Metody zpřesňování určování polohy a času

Metody zpřesňování určování polohy a času

- od počátku systému GPS uvažovali konstruktéři o možných metodách zpřesňování určování polohy.

- postupy začaly vznikat po té, co byl systém uveden do provozu a začal být využíván především civilními uživateli, kteří neměli přístup k přesné polohové službě.

- metody jsou založeny:

a) na zvláštní organizaci a zpracování měření **(průměrování)**

b) na využití dalšího technického vybavení **(diferenční GPS)**

Tyto systémy jsou často označovány jako **rozšiřující systém GPS**

Průměrování

- vyhodnocování měření přijímači GPS průměrováním bylo vyvinuto již před mnoha lety.

- výhodou je, že není závislý na diferenčních korekcích
  => můžeme měřit jen jediným přijímačem

- nevýhodou: potřeba dlouhodobého měření na jednom bodě.

= na bodě, jehož polohu chceme určit, provedeme mnohahodinové měření s frekvencí vzorkování 1 sekunda a z naměřených dat spočítáme průměrnou hodnotu.

- praktické výsledky ukázaly, že po 8 hodinách měření již přesnost určení polohy nijak výrazně nestoupá

Diferenční GPS

Diferenční GPS (DGPS) je založená principiálně na **relativním určování polohy**.

- vytváří nezbytné technické a metodické zázemí pro relativní určování polohy.

- umožňuje významné zvýšení přesnosti určování polohy v reálném čase.

-běžně se vyhodnocování diferenčních měření provádělo až dodatečně, proto nebylo možné tato měření použít např. pro potřeby navigace.

- zkušenosti prokázaly výhody - výrobci začali vybavovat své přijímače nezbytnými komunikačními kanály, umožňujícími přivádět do přijímače potřebné korekční údaje z referenční stanice
- provádět toto zpracování v reálném čase (RTK)

- po celém světě začaly organizovat služby, které provozují sítě referenčních stanic a zajišťují nepřetržité a veřejné vysílání korekčních údajů.

- služby vznikaly nejprve v oblasti lodní dopravy podél pobřeží a významných vnitrozemních vodních cest ve Spojených státech amerických, ale dnes se budují i jinde

- I když jsou tyto služby určené primárně pro navigaci, lze je dosti dobře využít i pro potřeby mapování.

- dalším krokem v rozvoji: budování sítí referenčních stanic a nezbytných vysílačů ve vnitrozemí.

I u nás se v uplynulých letech objevilo několik projektů vybudování sítě DGPS.

- Katedra radioelektroniky ČVUT Praha

- Toto pracoviště se problematice systému GPS věnuje již od 80. let, kdy pracovníci katedry vyvinuli první český přijímač GPS.

- V roce 1995 zde začal experimentální provoz referenční stanice DGPS

- data jsou dostupná jednak zpětně prostřednictvím Internetu a jednak jsou vysílána v pásmu FM v rámci kanálu RDS vysílače Regina 92.6 MHz.

-pro jeho přijem je nezbytné zakoupit speciální přijímač a klíč v podobě čipové karty, který by umožňoval příjem diferenčních korekcí po sjednanou dobu. Po vyčerpání kvóty by bylo nutné zakoupit novou čipovou kartu.

- druhou možností, která byla testována, bylo vysílání diferenčních korekcí dlouhovlnným vysílačem Poděbrady. I zde bylo nezbytné zakoupit speciální přijímač. Tato služba však dnes není v provozu.

CZEPOS

http://czepos.cuzk.cz/

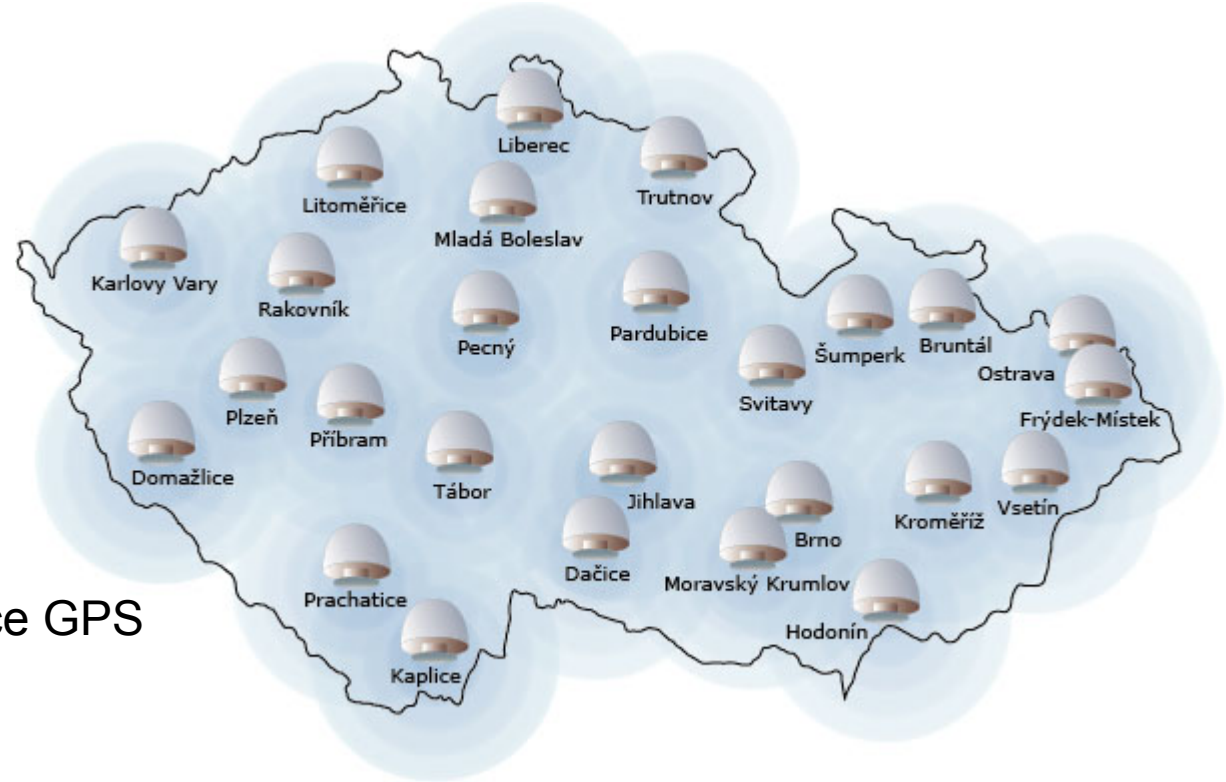
CZEPOS = síť permanentních stanic GPS umožňující

uživatelům přesné určení pozice na území ČR.

» 26 permanentních stanic

» rovnoměrně rozmístěné po ČR

» vzdálenost cca 60km



» nepřetržitě 24 hodin denně observace GPS

» pravidelně každou vteřinu registruje

» registrovaná data - průběžně zpracovávána v řídícím centru CZEPOS

Diferenční korekce

Diferenční GPS poskytuje uživatelům diferenční korekce pro opravu určování polohy

Diferenční korekce mohou být dvojího druhu :

korekce polohy – referenční stanice počítá z přijímaných signálů polohu referenční stanice, porovnává ji se skutečnou polohou (získanou např. geodetickým měřením) a produkuje přímo korekce v podobě korekce geografických souřadnic nebo korekce kartézských souřadnic - jejichž přičtením k aktuální poloze získané mobilním přijímačem GPS získáme přesnější polohu tohoto přijímače.

Nevýhodou je, že korekce i poloha mobilního přijímače by měly být určeny ve stejném okamžiku pomocí totožné sady družic GPS.

-prakticky je tato podmínka obtížně splnitelná, protože v případě referenční stanice by to znamenalo, že by měla produkovat korekce pro kteroukoliv čtveřici z viditelných družic

korekce zdánlivých vzdáleností -referenční stanice počítá korekce pro jednotlivé zdánlivé vzdálenosti.

- klade mnohem větší nároky na konstrukci referenční stanice
- poskytuje daleko větší pružnost uživatelům.

=> referenční stanice musí v takovémto případě vypočítat skutečnou vzdálenost k družici
> z přijatých signálů vypočítat zdánlivou vzdálenost,
  > určit nezbytnou korekci na odchylku hodin přijímače
    > potom lze určit vlastní opravu na zdánlivou vzdálenost.

Určení korekce na chybu hodin přijímače referenční stanice je nejobtížnější operací.

Provádí se a) pomocí modelování chování hodin přijímače
b) připojením atomové hodin - výrazně tím sice stoupne cena referenční stanice, avšak zkvalitní se určování korekcí.

Korekční údaje se na referenční stanici aktualizují zpravidla v intervalu 20 sekund.

Jejich platnost se udává do vzdálenosti maximálně prvních stovek kilometrů v případě kódových měření a maximálně první desítky kilometrů v případě fázových měření.

Přesnost korekcí s rostoucí vzdáleností od referenční stanice klesá.

Frekvence aktualizace korekčních údajů je závislá na třech faktorech:

- rychlosti změn opravovaných chyb
- požadované výsledné přesnosti
  - kapacitě přenosového kanálu.

Pro přenos korekčních údajů od referenčních stanic k uživatelům pro kódová měření je definován standard RTCM SC-I04 , který dnes respektují všichni výrobci přijímačů i všichni provozovatelé sítí DGPS.

V případě fázových měření (RTK) je nezbytné přenášet na pohyblivé stanice přímo data naměřená referenční stanicí. Vzhledem k jejich objemu již nepřichází v úvahu použití standardu SC-I04 a proto se používají formáty odlišné, např. CMR2.

Referenční stanice

= GPS přijímač umístěný na bodě s přesně známou polohou, jehož programové vybavení umožňuje sledovat všechny viditelné družice a počítat pro ně korekční údaje.

- korekce by měly být určeny na základě stejné sady družic se stejným DOP, kterou používá pro měření vzdálený přijímač, aby byla opravdu splněna podmínka stejných chyb.

- RS byly dříve budovány na bázi přesných přijímačů GPS, vybavených počítačem se speciálním programovým vybavením pro výpočet diferenčních korekcí v reálném čase.

- korekce pak byly publikovány buďto prostřednictvím vysílače nebo Internetu.

- uživatelské přijímače musí mít k dispozici korekce pro všechny družice, jejichž signály mohou přijímat.
- přijímač referenční stanice proto musí být schopen přijímat signály všech viditelných družic (12 kanálový).

- postupem času se konstrukce RS vyvinula do mnohem komplikovanější podoby.

- špičkové referenční stanice jsou konstruovány jako redundantní, s externími (špičkově až atomovými) hodinami.

Následné zpracování = postprocessing

- v počátcích budování sítě referenčních stanic není nezbytně nutné, aby tyto stanice vysílaly korekční údaje v reálném čase (pokud nejsou určené pro navigaci).

- stačí, aby byla každá referenční stanice připojena k počítači připojenému k telefonu a vybavenému službou zvanou BBS případněk Internetu.

- každý uživatel může snadno spojit s touto službou a přenést si korekční údaje pro časový úsek, kdy prováděl měření.

- pak stačí společně zpracovat data naměřená v terénu a data z referenční stanice a získat tak potřebné výsledky.

Zpracování v reálném čase

Pokud chceme získat přesné výsledky přímo v terénu , musíme využít zpracování v reálném čase.

=> musíme být nějakým komunikačním kanálem přímo napojeni na referenční stanici.
- většinou používá k přenosu dat formát RTCM SC-I04.

Přenos diferenčních korekcí

- **radiové vysílače**
  - **KV** -mají poměrně velký dosah, ale nevýhodou je potřeba velké antény

  - **VKV a UKV** -používají malé a lehké antény
    - nevýhodou je, že mezi přijímači musí být přímá viditelnost.
    V případě VHF je další nevýhodou omezený dosah (několik km).

- pro vlastní spojení je nezbytné mít dva digitální radiomodemy = vysílačky se zabudovanými modemy s přenosovou rychlostí obvykle 9600 Bd
- jeden se připojí k referenční stanici a ta se nastaví do modu vysílání
- druhý se připojí k mobilní stanici a ta se nastaví do modu příjem.

- **bezdrátové datové sítě**

- **mobilní telefony** -v současné době se sítě mobilních telefonů GSM stávají široce akceptovaným médiem pro přenos diferenčních korekcí
  - jejich výhodou je snadná dostupnost
  - akceptace ze strany výrobců přijímačů a doplňkového technického vybavení a
  - velice dobré pokrytí území signálem
  - diskutabilní jsou provozní náklady

- **klasický telefon** -zde jsou problémy s připojením
- **počítačové sítě jako je Internet**

Zdroje diferenčních korekcí

Real-time

Omnistar: placená služba

- OmniSTAR Virtual Base Station (VBS)
- OmniSTAR-HP (High Performance)

CVUT Praha: placená služba

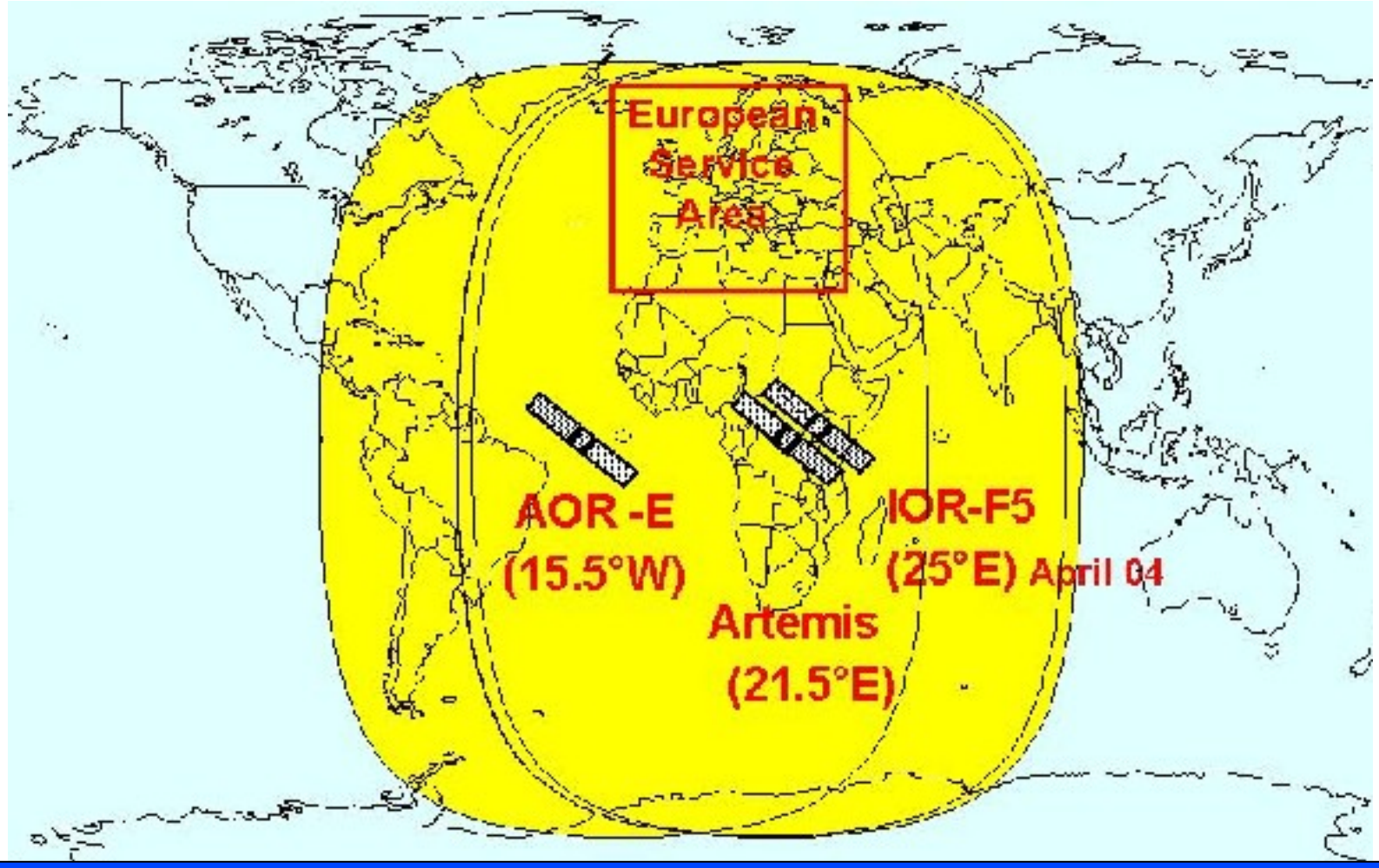
EGNOS: zdarma

Postprocessing

- Pecný (Ondřejov)
- VUT Brno
- TRANSGAS Brno

E G N O S *(The European Geostationary Navigation Overlay Service)*

- systém se skládá z:
    - 3 geostacionárních družic
    - 34 pozemních vysílačů
    - 4 pozemních kontrolních center



Pseudodružice

Pseudodružice = pozemní vysílače, které se přijímači jeví jako další družice systému GPS.

- další přístup k řešení problematiky zpřesňování určování polohy

- umožňují v případě některých extrémních aplikací dále zpřesnit určování polohy

-> typickým příkladem je použití pseudodružice na letišti, tak aby se zpřesnilo určování výšky letadla a umožnilo se tak automatické navádění letadel na přistání včetně dosednutí na přistávací dráhu.

- pomocí několika takovýchto vysílačů lze dokonce vytvořit velice přesný lokální navigační systém.

- poprvé byly pseudodružice použity na samém počátku vývoje systému GPS, kdy se principy navigace s GPS ověřovaly právě s využitím pozemních vysílačů, nahrazujících doposud nevypuštěné družice

<u>Nevýhody</u> pseudodružic
- musí být vždy zajištěna přímá viditelnost mezi přijímačem a vysílačem.
- max. dosah nesmí překročit 50 km,
- min. vzdálenost mezi 2 vysílači musí být alespoň 54 km
- cena

Koncepčně tedy mohou být pseudodružice řešeny dvěma způsoby

- samostatný vysílač imitující družice GPS - vysílá zpravidla nepřetržitě celou škálu signálů, vysílaných družicí GPS na frekvenci L1.

- vysílač spojený s referenční stanicí - data vysílaná pseudodružicí obsahují i diferenční korekce a vysílač obvykle nevysílá trvale, ale přerušovaně podle určitého pseudonáhodného schématu

Přijímač schopný přijímat a zpracovávat signály pseudodružic se koncepčně neliší od běžného přijímače GPS, musí:

- mít dostatečný počet vstupních kanálů

- být schopen generovat 51 pseudonáhodných kódů vyhrazených pro pseudodružice

- mít modifikované programové vybavení tak, aby byl schopen zpracovávat data vysílaná pseudodružicí. -> je schopen na signálech pseudodružice provádět kódová i fázová měření.

Využití pseudodružic:
jako doplněk zvyšující robustnost klasických kódových měření

- zlepšení diferenčních kódových měření
  - zlepšení fázových měření
    - obrácená metoda určování polohy
    - použití pseudodružic v budovách

RAIM

Pro některé kritické aplikace (jako je například navigace) jsou časové intervaly nezbytné pro detekci a indikaci chybových stavů družic systému GPS nepřijatelně dlouhé.

RAIM = autonomní kontrolní systémy, zabudovávané přímo do navigačních přijímačů určených pro letadla a zabezpečující indikaci nestandardního chování řádově během několika sekund.

- v závislosti na počtu viditelných družic jsou tyto systémy schopny indikovat výskyt chybného signálu družice, případně i zjistit, která družice ho vysílá.

- pokud je systém GPS používán jako doplňkový navigační systém, pak stačí, aby byl přijímač schopen pouze indikovat problémy.

- kdyby měl být systém GPS používán jako jediný navigační prostředek, musel by být schopen plnit i druhý úkol -identifikovat družici, vysílající chybné údaje a vyřadit ji z vyhodnocování.

- je zapotřebí, aby přijímač přijímal signály z většího než minimálního počtu 4 družic.
při 5 družicích - schopen detekovat problémy
při 6 a více družicích - schopen identifikovat nezdravou družici.

-problémy s integritou jsou detekovány na základě vyhodnocování chyby určení horizontální polohy pomocí zdánlivých vzdáleností.

- přijímač určí svoji polohu pomocí různých 4 družic, z nichž přijímá signály, a pokud se žádná z hodnot příliš neodchyluje od průměru, je vše v pořádku.

- velikost maximální povolené odchylky je dána fází letu, v níž se letadlo nachází a označuje se jako limitní hodnota.

-je-li tato hodnota překročena, pak přijímač vydá varovný signál.

Pro RAIM byla vyvinuta celá řada technik

- **techniky pracující na principu filtrace**
  - ty pracují s minulými a současnými
  - naměřenými hodnotami jakož i s hodnotami predikovanými

- **techniky pracující jen s aktuálními hodnotami**.
  - dneska nejrozšířenější.

Dostupnost RAIM je závislá na počtu viditelných družic a na jejich geometrii.

Kombinace družic s nevhodným geometrickým uspořádáním musí být vyřazeny ze zpracovávání

Jako kritérium se většinou používá parametr HDOP, pro který se stanoví maximální přípustná hodnota HDOPmax.