

Komponenty obecné architektury GNSS

GLOBÁLNÍ NAVIGAČNÍ A POLOHOVÉ SYSTÉMY

Prezentace 3

David Vojtek

Institut geoinformatiky

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

14.03.2023



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Obsah

- Segmenty GNSS
- Prostorový referenční rámec GNSS
- Systémový čas GNSS
- Signály GNSS



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Charakteristika segmentů GNSS a jejich role v celé architektuře
GNSS

SEGMENTY GNSS

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Segmenty GNSS

Kosmický segment

- družice na oběžných drahách
- vysílající signály

Řídicí segment (pozemní)

- infrastruktura pro
 - řízení kosmického segmentu
 - poskytování služeb uživatelskému segmentu

Uživatelský segment

- uživatelé vybavení zařízením pro příjem signálů družic

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Kosmický segment

- Skládá se z **GNSS družic** na **orbitech**
- Celá konstelace družic je dána
 - **Počtem orbitálních rovin**
 - **Parametry orbit družic**
 - **Počtem družic v orbitální rovině**
- Konstelace se vzhledem k Zemi pohybuje
- **Polohu každé družice lze vypočítat**

Parametry oběžných drah družic jsou uloženy v navigační zprávě.

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Příklad konstelace GLONASS

Celkový počet družic na orbitech aktuální	24 nominální (25
Počet orbitální rovin	3 (označení 1, 2 a 3)
Počet slotů na orbitální rovinu	8 (+1) druž. v 1 8 (+1) druž. v 2 8 (+2) druž. v 3
Tvar orbity	kruhová
Výška orbity	19 100 km
Inklinace oběžných drah	64,8°
Oběžná doba	11 h 15 min
Aktivní generace	19 x GLONASS-M 6 x GLONASS-K

14.03.2023

Údaje platné k březnu 2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Účel družic GNSS

- **Vysílat navigační signály směrem k Zemi**
- Zajistit dostatečné pokrytí Zemského povrchu a přilehlého prostoru signály

Co je dostatečné pokrytí Země signály?

- Minimálně dostupný signál čtyř družic
- **Ideálně dostupný signál šesti a více družic**

Ze signálů GNSS družic získá GNSS přijímač uživatelé data potřebná pro vyřešení celé navigační úlohy.

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Družice GNSS

- **Subsystem navigační datové jednotky**
část pro generování signálů družice
- **Subsystem atomových oscilátorů**
atomový frekvenční standart a frekvenční syntetizér
- **Anténní subsystem**
telemetrie řízení družice | vysílání signálů GNSS | komunikace mezi družicemi
- Energetický subsystem a solární jednotky
- Subsystemy pro stabilizaci družice na orbitě
- Pohonný subsystem

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Signály družic GNSS

Družice vysílají:

- Minimálně na dvou nosných frekvencích
- Minimálně dva různé navigační signály
- Minimálně jeden datový signál (navigační zpráva)



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Časování všech signálů a jejich obsahu je odvozeno od základní frekvence družice.

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Řídicí segment

Pozemní stanice různého typu

- Řídicí stanice (mnoho různých pojmenování)
- Telemetrické a povelové stanice (pro komunikaci)
- Monitorovací stanice

Komunikační infrastruktura

- Komunikace mezi stanicemi
- Komunikace s družicemi (up-link, down-link)

Rozdělení rolí a rozmístění stanic řídicího segmentu závisí na GNSS.

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Základní rozdělení stanic a jejich role

Řídicí stanice

mívá různé pojmenování

- Plánování, údržba a řízení konstelace družic
- Udržování systémového času GNSS
- Synchronizace hodin konstelace
- Generování obsahu navigačních zpráv družic
- Vyhodnocování stavu a výkonu systému a služeb
- Odesílání dat pro upload stanicím pro komunikaci

Stanice pro komunikaci

TT&C, ULS

- Odesílání příkazů družicím
- Upload navigačních dat na družice
- Sledování a sběr telemetrických dat družic
- Odesílání telemetrických dat řídicí stanici

Monitorovací stanice

MS

- Monitorování navigačních signálů
- Dálkoměrná měření
- Dekódování navigačních dat družic
- Sběr dat o atmosféře
- Odesílání naměřených dat řídicí stanici

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Účel řídicího segmentu vzhledem ke kosmickému segmentu

- Plánovat a řídit provoz a modernizaci GNSS
- Monitorovat konstelaci družic a jejich signály
- Udržovat systémový čas GNSS

▪ Sestavit navigační zprávy družic

- Predikovat chování hodin družic
- Predikovat efemeridy družic
- Vyhodnocovat zhoršení integrity signálu
- Predikovat chování celé konstelace (almanach)
- Modelovat ionosféru (jen u GPS)

- Zajišťovat upload navigačních zpráv na družice

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Účel řídicího segmentu vzhledem k uživatelům

- Monitorovat a udržovat kvalitu GNSS služeb
- Informovat uživatelský segment o stavu konstelace GNSS
e-mail, web



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Uživatelský segment

- **Skládá se z uživatelů vybavených GNSS přístrojem pro příjem signálů GNSS družic**
- **GNSS Přístroj určí ze signálů družic:**
 - polohu $[\lambda, \Phi, h (H)]$
 - čas $[t]$
 - rychlost a zrychlení $[v, a]$
 - informace o integritě signálů



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Uživatelé, signály a služby

- Kombinace signálů **Různé GNSS služby**
- Různé služby **Různí uživatelé**

Signály družic mohou:

- mít šifrované **dálkoměrné kódy** a části **navigačních zpráv**,
- obsahovat **různé druhy dálkoměrných kódů**,
- obsahovat v navigační zprávě **více dat o integritě** signálů,
- obsahovat další **přidaná data** v navigační zprávě.

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Základní kategorie GNSS služby

- **Otevřené služby**
neautorizovaní uživatelé | nízká přesnost |
negarantovaná integrita
- **Komerční služby**
komerční šifrování | garantovaná kvalita a dostupnost |
přidaná data | lepší integrita
- **Služby typu Safety of Life**
specializované aplikace (doprava, záchranné složky)
vysoká integrita | garantovaná kvalita a dostupnost
- **Vyhrazené služby státu a vojenským účelům**
nekomerční šifrování | vyšší přesnost | lepší integrita



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Charakteristika prostorových referenčních rámců pro určování polohy v GNSS

PROSTOROVÝ REFERENČNÍ RÁMEC

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Prostorové referenční rámce GNSS

Geocentrický inerciální souřadnicový systém

ECI (angl. Earth-Centered Inertial)

- Modelování pohybu družic na orbitě

Geocentrický terestrický souřadnicový systém

ECEF (angl. Earth Centred Earth Fixed)

- Efemeridy v navigačních zprávách družic
- Uživatelský segment v navigačním výpočtu

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Geocentrický - ECEF

- **Počátek systému je v těžišti Země**
- Země je nahrazená referenčním **elipsoidem**
- Hmotnost referenčního elipsoidu zahrnuje hmotu Země včetně oceánů a atmosféry.
- **Cílem je dosáhnout co největšího sblížení ECEF_{GNSS} s ITRF²⁾ ve vybrané referenční epoše BHI.**
- Reálné odchylky od ITRF jsou v řádech centimetrů

¹⁾ *International Time Bureau*, ²⁾ *The International Terrestrial Reference Frame*

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Geocentrický souřadnicový systém

osa x

- prochází referenčním poledníkem IERS

osa z

- prochází referenčním pólem IERS

osa y

- je ortogonální k osám **x** a **z**
- Je otočena o 90° proti směru hodinových ručiček

Realizace je vztažena k referenční epoše BIH.

IERS = International Earth Rotation and Reference Systems Service

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

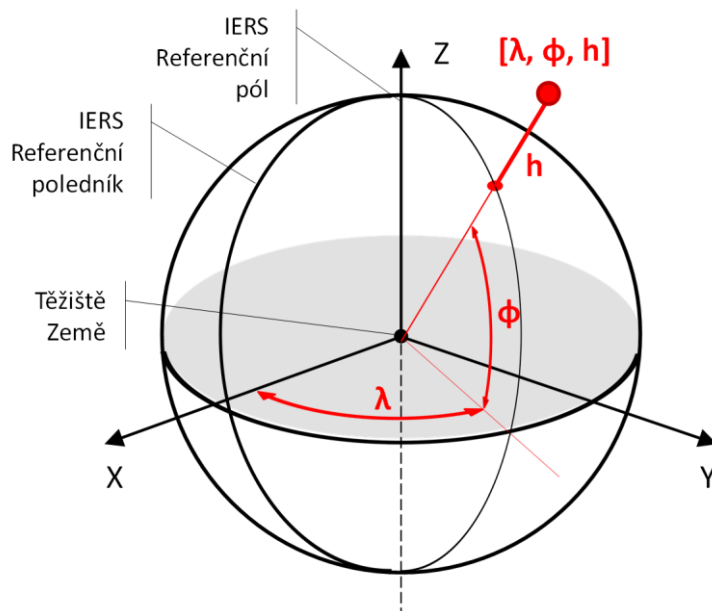
INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Referenční elipsoid ECEF a čtyři definiční parametry elipsoidu

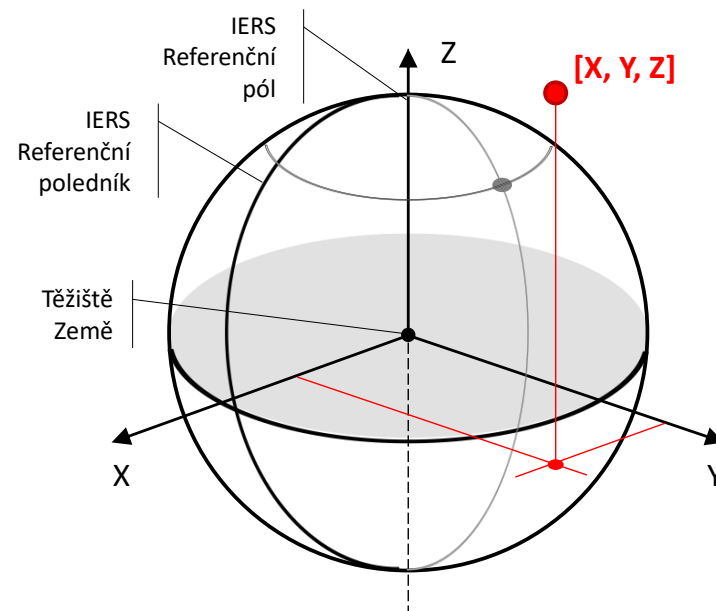
$[\lambda, \phi, h]$

velikost hlavní poloosy a (m)
převrácená hodnota zploštění $1/f$
gravitační konstanta GM (m^3/s^2)
úhlová rychlost rotace ω (rad/s)

$[X, Y, Z]$



Geografické (geodetické) souřadnice a výška nad elipsoidem



Geocentrické kartézské souřadnice



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Výšková měření

h - výška nad elipsoidem h

- **HAE** (Height Above Ellipsoid)
- Nepoužívá se v geodetické praxi

H - výška nad geoidem

- **MSL** (Mean Sea Level)
- **Je využívána v geodetické praxi!**
- Referenční geoid pro výšková měření



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

14.03.2023

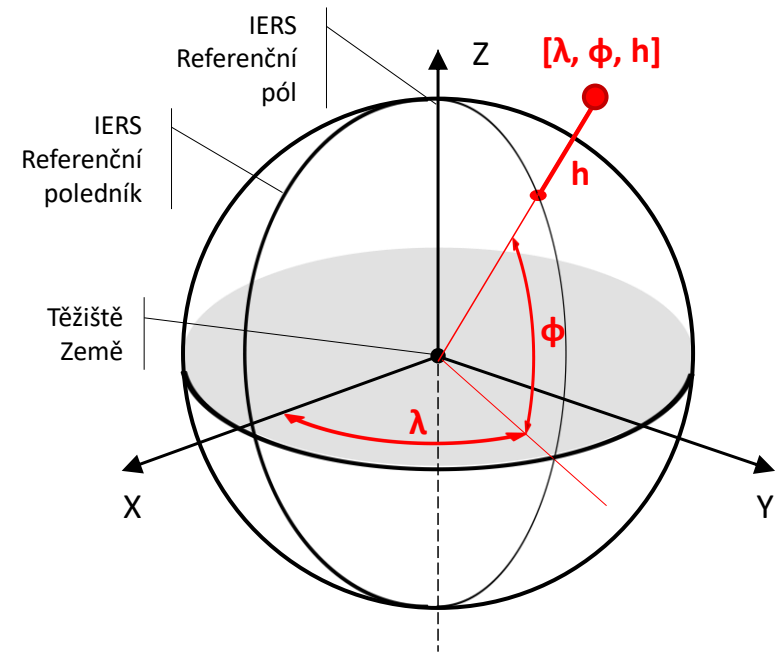
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Měření výšek nad elipsoidem

- Měření h se provádí ve směru normály k povrchu elipsoidu v bodě měření.

Tvar elipsoidu je popsán matematicky

Hladina $h = 0$ m je známá



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Měření výšek nad geoidem

„Geoid je definovaný jako hladinová plocha Zemského tíhového potenciálu, která splývá s volnou hladinou oceánů.“

- Měření ***H*** se provádí ve směru tížnice procházející měřeným bodem

Průběh geoidu nelze matematicky odvodit

Hladina $H = 0$ m se zjišťuje zpracováním dat gravimetrických měření

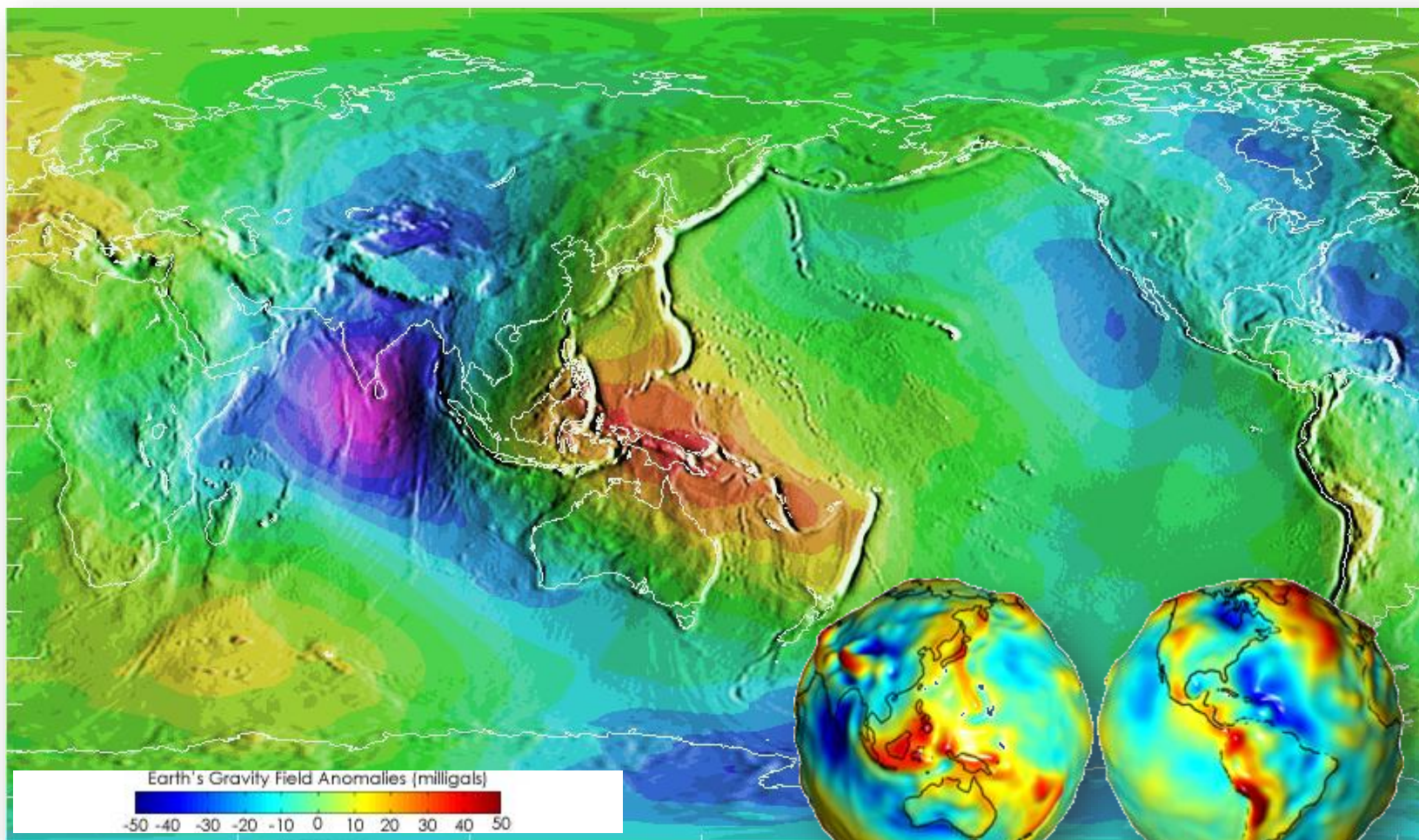


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ



Příklad EGM96 (Earth Gravitational Model 1996)

Globálně se výšky geoidu EGM96 vůči referenčnímu elipsoidu WGS 84 pohybují v intervalu od -107 do 85 m.

<http://www.ipe.muni.cz/newweb/art/sv04.pdf>

National Geodetic Survey's webpage at <http://www.ngs.noaa.gov/images/ngs/jpeg-geo/ww15mgh.jpg>



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Referenční základny pro určování času GNSS

SYSTÉMOVÝ ČAS GNSS

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Základní časové škály

- **Astronomický čas** UT , UT_0 , UT_1
(Universal Time)
- **Atomový čas** TAI (International Atomic Time)
- **Univerzální koordinovaný čas** UTC
 - UTC je udržovaný pomocí atomového času TAI
 - Synchronizuje se s astronomickým časem UT_1
 - Při $|TAI - UT_1| > 0.5$ s se zavádí **přestupná sekunda**



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY

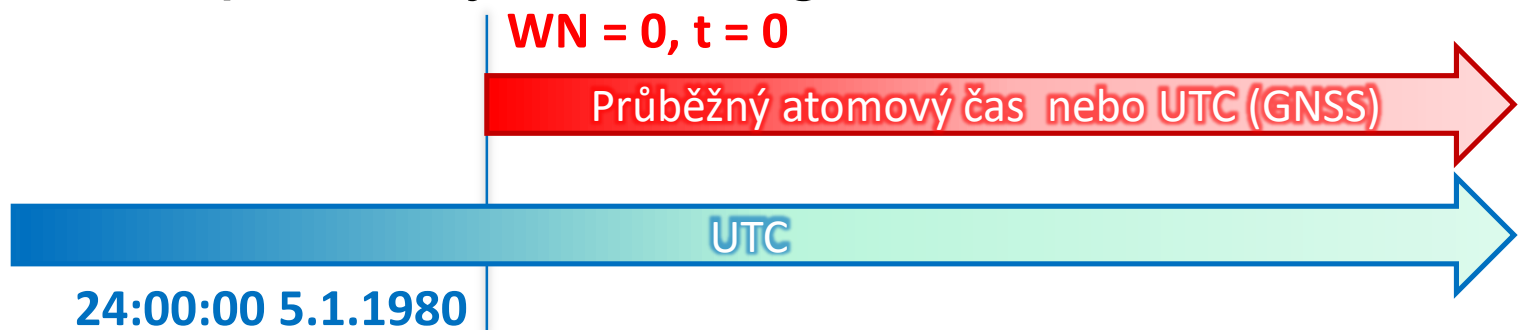


OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Systemový čas (GNSS)

- Je základem pro synchronizaci celého GNSS
Např: Synchronizace družic konstelace GPS 4-10 ns
Synchronizace družic konstelace GLONASS 8-20 ns
- Je navázán na UTC (jeho lokální realizaci)
- Za udržování systémového času je odpovědný řídicí segment



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Systemový čas (GNSS)

Nezávislá realizace UTC

- Hybridní čas
- Synchronizovaný s UTC

Příkladem je systémový čas GLONASS

Nezávislý průběžný atomový čas

- Atomový čas
- Průběžný čas bez synchronizace

Příkladem je systémový čas GPS



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Družicový čas

- Atomový čas udržovaný každou družicí v konstelaci
- **Každá družice je vybavená několika atomovými oscilátory**
- Korekce družicového času na systémový čas GNSS je uvedena v navigační zprávě družice
- Za správnost korekcí družicového času odpovídá řídicí stanice řídicího segmentu



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Popis uživatelského segmentu GPS

SIGNÁLY GNSS DRUŽIC

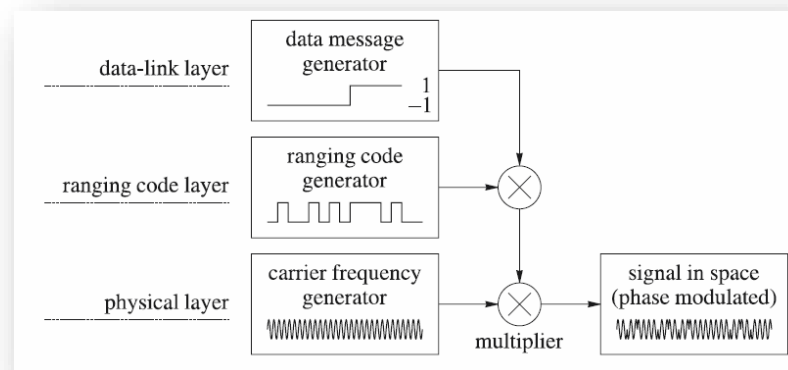
14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Složení signálů

Signál vyslaný družicí GNSS je kombinací:

- Navigační zprávy
- **Dálkoměrného kódu**
- **Nosné vlny**
- Veškeré složky signálu jsou odvozovány násobením a dělením tzv. **základní frekvence**.



Základní frekvence

- Vlivem relativistických efektů se jeví pozorovateli na Zemi frekvence nosné vlny jako vyšší, než s jakou je nosná vlna ve skutečnosti družicí na orbitě vysílána.

Například:

Pro družice GPS je základní frekvence jejich oscilátoru na Zemi nastavená na hodnotu $f_{GPS} = 10,22999999543$ MHz

Pozorovateli na Zemi se jeví hodnota základní frekvence družic GPS na orbitě jako $f_{GPS} = 10,23$ MHz



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

- Převzato z RAP97

Relativistické efekty v praxi

- **Speciální teorie relativity**

Čas plyne pro pozorovatele na rychle pohybujícím se objektu pomaleji, než pro pozorovatele v klidu.

Rychlost družice vůči pozorovateli je cca 14000 km/h. **-7 ms/den**

- **Obecná teorie relativity**

Hodiny blízko hmotného objektu jdou pomaleji, než pro objekty vzdálenější.

Výška oběžné dráhy družice je cca 20200 km **+45 ms/den**

- **38 ms/den odpovídá chybě cca 10 km/den**

- Převzato z RAP97

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Frekvence nosných vln družic GNSS

- Nosné vlny jsou voleny z L-pásma oblasti UHF
(Ultra High Frequency)
 - Frekvence $f = 1-2 \text{ GHz}$
 - Vlnové délky $\lambda = 30-15 \text{ cm}$
- Pronikají relativně dobře *ionosférou* i *troposférou*
- Signály na nosných vlnách jsou dobře detekovatelné a kontinuálně sledovatelné



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Převzato z **RAP97**

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Dálkoměrné kódy

- Jsou přimíchávány do nosné vlny
- Mohou sloužit k:
 - **Nalezení a identifikaci družice**
 - **Dálkoměrnému měření**
 - **Zpřístupnění navigační zprávy**
- Mohou být:
 - **šifrované**
 - **nešifrované**



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Vlastnosti dálkoměrných kódů

- Současné GNSS systémy užívají minimálně dva typy dálkoměrných kódů:
- **Méně přesné** ➡ „krátké a pomalé“
- **Přesné** ➡ „dlouhé a rychlé“
- Krátké kódy mohou být nejednoznačné.
- Pomalé kódy jsou méně přesné při měření vzdáleností než rychlé.

Řízení přístupu ke kódům je jedním ze současných prostředků, jak kontrolovat dosažitelnou přesnost měření, které je prováděno různými uživateli GNSS.

14.03.2023



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Obsah navigační zprávy

- Telemetrické údaje a časové značky
- **Efemeridy družice**
- Almanach družic systému
- **Korekce atomových hodin družice**
- **Stavové informace konstelace**
- Data pro opravu vlivu ionosférické refrakce
- Zašifrované údaje a speciální zprávy



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Navigační zpráva

- Má definovanou strukturu
- Struktura zprávy je přesně určená:
 - **Obsahově**
 - **Časově** délkou odvysílání jednotlivých částí
 - **Bitově** datovou velikostí jednotlivých částí
- Různé navigační zprávy pro různé uživatele
 - Galileo má pět typů navigačních zpráv.
 - GPS má v současnosti dva (respektive čtyři druhy) navigačních zpráv.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

DĚKUJI ZA POZORNOST

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Literatura a informační zdroje

- **KAP05** Kaplan, Elliott, D.: *Understanding GPS: Principles and Applications, Second Edition*, Artech House Publishers; 2 edition, 2005, pages 726, ISBN-10: 1580538940
- **MOH01** Mohinder S. G., Lawrence R. W., Angus P. A.: *Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration.*, John Wiley & Sons, Inc. 2001, pages 382, Printed ISBN: 9780471350323
Publikace je dostupná v rámci Knihovny VŠB-TUO na adrese:
<http://knihovna.vsb.cz/sluzby/e-knihy-wiley.htm>
- **RAP02** Rapant, P.,: *Družicové polohové systémy – první vydání*, VŠB – Technická univerzita Ostrava, stran 200, ISBN 80–248–0124–8
Publikace je dostupná ke stažení na adrese:
<http://gis.vsb.cz/publikace/dns-gps>



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

Literatura a informační zdroje

- **HOF08** Hofmann-Wellenhof, Bernhard, Lichtenegger, Herbert, Wasle, Elmar: GNSS – Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more, Springer, 2008, pages 516, ISBN 978-3-211-73017-1



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

INOVACE BAKALÁŘSKÝCH A MAGISTERSKÝCH STUDIJNÍCH OBORŮ
NA HORNICKO-GEOLOGICKÉ FAKULTĚ
VYSOKÉ ŠKOLY BÁŇSKÉ - TECHNICKÉ UNIVERZITY OSTRAVA

Komponenty obecné architektury GNSS

Prezentace 3

Studijní opora k předmětu: GLOBÁLNÍ NAVIGAČNÍ A POLOHOVÉ SYSTÉMY

David Vojtek

14.03.2023

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ