

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava  
Hornicko-geologická fakulta  
Institut geodézie a důlního měřictví

Prof. Ing. Jan Schenk, CSc.

**Globální polohové systémy  
v geodézii**

**2003**

# 1 Úvod

GPS je zkratka odvozena ze systému NAVSTAR GPS, což je akronymum z **NAV**igation **S**ystém with **T**ime And **R**anging - **G**lobal **P**ositioning **S**ystém, tedy je to Navigační systém, kterým můžeme určit naši polohu v daném čase na Zemi, když máme potřebné zařízení.

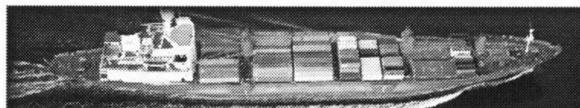
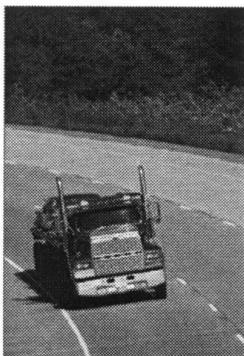
Doposud jsme určovali svoji polohu vzhledem ke známým objektům, které jsme viděli, tedy relativně vůči nim. Horší to bylo, když takové objekty nebylo vidět, když jsme byli uprostřed pouště nebo na moři. Tento problém se řešil pomocí Slunce a hvězd. Rovněž na zemi geodeti a vědci používali známé referenční body k určování polohy.

Tyto metody pracovaly dobře s jistou spolehlivostí. Slunce a hvězdy nejsou vidět, když je zamračeno. Rovněž ani velmi přesným astronomickým měřením nemůže být poloha určena velmi přesně.

Po druhé světové válce, bylo v ministerstvu obrany USA zřejmé, že by se mělo nalézt řešení problému určení absolutní polohy s danou přesností. Během následujících 25 let proběhlo několik projektů a pokusů jako byly Transit, Timation, Loran, Decca aj. Všechny tyto projekty uměly určit polohu, ale byly limitovány přesností nebo funkcí.

Od začátku 1970 byl navržen nový projekt - GPS. Tento projekt sliboval splnit všechny požadavky ministerstva, zejména že bude schopný určit přesně polohu na libovolném místě Země v každé době a za jakéhokoliv počasí.

GPS je systém založený na družicích, který využívá rozložení 24 družic k určení naší přesné polohy. Je důležité definovat přesnost v poloze bodu. Pro turistu nebo vojáka v poušti stačí přesnost 15m. Pro loď v pobřežních vodách je to 5m a pro geodetická měření 1cm a méně. GPS může používat všechny tyto přesnosti ve všech svých aplikacích, rozdíly vyplývají z použitých GPS přijímačů a použité techniky měření.



### Obr. č. 1.1 Aplikace GPS pro civilní účely

GPS bylo původně určeno k vojenskému využití a po určité době k měření Země. Brzy po původním určení byl systém uvolněn i pro civilní využití a ne pouze pro určování polohy lidí (to bylo i vojenské využití). První dvě hlavní civilní aplikace byla námořní navigace a geodetické měření. Nynější aplikace se zaměřují od navigace vozidel až po řízení nákladních lodí k automatické konstrukci strojů. Příklady využití jsou na obr. 4.1.

## 2 Popis systému

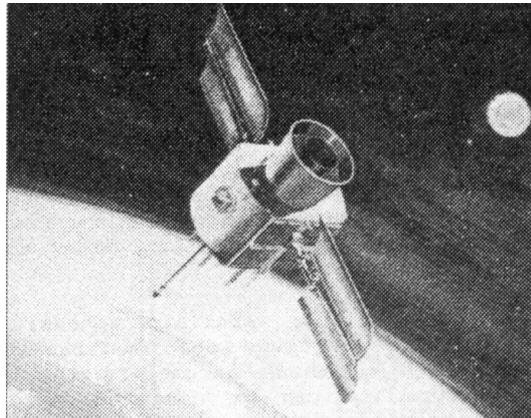
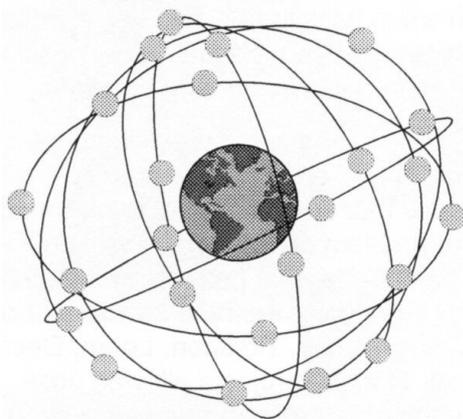
Celý GPS systém se skládá ze tří segmentů:

- kosmický segment – družice obíhající kolem Země
- řídicí segment – stanice umístěné podél rovníku, které kontrolují a řídí družice
- uživatelský segment - přijímače GPS signálu.

### 2.1 Kosmický segment

Kosmický segment se skládá z 24 družic, které obletí Zemi ve výšce 20200km vždy za 12 hodin. Družice obíhají po šesti drahách, které jsou 55° skloněné k rovníku. V současné době obíhá 27 družic kolem Země.

Kosmický segment je tak vytvořen, aby v každém místě na Zemi a v každé době byly vidět alespoň 4 družice, které jsou 15° nad obzorem. Čtyři družice jsou minimem, který musí být vidět pro většinu aplikací. Pokusy ukázaly, že je vidět obvykle 5 družic nad 15° a hodně často i 6 nebo 7 družic.



Obr. č. 2.1: Rozmístění družic kolem Země a tvar GPS družice

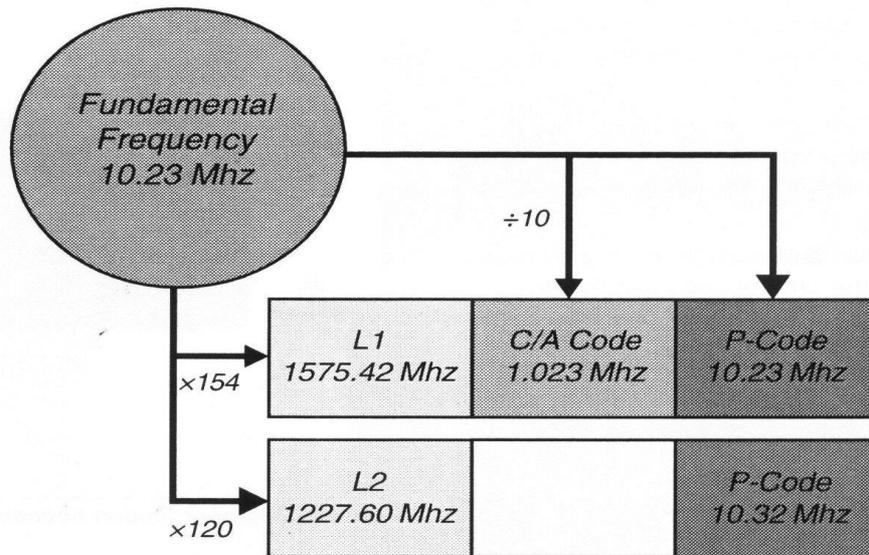
Každá družice je vybavena velmi přesnými atomovými hodinami. Hodiny pracují na operační frekvenci 10,23MHz. Ta se používá ke generování signálu, který je vysílán z družice.

Družice vysílají na dvou konstantních vlnových délkách. Tyto přenosové vlny jsou vysílány k Zemi rychlostí světla. Vlny jsou odvozeny ze základní frekvence a generovány pomocí velmi přesných atomových hodin.

L1 frekvence je vysílána na frekvenci 1575,42 MHz (10,23 x 154)

L2 frekvence na frekvenci 1227,60 MHz (10,23 x 120)

Frekvence L1 přenáší dva kódy. C/A kód (Coarse/Acquisition Code (hrubý/volný kód) je modulován na 1,023 MHz (10,23 / 10) a P-code (přesný kód) na 10,23 MHz. Na frekvenci L1 je modulován pouze P-code na 10,23 MHz.

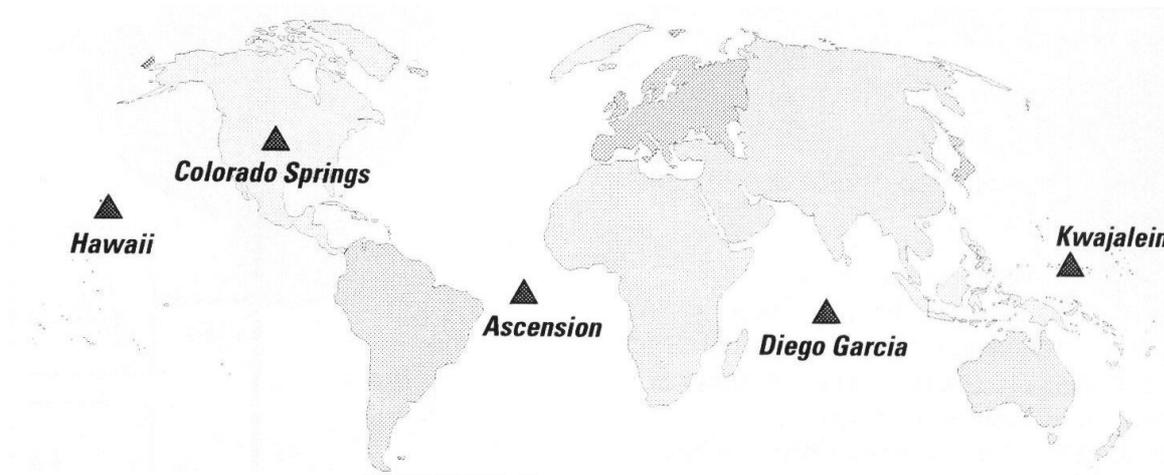


Obr. č. 2.2: Struktura družicového signálu

GPS přijímače užívají různé kódy k rozlišení družic. Kódy se používají k určení tzv. pseudovzdáleností k výpočtu polohy přijímače.

## 2.2 Řídící segment

Řídící segment se skládá z jedné hlavní stanice, 5 monitorovacích stanic a 4 základních monitorovacích stanic vybavených anténami



Obr. č. 2.3: Rozmístění pozemních stanic řídicího systému GPS

Řídící segment vysílá na družice zprávy o jejich orbitální poloze, kalibruje a synchronizuje družicové hodiny.

Vyslaná zpráva obsahuje funkci určující dráhu každé družice a předpověď dráhy na následujících 24 hodin. Tato informace je uložena na každé družici, které ji periodicky vysílají ve formě almanachu. To umožňuje GPS přijímači poznat, kdy může být signál dané družice v daném místě přijímán.

Družicové signály jsou zachycovány na stanicích Ascension, Diego Garcia a Kwajalein. Měření jsou zasílána do hlavní řídicí stanice v Colorado Springs, kde se určují

chyby každé družice. Informace jsou zasílány zpět na čtyři monitorovací stanice, které jsou vybavené vysílacími anténami, k dodání zpráv na družice.

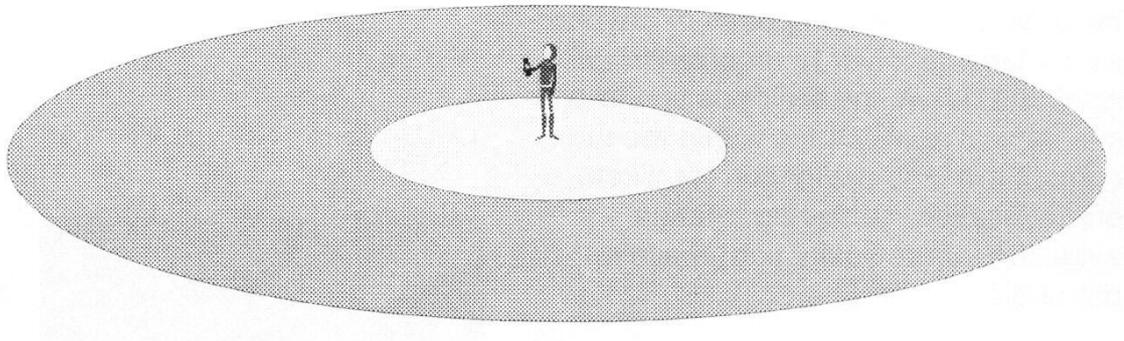
### 2.3 Uživatelský segment

Uživatelský segment se skládá z nejrůznějších GPS přijímačů, kterými se určuje poloha a čas. Typickou aplikací je navigace turistů, lokace vozidel, geodetická měření, námořní navigace, letecká navigace, kontrola strojů aj.

## 3 Jak GPS pracuje

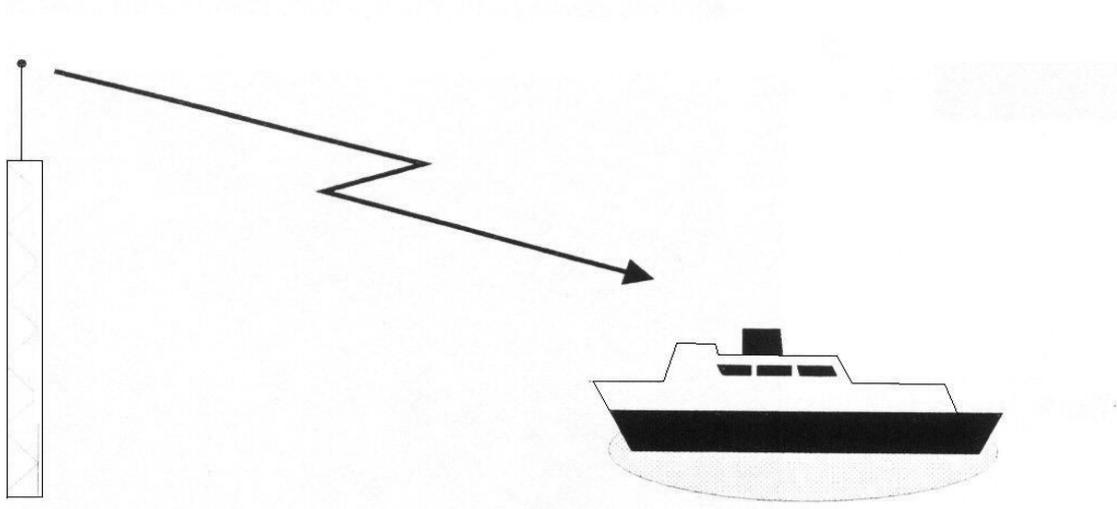
Je několik různých metod k získání polohy pomocí GPS. Metody závisí na požadované přesnosti a typu GPS přijímače. Obecně můžeme metody rozdělit na tři základní třídy:

- **Autonomní navigace** s použitím jednoho samostatného přijímače. Používají ho turisté, lodě na širém moři, armáda. Přesnost v určení polohy je lepší než 100 m pro civilní potřeby a lepší než 20 m pro vojsko.



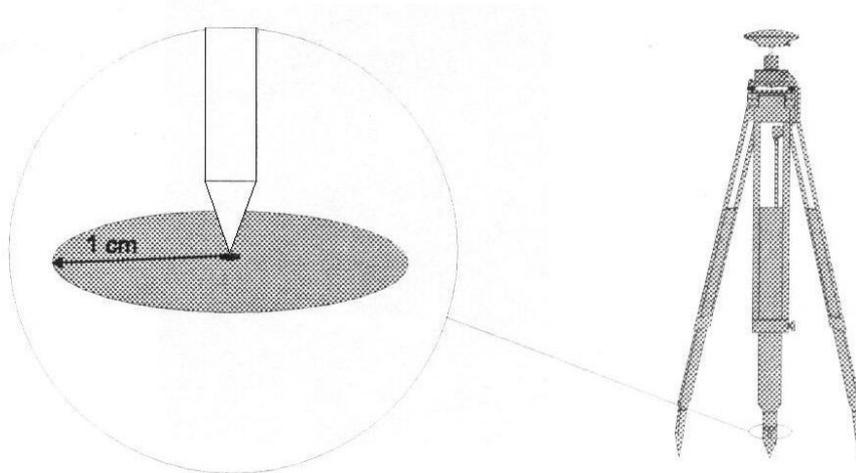
Obr. č. 3.1: Příklad určení polohy autonomním přijímačem

- **Diferenciálně opravovaná poloha.** Více známá pod zkratkou DGPS, ta dává přesnost mezi 0,5 – 5 m. Užívá se pro navigaci u pobřeží, sběr GIS dat, přesné hospodaření apod.



Obr. č. 3.2: Princip diferenční metody

- **Relativní fázová měření.** Dává přesnost od 0,5 do 20 mm. Užívá se v geodézii, při kontrole pohybu strojů apod.



Obr. č. 3.3 Přesnost v určení bodu je závislá na správné centraci GPS antény.

### 3.1 Navigace – kódové měření



Je to nejjednodušší technické využívání GPS přijímače k okamžitému určení polohy a výšky v dané době. Přesnost určení je lepší jak 100 m (obvykle okolo 30-50 m) pro civilní sektor a 5-15 m pro vojenské uživatele. Příčina rozdílu v přesnosti civilního a vojenského využití bude vysvětlena později. Přijímače pro toto použití jsou typicky malé, jednoduše přenosné v ruce a levné.

Určení polohy pomocí GPS je založeno na změření vzdálenosti mezi družicemi a GPS přijímačem na Zemi. Každá vzdálenost může být určena pomocí GPS přijímače. Základní idea je protínání, které provedeme z provedeného měření. Když známe vzdálenosti ze tří bodů k přijímači, můžeme určit jeho polohu vzhledem k těmto bodům. Přijímač leží na kulové ploše, jejíž střed je družice a poloměr vzdálenost přijímače od družice. Protnutím takových to tří imaginárních kulových ploch je jednoznačně určena poloha přijímače.

Obr. č. 3.4: Ruční GPS přijímač

Problém s GPS je, že jsou určeny pouze pseudovzdálenosti a čas od vyslání signálu po jeho přijetí se liší.

Máme tedy čtyři neznámé k určení; Poloha (X, Y, Z) a tranzitní čas signálu. Pozorujeme-li současně čtyři družice, můžeme vytvořit čtyři rovnice a neznáme vypočítat.

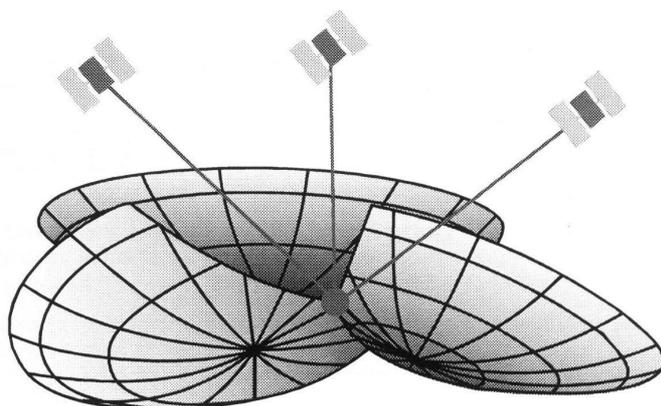
Postupně počítáme vzdálenost ke každé družici podle Newtonova zákona

$$\text{Vzdálenost} = \text{Rychlost} \times \text{Čas}$$

Na příklad, je vhodné počítat vzdálenost dráhy, kterou urazil signál z družice, známe-li rychlost signálu a čas potřebný k jeho cestě.

GPS požaduje, aby přijímač vypočetl vzdálenost mezi přijímačem a družicí.

Rychlost je rychlost rádiových vln, které mají rychlost světla, tj 290000 km/vt.

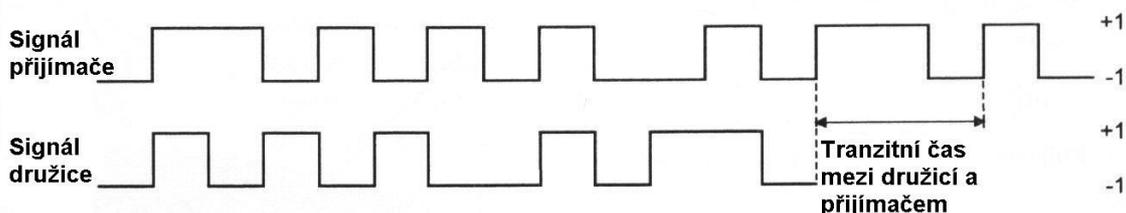


Obr. č. 3.5: Princip stanovení polohy změřením délek od tří bodů.

Čas je doba, která uplynula od vyslání signálu družicí k jeho přijetí přijímačem. To je malá nepříjemnost pro výpočet, poněvadž potřebujeme znát okamžik vyslání a okamžik příjmu signálu.

Výpočet probíhá takto:

Signál družice je modulován dvěma kódy, C/A kódem a P-kódem. C/A kód je vytvořen pomocí velmi přesných atomových hodin. Přijímač obsahuje také hodiny, které se používají ke generování C/A kódu. V přijímači se provede korelace přijatého kódu z družice a vygenerovaného kódu přijímačem.



Obr. č. 3.6: Korelace dvou signálů

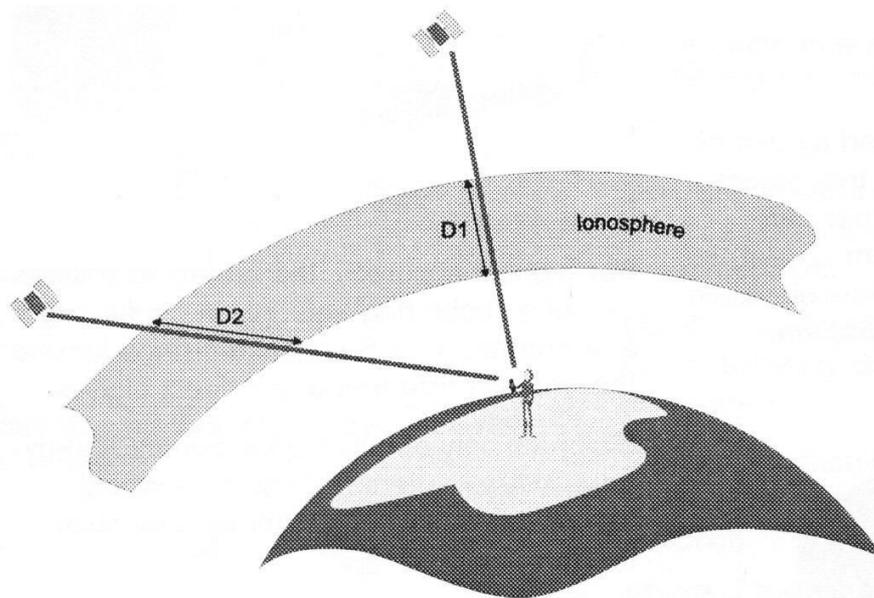
C/A kód je digitální kód, který je pseudonáhodný a nebo se jeví jako náhodný. Ve skutečnosti však není náhodný a opakuje se tisíckrát za vteřinu. Tímto způsobem je cesta rádiového signálu z družice k přijímači vypočtena. Až dosud se zdá, že určení polohy pomocí GPS je velmi přesné a bezchybné. Bohužel celá řada zdrojů chyb degraduje teoretickou polohu až o několik desítek metrů.

## 3.2 Zdroje chyb měření

### 3.2.1 Ionosférická a atmosférická refrakce

Když prochází družicový signál ionosférou, může se zpomalit a posunout podobně, jako když světlo prochází skleněnou deskou. Atmosférická refrakce je závislá na změně rychlosti signálu v důsledku větší hustoty vzduchu (rychlost světla je konstantní pouze ve vakuu). Ionosféra nepůsobí konstantně na signál. Je zde několik vlivů, které refrakci ovlivňují.

- a. **Výška družic nad obzorem.** Signál z nízko letící družice je ovlivněn více než signál z družice letící blízko zenitu. Je zřejmé, že se musí zvětšit vzdálenost, když signál prochází atmosférou.



Obr. č. 3.7: Vliv výšky družice na velikost refrakce

- b. **Hustota ionosféry je závislá na Slunci.** V noci, je vliv ionosféry velmi malý. Ve dne roste vliv Slunce na ionosféru a zpomaluje signál. Hodnota hustoty ionosféry je závislá na sluneční aktivitě, která má jedenáctiletý cyklus. V roce 2000 probíhalo její maximum. Vedle toho se také může nahodile vyskytovat sluneční bouře, a také působit na ionosféru.

Ionosférická refrakce se může potlačit dvěma metodami:

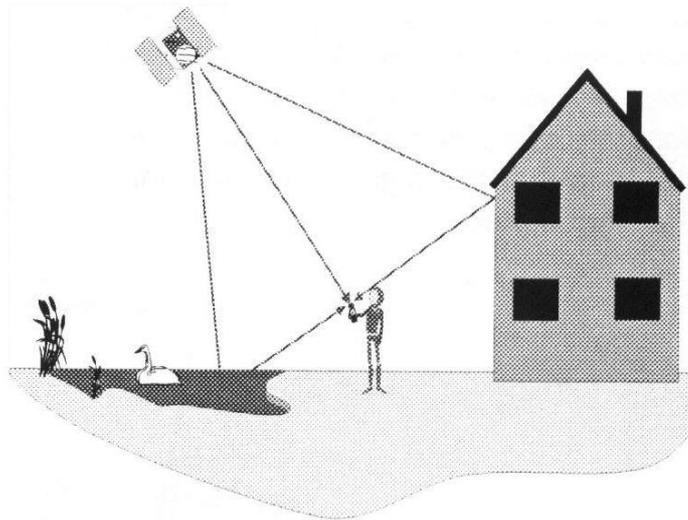
- první metoda odstraňuje průměrné snížení rychlosti světla při průchodu ionosférou. Tento korekční faktor může být aplikován pouze na průměrný stav ionosféry, které se však v čase mění. Tato metoda není optimálním řešením pro snížení vlivu ionosférické refrakce.
  - druhá metoda se používá u „dvoufrekvenčních GPS přijímačů“. Takový přijímač měří na frekvencích L1 a L2. Je známo, že rádiový signál při průchodu ionosférou je zpomalen nepřímo úměrně své frekvenci. Proto, když jsou přijaté signály srovnány, můžeme udělat přesný odhad jejich zpoždění. Je třeba zdůraznit, že to je možné pouze u dvou frekvenčních přijímačů a že většina přijímačů pro navigační využití jsou jedno frekvenční.
- c. **Také vodní pára působí na GPS signál.** Vodní pára obsažena v atmosféře působí také na GPS signál, Tento vliv, který vyvolává chybu v poloze, může být snížen užitím atmosférického modelů.

### 3.2.2 Chyby hodin družice a přijímače

*I když hodiny na družici jsou velmi přesné (chyba do 3 nanosekund), přesto se čas od času zpomalují a vzniká malá chyba, která ovlivňuje přesnost v určení polohy. Ministerstvo obrany USA monitoruje družice a pomocí řídicího segmentu může odchylku opravit, když ji zjistí.*

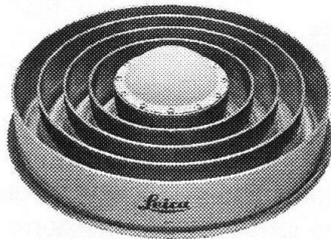
### 3.2.3 Multipath

Multipath se objeví, když anténa přijímače je umístěna blízko velké odrazné plochy, jako vodní plocha nebo budova. Družicový signál nepřichází přímo k anténě, ale zasáhne blízký objekt, odrazí se k anténě a měření je chybné.



Obr. č. 3.8: Princip vzniku Multipathu

Multipath se dá redukovat použitím speciálních antén, které jsou umístěny na základové desce (kruhový kovový disk okolo 50cm v průměru), který preventivně odstraňuje ploché signály.



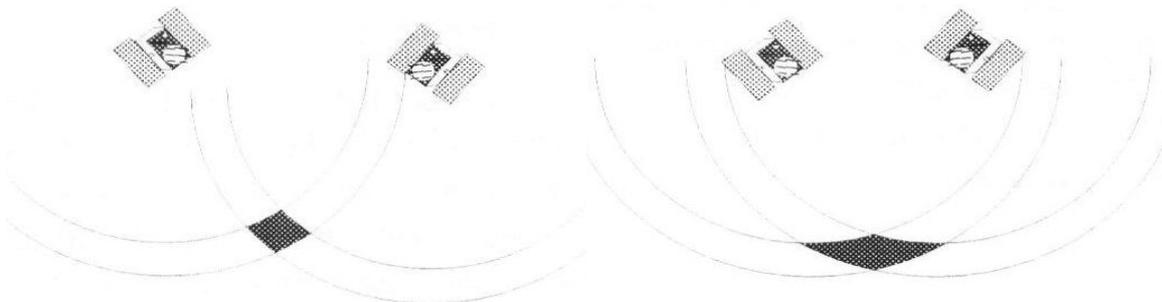
Pro větší přesnost se preferuje řešení použitím tlumicí prstencové antény, která se skládá ze 4 až 5 soustředných prstenců okolo antény, které zadrží odražené signály.

Obr. č. 3.9. Prstencová anténa

Multipath působí pouze při velmi přesných měřeních. Přijímače pro jednoduchou ruční navigaci taková zařízení nepoužívají.

### 3.2.4 Snížení přesnosti

Snížení přesnosti DOP (Dilution of Precision) je míra vlivu geometrie družic a je odvozena od prostorové polohy družic na obloze. DOP může mít hlavní vliv na chybu určení polohy. Dobré rozložení družic na obloze chybu v poloze snižuje naopak nevhodné rozmístění zvětšuje (viz obr. 4.15).



Obr. č. 3.10: Princip snížení přesnosti v určení polohy

Různé typy DOP mohou být počítány pro různé rozměry.

- VDOP – udává snížení přesnosti ve vertikálním směru,
- HDOP – udává snížení přesnosti v horizontálním směru
- PDOP – udává snížení přesnosti v prostorové poloze
- GDOP – udává snížení přesnosti v poloze a čase

Nejvíce používaný ukazatel je GDOP, který je kombinací všech faktorů. Některé přijímače počítají PDOP nebo HDOP bez ohledu na čas.

Nejlepším způsobem k minimalizaci vlivu GDOP je měření v době, kde je k dispozici větší počet družic. Nicméně je třeba pamatovat, že signály z nízké nad obzorem letících družic jsou obecně zatíženy větším množstvím zdrojů chyb.

Obecně se doporučuje k dosažení nejlepších výsledků, vyloučit z měření družice, které jsou v menší výšce než  $15^\circ$  nad obzorem. Nejpřesnější se obecně vypočítá když GDOP je nižší než 8.

### 3.2.5 Výběrový přístup (S/A – Selective Availability)

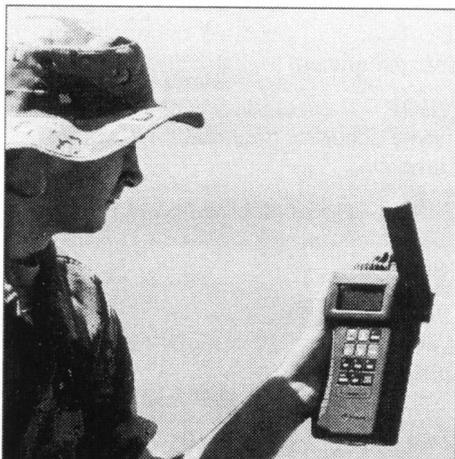
Výběrový přístup je proces, který uplatňuje ministerstvo obrany USA na GPS signál. Může nezávisle odmítnout civilním a nepřátelským ozbrojeným silám úplnou přesnost GPS úpravou družicových hodin jejich zpožděním. Navíc, efemeridy vysílané družicemi jsou trochu jiné než ve skutečnosti. Výsledkem je menší přesnost v určení polohy.

To působí problémy civilním uživatelům, kteří používají pouze jeden GPS přijímač k určení své polohy. Uživatelé diferenčních systémů s tím nemají problém.

Je třeba poznamenat, že toto znehodnocení systému GPS bylo v roce 2001 zrušeno.

### 3.2.6 Anti-Spoofing (A-S)

Anti Spoofing podobně jako S/A zabraňuje civilním a nepřátelským armádním silám v přístupu k P-kódu a proto je přístupný pouze C/A kód, který mohl být znehodnocen S/A.



Anti Spoofing zakódoval P-kód do signálu zvaného Y-kód. Pouze uživatelé vojenských GPS přijímačů (USA a jejich spojenci) mohou vygenerovat tento Y-kód.

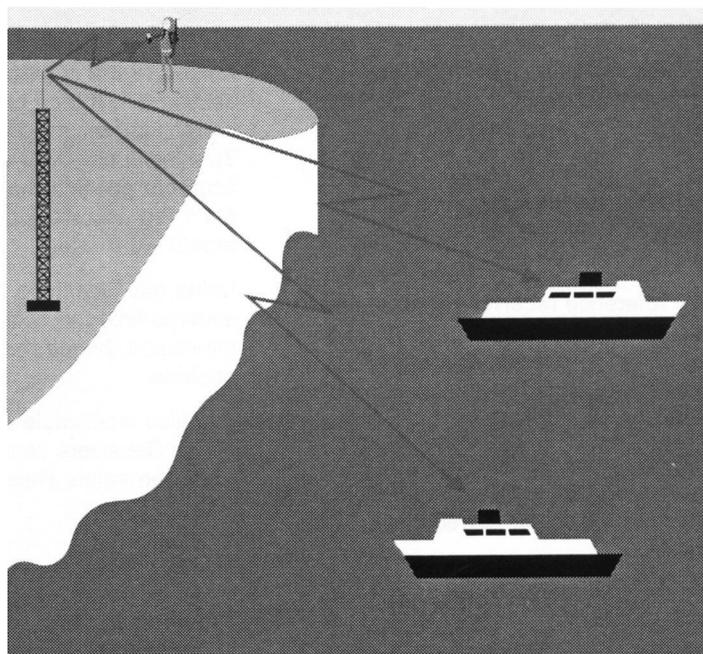
Vojenské GPS přijímače jsou více přesné proto, že nepoužívají C/A kód k výpočtu polohy, ale používají P-kód.

Obr. č. 3.11: Armádní ruční GPS přijímač

P-kód je modulován na nosné vlně 10,23MHz, kdežto C/A-kód na nosné vlně 1,023 MHz. Obecně musí být poloha vypočtena z P-kódu 10krát přesněji než z C/A kódu. Protože armádní přijímače mohou přijímat přesný Y-kód je poloha jimi určená okolo 5m, kdežto civilní přijímače podle typu dosahují přesnosti od 15 do 100m.

### 3.3 Diferenční metody měření (DGPS) v reálném čase

Řada chyb působících během měření může být zcela eliminována nebo podstatně potlačena užitím diferenční metody měření. DGPS poskytuje civilním uživatelům zpřesnění polohy ze 100m na 2-3m nebo lepší a používá se v řadě civilních aplikacích.



Obr. č. 3.12: DGPS referenční stanice vysílá data uživatelům

#### 3.3.1 Referenční přijímač

Anténa referenčního přijímače se umísťuje nad bod, jehož polohu z dřívějšího měření známe. Tomuto přijímači říkáme „referenční stanice“ nebo „základnová stanice“.

Po zapnutí přijímač přijímá družicové signály a počítá svoji polohu tak, jak to bylo popsáno v kapitole 4.3.

Protože je na známém bodě, může přijímač velmi přesně odhadnout, jak se mění poloha určená z družic.

Referenční přijímač může proto určit rozdíly mezi danými a vypočtenými souřadnicemi. Tyto rozdíly jsou označeny jako korekce. K referenční stanici je připojeno rádio, kterým se tyto korekce vysílají.

#### 3.3.2 Podrobný (rover) přijímač

Podrobný přijímač je na určovaném bodě. Rovněž k tomuto přijímači je připojeno rádio, které přijímá vysílané korekce pro podrobnou stanici.

Podrobný přijímač také počítá svoji polohu z družic, jak je uvedeno v kapitole 4.3. když pro výpočet použije i získané korekce, zpřesní se podstatně výpočet polohy, i když vlastní měření bylo nepřesné.

Použitím této technologie jsou minimalizovány všechny chyby, jak byly uvedeny v kapitole 4.4, proto je poloha určena velmi přesně.

Je také třeba poznamenat, že korekce může přijímat více podrobných stanic z jedné referenční stanice.

### 3.3.3 Další podrobnosti

DGPS byl popsán ve velmi jednoduše v předcházející kapitole. Ve skutečnosti, je to více méně rozsáhlejší problém.

Velký význam má rádiové spojení. Je řada typů rádiových spojů, které vysílají s různým dosahem a různých frekvencích. Výkon rádia je závislý na různých faktorech jako:

- Frekvence rádia
- Dosah rádia
- Typ a zisk rádiové antény
- Poloha antény

Pracovní síť přijímačů a výkonných rádiových vysílačů byla zavedena pouze u pobřeží na zabezpečené frekvenci. Tyto sítě jsou známy jako vysílací majáky. Uživatelé této služby (většinou námořní síly pohybující se u pobřeží) proto pořizují GPS přijímače, které mohou zachytit vysílání majáků. Tento systém je zaveden na pobřeží řady států.

V druhém případě může být pro přenos korekcí využita síť mobilních telefonů.

Obecně lze říci, že jak systém majáků, tak i jiné systémy pracují na soukromé bázi a jsou většinou provozovány za úplaty. Proto se také navrhuje státní systémy takové jako je Federal Aviation Authority's satellitebased Wide Area Augmentation System (WAAS) v USA, evropský European Space Agency's (ESA) aj.

Zde je užíván společný standardní formát přenosu GPS dat, tzv. RTCM formát. Ten platí pro Radio Technical Commission Maritime Services, Průmyslem sponzorovanou neziskovou organizací, Tento formát je společně užíván všude ve světě.

### 3.4 Relativní fázové měření a řešení ambiguit

Relativní fázové měření se používá hlavně v geodézii a v průmyslu, když chceme určit polohu s přesností 5 – 50 mm. Použitá metoda na rozdíl od dříve popsaných metod je založena na statistické analýze.

Relativní měření vychází z předpokladu, že současně měří nejméně dva GPS přijímače. Je podobná diferenční metodě měření která byla popsána v kapitole 4.5.

Referenční přijímač je postaven na stanovisku s určenými nebo známými souřadnicemi. Druhý přijímač se pohybuje po podrobných bodech. Mluvíme o podrobném (rover) přijímači. Počítají se základní mezi referenční a podrobnou stanicí.

Základní postup je stejný jako předešlý, měření vzdáleností od čtyř družic a výpočet polohy z těchto vzdáleností.

Velký rozdíl je však v tom, jak jsou tyto vzdálenosti určeny. V tomto místě si musíme definovat proměnlivé části GPS signálu.

**Nosná vlna.** Sinusové vlnění na frekvenci L1 a L2 vytvářené družicí. L1 vlnění je generováno o frekvenci 1575,42 MHz, L2 vlnění o frekvenci 1227,6 MHz.

**C/A kód** je modulován na nosné vlně L1 s frekvencí 1,023 MHz

**P- kód** je modulován na obou nosných vlnách L1 a L2 s frekvencí 10,23 MHz.

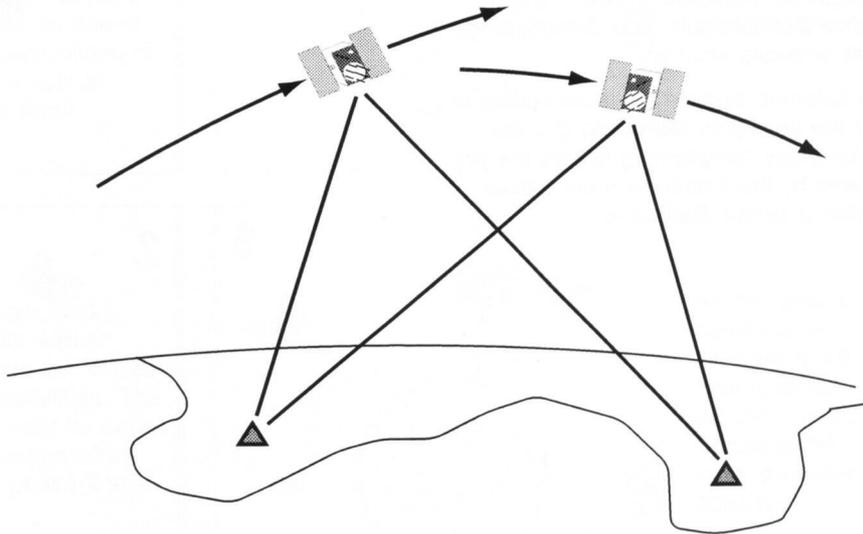
#### 3.4.1 Využití fázových měření

Fáze nosné vlny se používá, protože lze zajistit mnohem větší přesnost měření k družicím, než mohou kódová měření pomocí C/A kódu nebo P-kódu. Nosná vlna L1 má délku 19,4 cm. Když určíme počet celých vlnových délek mezi přijímačem a družicí, určíme velmi přesně vzdálenost k družici.

### 3.4.2 Dvojitá diference

Základní chybou, když určujeme polohu jedním přijímačem, je nepřesnost hodin na družici a v přijímači. Cestou k odstranění této chyby je technika známá jako dvojitá diference.

Mějme dva GPS přijímače a měřme na dvě různé družice, eliminovat chybu družicových hodin se nám podaří za předpokladu, že chybu hodin přijímače známe s přesností dostatečnou ke správnému výpočtu geometrické vzdálenosti.



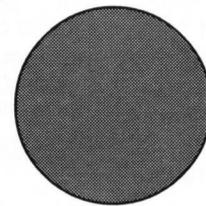
Obr. č. 3.13: Dvojitá diference

### 3.4.3 Ambiguity a jejich řešení

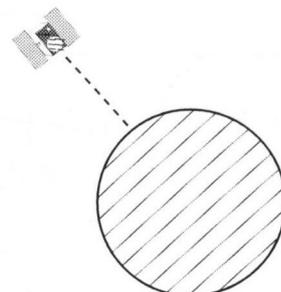
Po odstranění chyby hodin dvojitou diferencí, můžeme určit celý počet vlnových délek mezi družicí a anténou přijímače. Problémem je, že je příliš mnoho odhadů možných hodnot ke každé družici. Tímto řešením jsou ambiguita. Statistickými metodami můžeme vyřešit ambiguita jako nejpravděpodobnější řešení.

Na následujících obrázcích je ukázáno, jak tato statistická metoda pracuje. Některé komplikace procesu jsou zanedbány, ale obrázky tuto metodu dobře představují.

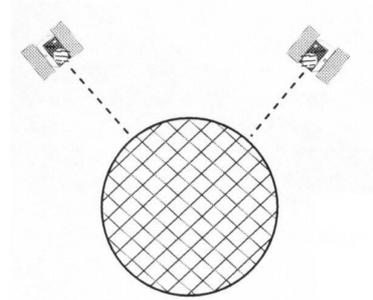
1. Diferenciální kód se použije k získání přibližné polohy. Přesné řešení musí ležet uvnitř tohoto kruhu.



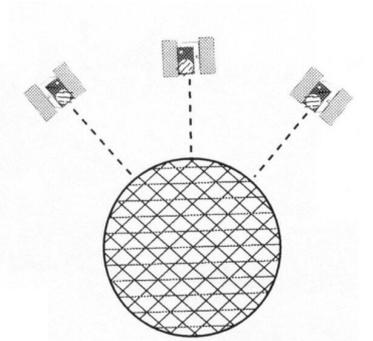
2. Řada celých vln od jedné družice protíná kružnici jak uvnitř tak vně. Přesný bod musí ležet na jedné z linií vytvořené celou vlnou uvnitř této kružnice.



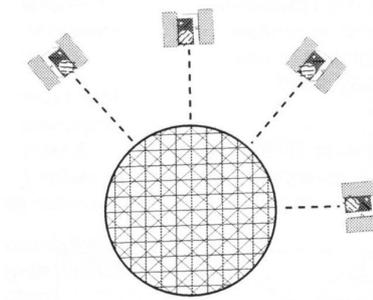
3. Když je zaměřen druhá družice, vytvoří se druhá řada celých vln. Bod musí ležet na průsečíku obou soustav čar.



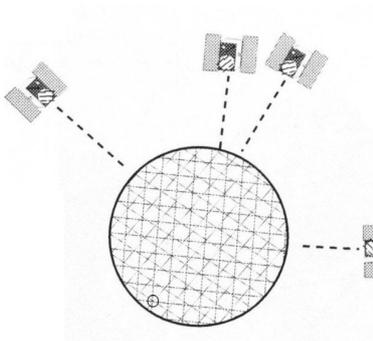
4. Přidáním třetí družice se dále zúží řešení, které bude řešení ležet v průsečíku všech tří linií.



5. Přidáním čtvrté družice se počet řešení dále zúží.



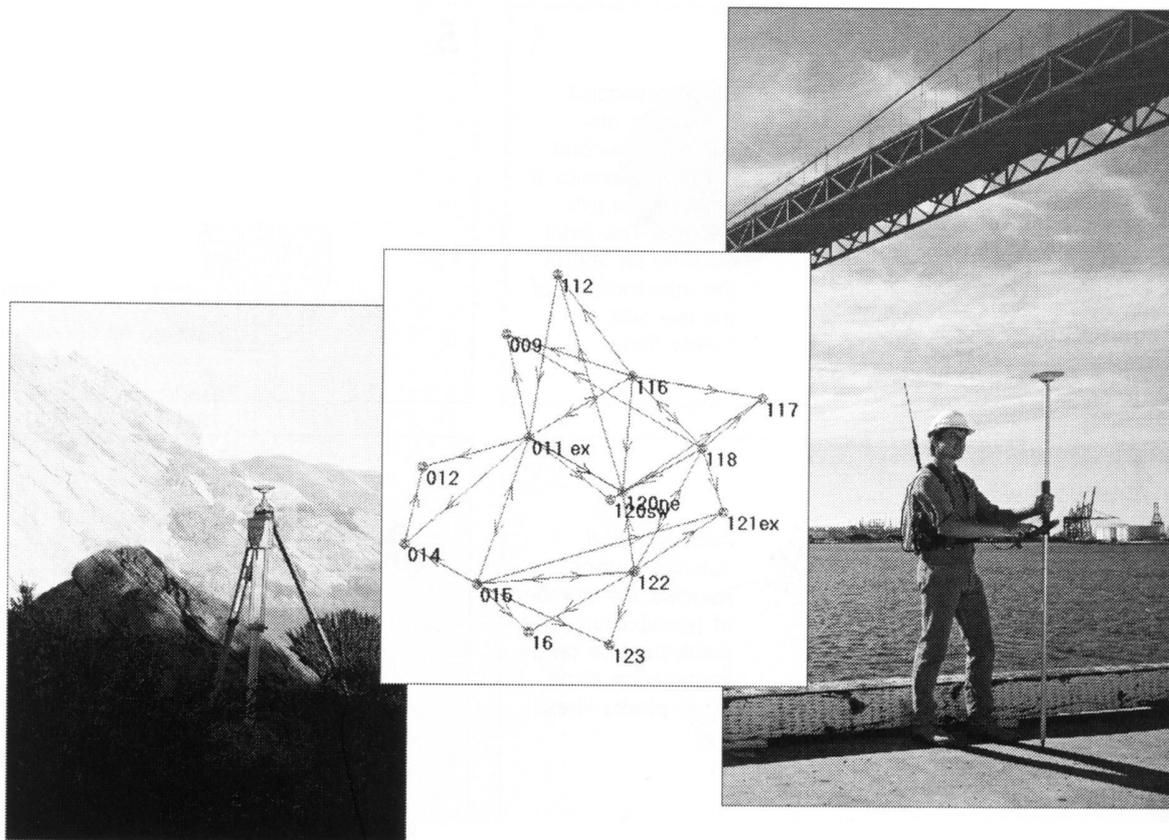
6. Jak se mění uspořádání družic, budou mít tendenci se otáčet kolem jednoho bodu, který bude nejpravděpodobnějším řešením ambiquity.



## 4 Geodetická měření s GPS

Pravděpodobně pro geodety a inženýry jsou více důležité praktické zkušenosti s využitím GPS než teorie GPS.

Jako jakýkoli nástroj, i GPS je pouze takové, jaký je operátor. Správný plán a příprava všech podstatných složek úspěšného měření, i uvědomění si schopností a omezení GPS.



Obr. č. 4.1: Geodetické využití GPS

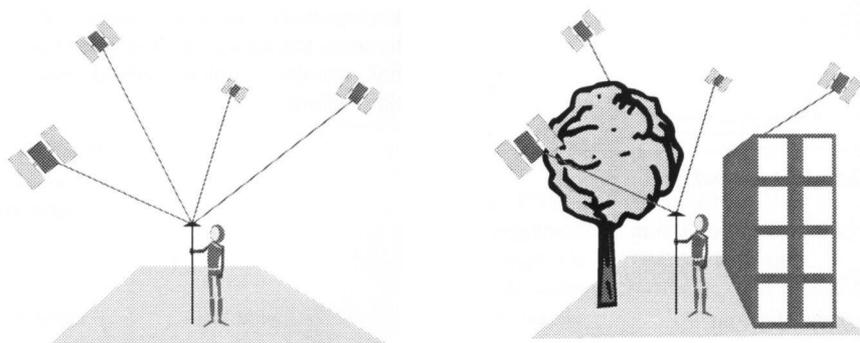
#### 4.1 Výhody GPS

GPS má četné výhody proti klasickým měřickým metodám:

- Není nutná viditelnost mezi body
- Lze ji použít v jakoukoliv denní dobu a při jakémkoliv počasí
- Naměřené výsledky mají velmi vysokou geodetickou přesnost
- Většina prací může být provedena v kratším čase a s méně lidmi.

#### 4.2 Omezení GPS

Aby GPS pracovalo, je nutné, aby GPS anténa mohla přijímat signál od nejméně 4 družic pohybujících se 15° nad obzorem. Současně nesmí být družicový signál blokován vysokými budovami, stromy aj. Kromě toho nelze měřit GPS uvnitř staveb, v podzemí apod. Je tedy obtížné používat GPS v centrech měst nebo v lese.



Obr. č. 4.2:  
Podmínky použití  
GPS

Tato omezení musíme nahradit klasickým měřením elektronickými tachymetry nebo jejich kombinací s GPS.

### 4.3 Metody měření

Existuje několik metod měření, které se mohou použít většinou měřických GPS přijímačů. Měřič může volit následující aplikace:

**Statická metoda** – Používá se pro měření dlouhých základen, v geodetických sítích, při studiu pohybů tektonických ker apod. Nabízí vysokou přesnost u dlouhých základen, ale je poměrně pomalá.

**Rychlá statická metoda** – Používá se ke zřízení podrobného bodového pole, zhušťování bodového pole atd. Nabízí vysokou přesnost u základen do 20 km a je rychlejší než statická metoda.

**Kinematická metoda** – Používá se k podrobnému mapování a měření řady bodů v rychlém sledu. Velmi účinnou cestou změření více bodů, je uzavření do smyčky. Jestliže se při měření vyskytnou překážky jako mosty, stromy, vysoké domy atd. a příjem družicových signálu klesne pod 4, musí se přijímač znovu inicializovat po dobu asi 5 – 10 minut. Patří sem STOP and GO metoda, kinematická metoda s inicializací a kinematická metoda On the Fly bez inicializace.

**RTK** – Kinematická metoda v reálném čase používá rádiové spojení k vysílání družicových dat z referenční stanice na podrobnou stanici. To dovoluje vypočítat a zobrazit souřadnice v reálném čase, kdy se měření provedlo. Používá se podobně jako kinematická metoda. Měřit lze jak ve WGS84 souřadnicích, tak i v národních souřadnicových systémech, lze dokonce i vytyčovat body podle zadaných souřadnic.

### 4.4 Technická data GPS přijímačů Leica systému 300 a 500

V dalším budou uvedena základní technická data GPS přijímačů, kterými je vybaven Institut geodézie a důlního měřictví na VŠB TU Ostrava.

Přijímač	SR399	SR510	SR530
Typ přijímače	Dvou frekvenční, geodetický	Jedno frekvenční, měřický	Dvou frekvenční, geodetický, RTK
Metody měření	Statická, Rychlá statická, Stop and Go, Kinematická, On the Fly	Statická, Rychlá statická, Kinematická, DGPS	Statická, Rychlá statická, Kinematická, RTK, DGPS
Měření na L1	9 kanálů, fázová měření C/A-kódu, korelace P- kódu	12 kanálů, fázová měření C/A-kódu, korelace P- kódu	12 kanálů, fázová měření C/A-kódu, korelace P- kódu
Měření na L2	9 kanálů, fázová měření P, podpora řešení P-kódu při AS	není	12 kanálů, fázová měření P, podpora řešení P-kódu při AS
Standardní anténa	Součást senzoru SR399	AT501	AT502
Přesnost měření při postprocesingu	Přesnost v poloze = přesnost základny, přesnost výšky = 2xpoloha		
Statická	5mm+1ppm	Nepoužívá se	3mm+0,5ppm
Rychlá statická	5-10mm+1ppm	5-10mm+1ppm	5mm+1ppm
Stop and Go	10-20mm+1ppm	Nepoužívá se	Nepoužívá se

Přijímač	SR399	SR510	SR530
Kinematická	10-20mm+1ppm	10-20mm+1ppm	10mm+1ppm
Navigace	50cm	30cm	30cm
Přesnost měření v reálném čase a DGPS/RTCM	Přesnost v poloze = přesnost základny, přesnost výšky = 2xpoloha		
Statická po inicializaci	Nepoužívá se	Nepoužívá se	5mm+2ppm
Podrobná po inicializaci	Nepoužívá se	Nepoužívá se	10mm+2ppm
Navigace a DGPS/RTCM	Nepoužívá se	30 cm	30 cm
Baterie	12V/7Ah - 6hod	2x6V/3,6Ah – 7,5hod	2x6V/3,6Ah – 6hod
Paměťová karta PCMCIA	2MB	16MB	16MB
Vnitřní paměť	1MB	Není k dispozici	Není k dispozici

Další podrobnosti o uvedených GPS přístrojích a metodách měření jsou uvedeny v manuálech přístrojů a metodice měření s nimi a další odborné literatuře:

*GPS - System 300*, Manuál, Leica AG, Heerbrugg, 1996

*GPS - System 500*, Manuál, Leica Geosystems AG, Heerbrugg, 2000

SCHENK, J. *Návody pro cvičení s přijímači GPS fy Leica*, Učební text pro předmět Speciální geodézie, VŠB-TU Ostrava 1996

SCHENK, J. *Leica – GPS – systém 300*, Učební text, VŠB-TU Ostrava 1999

SCHENK, J. *GPS Systém 500 – Leica Geosystems Měření v reálném čase – cvičení*, Učební text, VŠB-TU Ostrava 2002