednom mapovém podkladu.
3. Porovnejte jednotlivé terminály z hlediska citlivosti a přesnosti určení polohy.
4. Porovnejte módy CSD a GPRS a navrhnete, k jakým účelům jsou tyto módy vhodné. Varianty pro přenos GPS dat (CSD, GPRS) realizujte dle obr. 5.
5. Napište, pro jaká použití jsou jednotlivé terminály vhodné.
6. NMEA protokol – pomocí terminálu od firmy Princip sledujte zprávy, které se posílají v systému GPS. Jednotlivé zprávy popište a z jedné zprávy určete souřadnice, které vynesete do mapy.

Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3	Skupina 4
Mapfactor VTU009	<b>Mapfactor VTU009</b>	Mapfactor VTU009	Mapfactor VTU009
Teltonika GH1201	<b>Teltonika GH1202</b>	GlobalSat TR102	Teltonika GH1202
Garmin 360	<b>MiO 710</b>	Garmin 60CX	Nokia N95

Tab 1: Rozdělení zařízení pro jednotlivé skupiny



Obr. 1: Trasa

## 2. Teoretický úvod

### GPS (*Global Positioning System*)

je projekt, který umožňuje komukoli na povrchu planety Země zjistit své zeměpisné souřadnice. Je realizován pomocí **24 družic** obíhajících v **šesti kruhových drahách** kolem Země. V každé oběžné dráze se nacházejí čtyři družice. Družice obíhají ve výšce 20 200 kilometrů nad zemským povrchem a jejich oběžná doba je polovina hvězdného dne (doba otočení planety Země kolem své osy vzhledem ke hvězdám), tedy přibližně 11 hodin, 58 minut a 2 sekundy, což představuje 43 082 sekund. Ukázalo se, že zvolená koncepce zaručuje 99,9% spolehlivost i přesto, že vezmeme v úvahu možné odchýlení družic z jejich nominálních drah. Pro několik málo míst na Zemi může v nejhorsím možném případě klesnout spolehlivost na 96,9%.

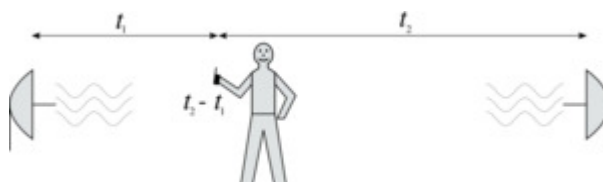
Služba, kterou projekt GPS poskytuje, se nazývá **SPS** (Standard Positioning Service). Zahrnuje možnost určení polohy a seřízení přesného času. V rámci SPS vysílají družice všechny potřebné informace na frekvenci označované jako **L1**, která je rovna **1575,42 MHz**. Kromě tohoto signálu se vysílají další informace na frekvenci **L2** (**1227,6 MHz**), které nejsou součástí služby SPS. Frekvence L2 je určena pro armádní účely, ale přesto mnoho výrobců přijímačů tento signál využívá. Příjem signálů o dvou různých frekvencích totiž umožňuje odhadnout vliv ionosféry na zpoždění signálu. Díky tomu lze při výpočtu provést korekce, které zpřesňují určení polohy.

### Princip určení polohy pomocí GPS

Ke své funkci využívá GPS několika specializovaných družic, které ze svých oběžných drah vysílají směrem k Zemi signály. Družice jsou seřizeny tak, že všechny vyšlou signál v přesně definovaný okamžik. Přijímač umístěný na Zemi vypočítá svou pozici na základě toho, s jakým zpožděním přijme signál z jednotlivých družic. Když přijmeme signál, tak nevíme, jak dlouho mu trvalo, než k nám dorazil. Známe pouze časové rozdíly. Tato koncepce se často označuje zkratkou **TDOA** (*Time Difference of Arrival*).

#### a) určení polohy na přímce

Přijímač zaznamená signály ze dvou zdrojů s časovým rozdílem  $\Delta t = t_2 - t_1$ . Rychlost šíření signálu známe (přibližně 300 000 000 m/s), a tak můžeme snadno vypočítat pozici přijímače vzhledem k vysílačům.

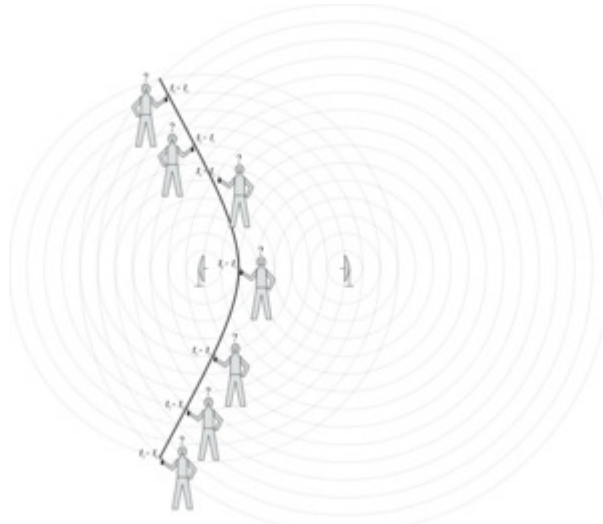


Obr. 2: V jednorozměrném případě postačí k určení polohy dva vysílače.

#### b) určení polohy v rovině

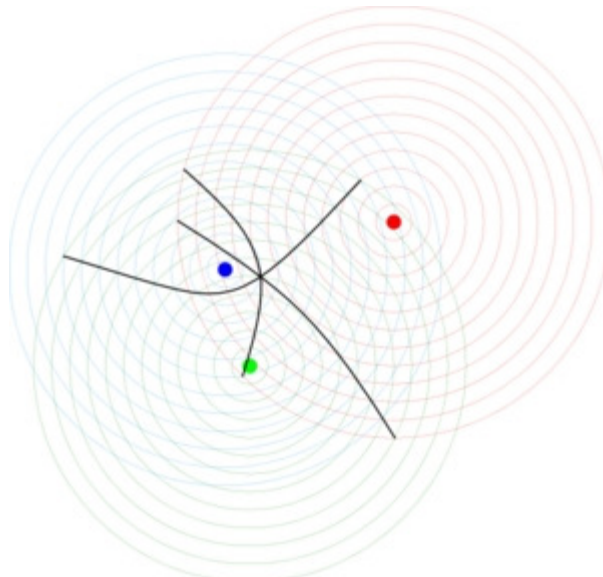
Složitější situace nastane, když se přijímač nachází kdekoli v rovině. V takovém případě již nelze jednoznačně určit pozici pomocí dvou vysílačů. Lze určit jen to, že je přijímač umístěn v kterémkoli bodě hyperboly. Všechny body ležící na hyperbole totiž

mají stejný rozdíl vzdáleností od obou ohnisek hyperboly. V ohniscích této hyperboly se nacházejí vysílače.



Obr. 3: Dva vysílače určí pouze hyperbolu možného výskytu přijímače

Ke stanovení polohy potřebujeme ještě jeden vysílač. Jsou-li vysílače tři, pak získáme tři časové rozdíly ( $t_2 - t_1$ ,  $t_3 - t_2$  a  $t_3 - t_1$ ). Libovolné dva časové rozdíly určují dvě hyperboly a jejich průsečík jednoznačně určuje polohu přijímače viz obr. 4.



Obr. 4: V rovině jsou k určení pozice zapotřebí tři vysílače.

### c) určení polohy v prostoru

Z časového rozdílu mezi dvěma signály můžeme stanovit, že se přijímač nachází někde na povrchu rotačního hyperboloidu. Máme-li k dispozici čtyři vysílače, pak získáme šest časových rozdílů ( $t_2 - t_1$ ,  $t_3 - t_2$ ,  $t_4 - t_3$ ,  $t_3 - t_1$ ,  $t_4 - t_2$  a  $t_4 - t_1$ ). Tyto vytváří celkem šest rotačních hyperboloidů protínajících se v jednom bodě v prostoru. K určení polohy stačí libovolné tři.

Nejdůležitějším závěrem je tedy to, že v trojrozměrném prostoru potřebujeme čtyři družice. Díky nim lze stanovit všechny tři souřadnice bodu v prostoru, tedy zeměpisnou délku, zeměpisnou šířku a nadmořskou výšku.

Existuje však i dvojrozměrný mód GPS přijímačů, který se aktivuje ve chvíli, kdy je k dispozici signál pouze ze tří družic. V takovém případě nelze určit zbývající třetí hyperboloid a místo něj se při výpočtu použije Zemský povrch. Jedná se o nouzové řešení jehož výsledkem je pouze odhad dvou zeměpisných souřadnic, přičemž výšková souřadnice zcela chybí.

Při určování polohy je kromě počtu družic také nutno vzít v úvahu i jejich rozmístění vzhledem k poloze přijímače. Pokud by byly všechny čtyři družice umístěné v jednom bodě, pokud by spolu s přijímačem tvořily přímku nebo by ležely v jedné rovině, potom nelze určit přesnou polohu přijímače. Družice a přijímač se tedy nikdy nesmí dostat do jedné roviny, čím plošší je uspořádání, tím větší chyba nastává při určování polohy. Měření časových rozdílů je totiž vždy zatíženo chybami. Tyto chyby se promítnou do celkové chyby výsledku v závislosti na tom, jaké je rozestavení družic. Úhel družice-přijímač-družice by měl být co největší. Byl zaveden koeficient označovaný **PDOP** (*Position Dilution Of Precision*), který reprezentuje rozestavení družic. Čím lépe jsou družice rozmístěny vzhledem k uživateli, tím je tento koeficient vyšší.

## Přesnost GPS

Nejvýraznějším vlivem, který zhoršoval přesnost určení polohy, bylo úmyslně zavedené omezení - **SA** (*Selective Availability*). Jelikož byl GPS vytvořen pro armádní účely USA, byl zpočátku signál kódován tak, aby pouze americká armáda mohla využít plně přesnosti GPS. Ostatní mohli svou pozici určit s odchylkou několika stovek metrů. K přelomu došlo 1. května roku 2000, kdy toto omezení bylo vypnuto. Od té doby se přesnost GPS řádově zlepšila. Nyní je odchylka způsobena především následujícími vlivy:

- zpoždění signálu v ionosféře (ionosféra způsobuje zakřivení dráhy signálu); 10 metrů
- zpoždění signálu v troposféře (vliv počasí); 1 metr
- vychýlení družice z udávané polohy; 1 metr
- nepřesnost hodin umístěných na družici; 1 metr
- příjem falešných odražených signálů (tzv. multipath error); 0,5 metru
- vlastní šum přijímače; 2 metry
- šum na straně vysílače (družice); 1 metr
- hrubá chyba způsobená lidským faktorem (chyba v přepočtu souřadnic, nesprávně zvolený elipsoid atd.)

Odchylka v metrech pro jednotlivé faktory představuje pouze orientační údaj. Skutečný příspěvek k celkové chybě závisí především na uspořádání družic, tedy na parametru **PDOP**. Přijímač si vždy vybere takovou čtveřici družic, u kterých je rozmístění nejlepší. Proto na volném prostranství bývá určení polohy přesnější, než když je výhled na oblohu částečně zakryt. Rozmístění družic způsobuje, že pro každou souřadnici vychází jiná odchylka. Obecně platí, že stanovení výšky je méně přesné než určování zeměpisných souřadnic. Co se týče zjišťování přesného času, zde se udává chyba v řádu mikrosekund

## Protokol NMEA

jedná se o komunikační standard od asociace NMEA. Existují tři základní věty kterými zařízení mezi sebou komunikují:

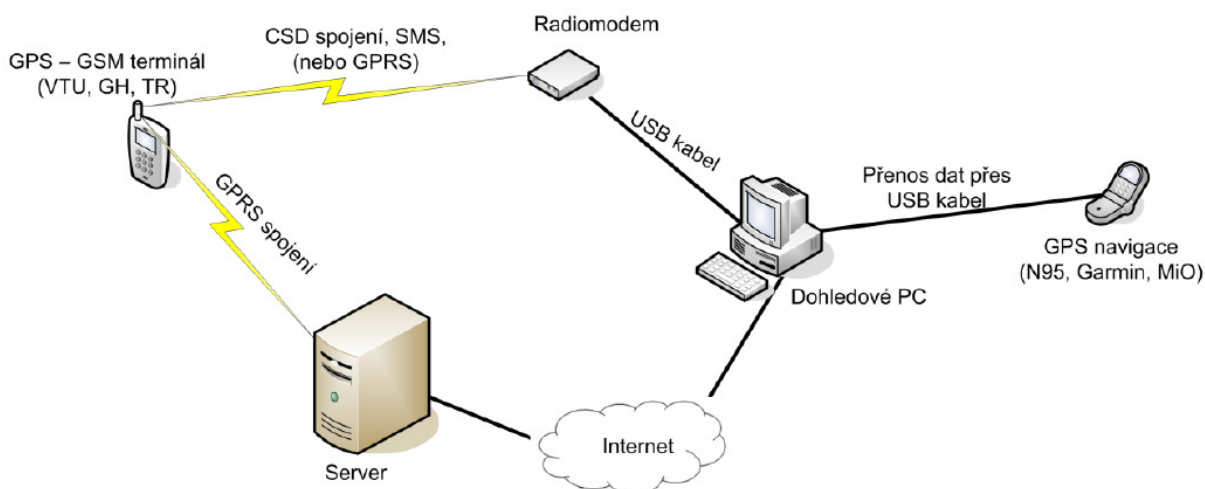
- věty ze strany mluvčího (talker sentences)
- proprietární věty (proprietary sentences)
- dotazovací věty (query sentences)

Obecný formát vět ze strany mluvčího je:

$\$tss, d1, d2, \dots <CR><LF>$

Věty vždy začíná znakem dolaru. První dvě písmena (tt) představují identifikátor mluvčího (talker identifier). Další tři písmena (sss) jsou identifikátor věty (sentence identifier). Následují datové položky oddělené čárkami. Po nich následuje nepovinný kontrolní součet a věta je ukončena znaky <CR><LF>.

### 3. Schéma zapojení



Obr. 5: Možnosti přenosu GPS dat (zapojení pro bod 1)



Obr. 6: Zapojení pro analýzu protokolu NMEA

## 4. Naměřené hodnoty

Parametry potřebné pro provoz GPRS pro jednotlivá zařízení:

### Mapfactor VTU009:

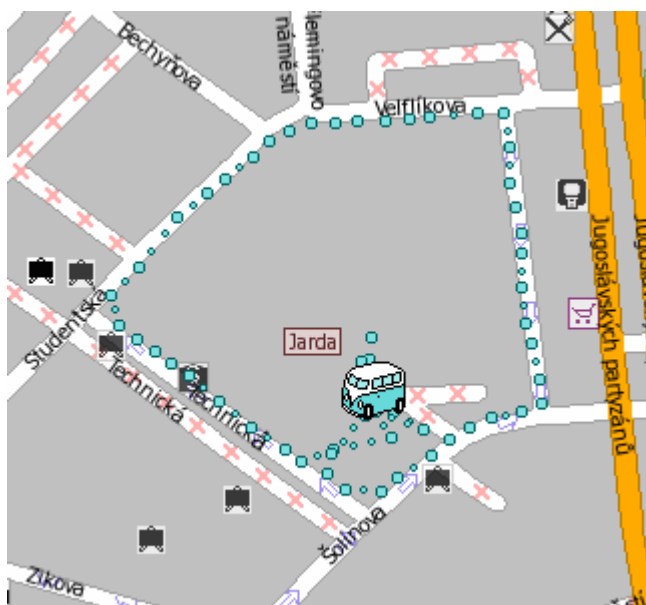
APN: internet.t-mobile.cz  
GPRS DNS1: 62.141.0.1  
GPRS DNS2: 213.162.65.1  
Server: 82.208.39.161  
Port: 5555  
TCP/IP komunikace  
Server: gprs.mapfactor.cz  
Uživatelské jméno: MKOMKS  
Heslo: MKOMKS

### Teltonika GH1201:

APN: internet.t-mobile.cz  
GPRS DNS1: 62.141.0.1  
GPRS DNS2: 213.162.65.1  
Server: 147.32.201.106  
Port: 5000

## Mapfactor VTU009

Informace o poloze zasílané tímto přístrojem jsem sledovali pomocí programu MapExplorer, který interaktivně zobrazoval aktuální polohu zařízení na mapě, viz obr. 7. Komunikace tohoto přístroje se serverem, probíhala pomocí GPRS protože přístroj měl v sobě umístěnou SIM kartu.



Obr. 7: Změřená trasa v programu MapExplorer

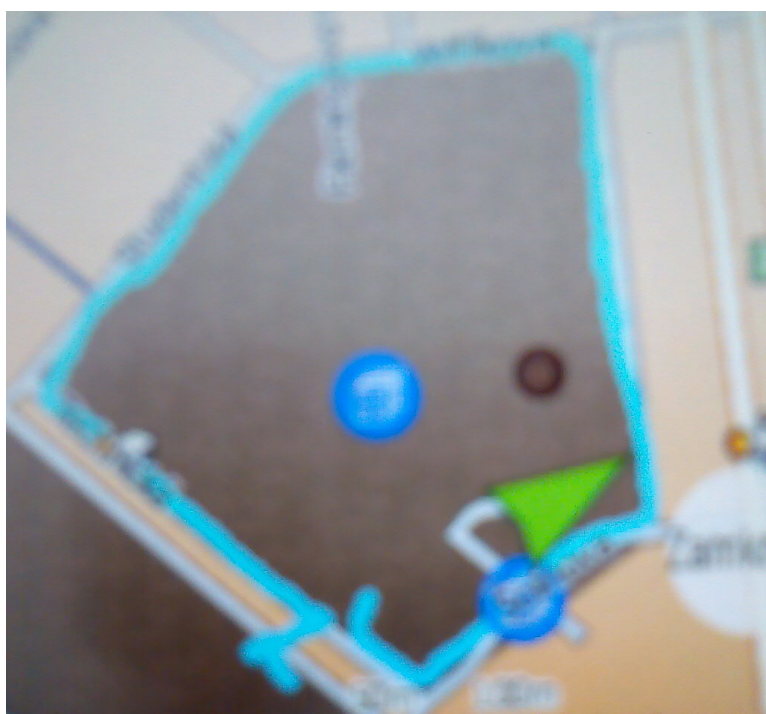


## Teltonika GH1202

Toto zařízení jsem nastavili dle zadání, ale bohužel se nám nepodařilo zprovoznit tak abychom získávali informace o poloze. Na server nepřicházely od tohoto zařízení žádné zprávy.

## MiO 710

Přístroj MiO se řadí do skupiny běžně používaných navigací do automobilů, díky možnosti záznamu trasy jsme si vytrasovali zadanou trasu, viz obrázek 8. Jelikož se nám nepodařilo připojit navigaci k PC a stáhnout zaznamenanou trasu, tuto jsme pouze vyfotili.



Obr. 8: Změřená trasa navigací MiO 710



## Analýza protokolu NMEA

### Vybraný záznam:

```
$GPGSA,A,3,06,03,25,19,16,,,,,7.6,6.5,3.9*37
$GPGSV,3,1,12,06,61,291,31,16,58,209,22,21,57,066,14,18,48,121,*73
$GPGSV,3,2,12,03,47,291,37,22,30,164,,19,15,286,27,25,14,303,31*70
$GPGSV,3,3,12,24,12,059,,07,12,322,20,15,08,061,,26,08,043,*76
$GPRMC,122036.000,A,5006.1737,N,01423.5946,E,0.19,264.58,091208,,*05
$GPGGA,122037.000,5006.1737,N,01423.5935,E,1,05,6.5,244.8,M,45.5,M,,0000*5E
```

### Popis zpráv:

U všech zpráv je mluvčím GPS přijímač používající označení **GP**. Dále následuje identifikátor jednotlivých vět:

**GSA** = aktivní satelity a DOP (Dilution Of Precision)

**GSV** (Satellites in View) = Informace o družicích

**RMC** (Recommended Minimum Navigation Information) = Minimální doporučená informace pro navigaci

**GGA** = zeměpisná délka a šířka, geodetická výška, čas určení souřadnic

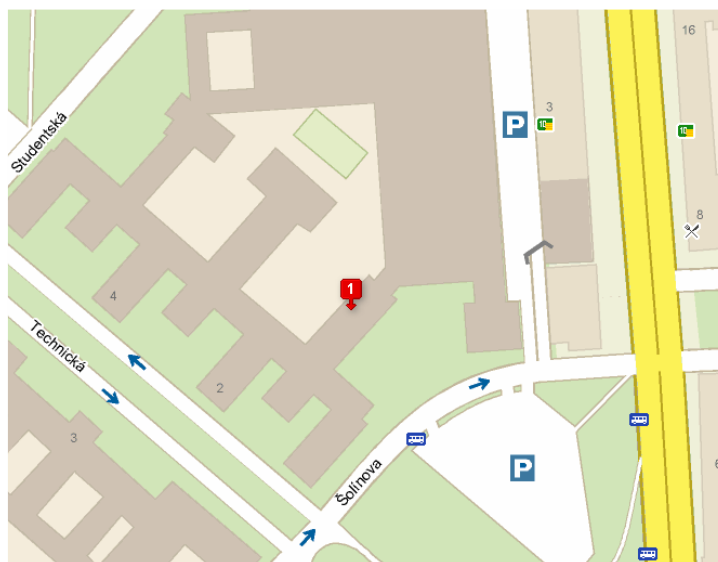
### Určení aktuální polohy pro vybraný záznam:

```
$GPGGA,122037.000,5006.1737,N,01423.5935,E,1,05,6.5,244.8,M,45.5,M,,0000*5E
```

**zeměpisná šířka:** 5006.1737 severní šířky => 50°6,1737'N = 50°6'10,42"N

**zeměpisná délka:** 01423.5935 východní délky => 14°23,5935'E = 14°23'35,61"E

**nadmořská výška:** 244.8m



Obr. 10: Poloha určená ze záznamu protokolu NMEA

## 5. Závěr

GPS je v dnešní době velice rozšířený a hlavně užitečný systém, který ulehčuje svým uživatelům orientaci v prostoru, monitoring zásilek a osob, trasování cest a podobně.

Je velkým přínosem především pro záchranné systémy, popřípadě handicapované osoby, kdy může být sledována jejich poloha a v případě nutnosti mohou přivolat asistenci. V dnešní době se také velmi rozšiřuje paleta přístrojů používaných pro volný čas, například trasovače, kdy po stáhnutí zaznamenání cesty si mohou uživatelé přiřadit k jednotlivým místům na trase nafocené fotografie. Asi nejnámějším použitím GPS přijímačů je však v podobě automobilových navigací, které nabízejí svým uživatelům pohodlné vyhledání cílového místa a následně navigaci až na určené místo. Podmínkou správné funkce takovýchto zařízení je aktualizace používaných map, které bohužel stojí nemalé částky. Propojení GPS a GSM systémů dává možnost sledování zásilek, popřípadě osob na dálku, což je využíváno například ve firmách kde je nutné kontrolovat aktuální pozici firemních automobilů či zasílaného zboží.

Při měření se nám bohužel nepodařilo zprovoznit zařízení Teltonika GH1202, proto jsme mohli porovnat pouze dva přístroje, Mapfactor VTU009 a MiO 710. Co se týče přesnosti, oba testované přístroje zaznamenaly trasu bez větších odchylek, proto můžeme tvrdit, že přesností jsou tyto přístroje rovnocenné. U přístroje Mapfactor VTU009 byl přenos informací o poloze realizován pomocí GPRS. Při tom bylo možné sledovat, že zobrazování na mapě se viditelně zpožďovalo vůči aktuální poloze přístroje. Toto zpoždění je způsobeno odesíláním informací na předem definovaný server, jejich následným zpracováním a až po té zobrazením. Sledované zpoždění však není nijak zásadní a lze jej prakticky zanedbat.

Přístroj Mapfactor VTU009 je vhodný ke sledování například služebních automobilů, popřípadě zboží, kdy tuto malou krabičku umístíme na palubní desku auta a ta následně odesílá informace o své poloze na server. Teltonika GH1202 je vhodná pro handicapované osoby, pomocí níž může být sledována jejich poloha, tento přístroj také umožňuje navolit telefonní číslo, které lze v nouzi přístrojem zavolat. Navigace MiO 710 se řadí do skupiny běžně používaných navigací do automobilů. Má také další funkce jako je trasování, dále je implementován přehrávač mp3 nebo prohlížeč obrázků.

Na závěr jsme si pomocí terminálu Princip zachytávali signály od GPS družic. Tyto zprávy jsme analyzovali a ze zjištěných údajů jsme zjistili aktuálně měřenou polohu terminálu. Tato poloha vyšla přibližně do učebny v níž jsme se nacházeli, viz obrázek 10. Při seznamování s protokolem NMEA jsme vycházeli z vyhledaných neoficiálních informací [1] o tomto protokolu, jelikož zaručené informace lze získat jedině koupí oficiální aktualizované verze daného standardu od asociace NMEA [2].

## 6. Literatura

- [1] ABC Linuxu [online]. GPS a komunikační protokol NMEA, [2006-9-6]. Dostupný z WWW: <http://www.abclinuxu.cz/clanky/ruzne/gps-a-komunikacni-protokol-nmea-1-princip-historie>
- [2] NMEA [online]. NMEA 0183 Standard. Dostupný z WWW: <http://www.nmea.org/pub/0183/index.html>