

# Prvé skúsenosti so spracovaním raw GNSS dát zo zariadení so systémom Android

**Peter Špánik, Ján Hefty, Ľubomíra Gerháťová, Juraj Papčo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Katedra geodetických základov, Stavebná fakulta,  
Slovenská technická univerzita v Bratislave,  
email ✉: peter.spanik@stuba.sk, jan.hefty@stuba.sk,  
lubomira.gerhatova@stuba.sk, juraj.papco@stuba.sk

**Družicové metódy v geodezii a katastru  
Fakulta stavební VUT v Brně, 1. 2. 2018**

# Raw (angl. surové, prvotné) GNSS dáta

## Čo rozumieme pod pojmom raw dáta?

- pod termínom raw (angl. surové) dáta rozumieme merania získané spracovaním prijímaného družicového signálu,
- predstavujú vstup do algoritmu na určovanie polohy,
- zvyčajne pod termínom raw dáta rozumieme *kódové merania* získané koreláciou pseudonáhodných kódov (pseudovzdialenosti), *fázové merania* a *dopplerovské merania* posunu prijímanej frekvencie.

## Na čo sú raw dáta dobré?

- ak máme prístup k raw dátam môžeme ich modifikovať (napr. uplatniť korekcie z atmosféry, ionosféry alebo dáta filtrovať, prípadne selektovať na základe vybraných kritérií) ešte pred ich použitím v algoritme na určovanie polohy.

# Prístup k raw dátam na OS Android

- oznámenie prístupu k raw dátam z interných GNSS chipsetov mobilných zariadení s OS Android bolo oznámené na konferencii Google I/O v máji 2016,
- raw dáta uvoľnené s novou verziou OS Android – Nougat (API v.24),
- implementácia prístupu k raw dátam je prostredníctvom aplikačného rozhrania (frameworku) *android.location*, v ktorom pribudli nové triedy:
  - **GnssClock** – implementácia funkcií interných hodín,
  - **GnssMeasurement** – implementácia GNSS meraní,
  - **GnssNavigationMessage** – implementácia bitov nav. správy,
- OS Android je postavený na programovacom jazyku Java a celá dokumentácia týchto tried je dostupná na:  
[www.developer.android.com/reference/android/location/package-summary.html](http://www.developer.android.com/reference/android/location/package-summary.html)

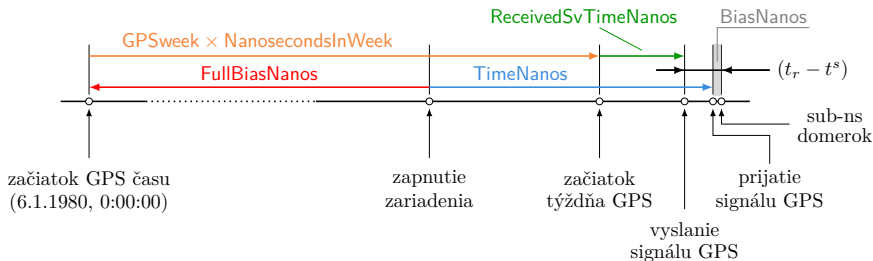
# Výpočet pseudovzdialenosti

**Pseudovzdialenosť** – je geometrická vzdialenosť medzi družicou a prijímačom zaťažená vplyvom nesúladu časovej stupnice systémového času GNSS a časovej stupnice hodín prijímača.

$$R_r^s = (t_r - t^s) \cdot c \quad (m)$$

$$t_r = \text{TimeNanos} - (\text{FullBiasNanos} - \text{BiasNanos}) \times \quad (ns)$$

$$t^s = \text{ReceivedSvTimeNanos} + \text{GPSweek} \times \text{NanosecondsInWeek} \quad (ns)$$



## Prečo nie sú dostupné priamo pseudovzdialenosti?

- v prijímanom signáli je okrem pseudonáhodného kódu (PRN) namodulovaná aj navigačná správa. Modulačná rýchlosť kódu PRN je pre GPS 1.023 Mbit/s, nav. správa je modulovaná rýchlosťou 50 bit/s, t.j. výrazne pomalšie,
- v podmienkach so zhoršeným prijímom signálu je niekedy nemožné spoľahlivo dekodovať bity navigačnej správy. Dôsledkom je, že prijímač nevie dekodovať hodnotu TOW - Time of Week, ktorá je vysielaná v každom subframe nav. správy (každých 6 sekúnd),
- informácia o úrovni synchronizácie je dostupná pomocou metódy *getState* triedy *GnssMeasurement*, ktorá vracia celé číslo,
- použiteľné sú len merania s bitmi TOW\_DECODED alebo GLO\_TOD\_DECODED nastavenými na hodnotu 1.

# Informácia o úrovni synchronizácie signálu

	State	GLO_TOD_KNOWN	TOW_KNOWN	SBAS_SYNC	GAL_E1B_PAGE_SYNC	GAL_E1C_2ND_CODE_LOCK	GAL_E1BC_CODE_LOCK	BDS_D2_SUBFRAME_SYNC	BDS_D2_BIT_SYNC	GLO_TOD_DECODED	GLO_STRING_SYNC	SYMBOL_SYNC	MSEC_AMBIGUOUS	TOW_DECODED	SUBFRAME_SYNC	BIT_SYNC	CODE_LOCK
GNSS	Bit no.	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
GPS	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1
	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
GLONASS	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
	227	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
GALILEO	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	1074	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
	5162	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0

# Ďalšie dostupné merania

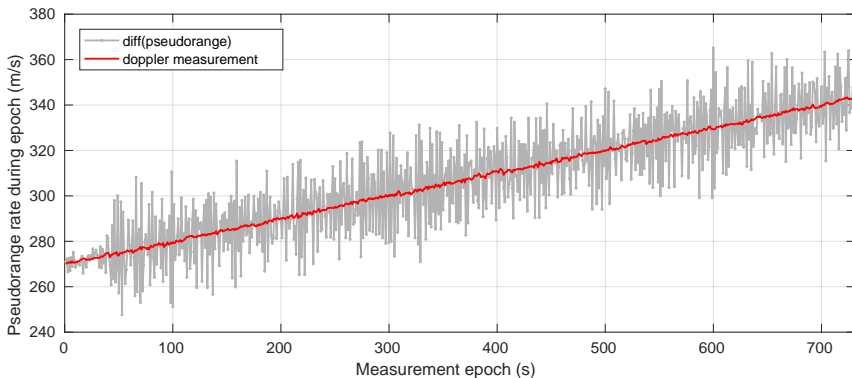
## Dopplerovské merania

- dostupné pomocou *getPseudorangeRateMetersPerSecond*
- nie sú to priamo merania frekvenčného posunu, ale hodnoty radiálnej rýchlosti družice voči prijímaču (tieto veličiny sú ekvivalentné),
- návratové hodnoty sú v m/s a sú kladné v prípade, ak sa družica od prijímača vzdďľuľuje (t.j. dopplerovský posun je záporný).

## Fázové merania

- dostupné pomocou metódy *getAccumulatedDeltaRangeMeters*
- návratové hodnoty sú vyjadrené v metroch a zodpovedajú naakumulovanej/nasčítanej hodnote pseudovzdialenosti od okamihu prvého merania,
- dostupnosť hodnôt je značne limitovaná technológiou *duty-cycling*, ktorá cyklicky vypína a zapína GNSS chipset, čím znemožňuje kontinuálne sledovanie fázy družicového signálu.

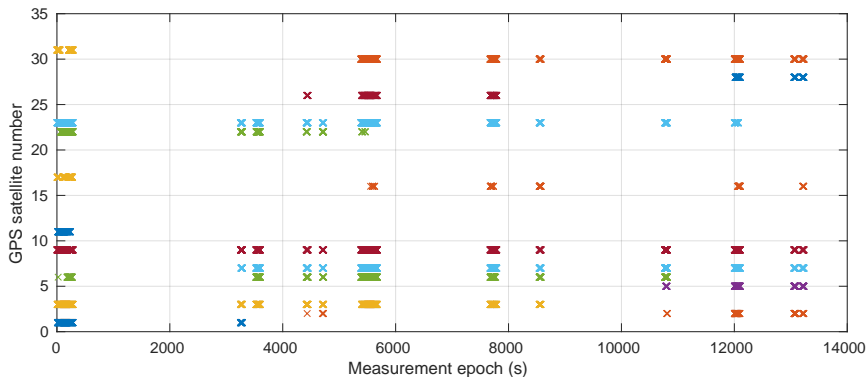
# Ukážky raw dát zo smartfónu Huawei P10



Zobrazenie rozdielov pseudovzdialeností medzi jednotlivými epochami spolu s hodnotami dopplerovských meraní. Diferencie pseudovzdialeností sú výrazne zašumenejšie ako dopplerovské merania, ktoré by tak mohli byť využité na vyhladenie pseudovzdialeností.

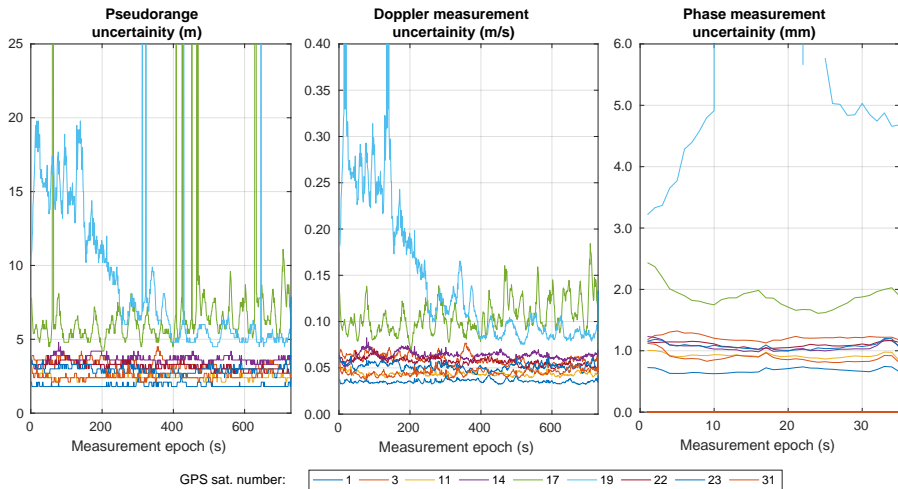


# Dostupnosť fázových meraní

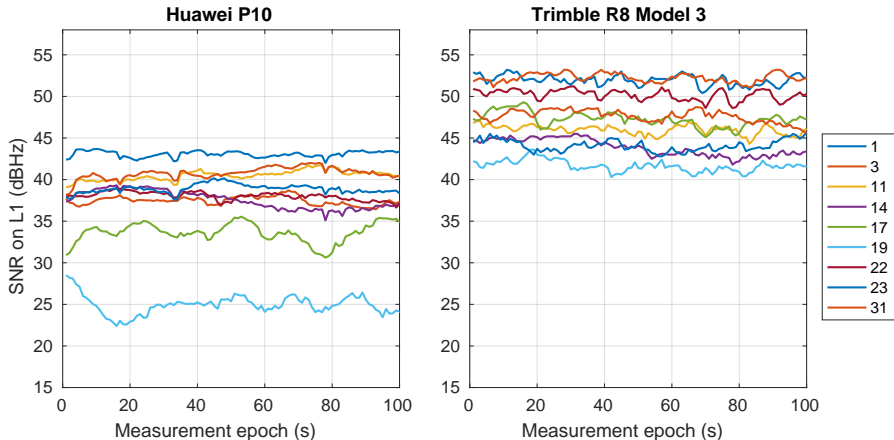


Ukážka dostupnosti fázových meraní v závislosti od epochy merania. Períody dostupných a nedostupných fázových meraní sa nepravidelne striedajú, pričom najdlhšie sú fázové merania dostupné bez prerušenia asi 300 sekúnd (5 minút).

# Návratové hodnoty neistôt meraní

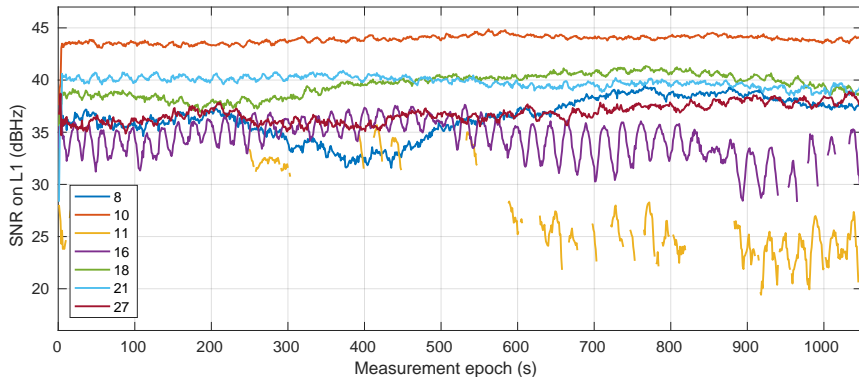


# Porovnanie SNR pre Huawei P10 a geodetický prijímač



Pri tomto meraní bol smartfón položený na skale na Námestí Slobody v Bratislave a geodetický prijímač bol vzdialený asi 30 metrov. Obe zariadenia mali veľmi podobný málo zatienený horizont. Priemerné hodnoty SNR sú pre Huawei P10 menšie o 10 – 15 dBHz.

# Hodnoty SNR pre Huawei P10



Pri tomto meraní bol smartfón položený na hlave piliera asi 1.2 m nad povrchom pochôdznej strechy bloku A SvF STU. Výrazné oscilácie sú pravdepodobne spôsobené odrazmi od okolitých objektov (národná banka, strojovňa výtahu, samotná strecha). Výrazný vplyv odrazených signálov je spôsobený použitím málo kvalitných GNSS antén v smartfónoch.

# Vyhladzovanie pseudovzdialeností

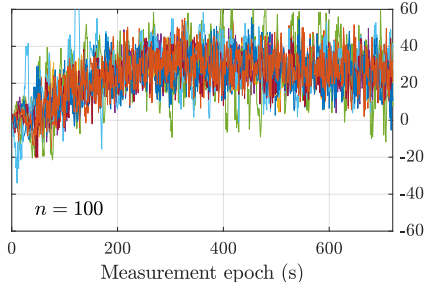
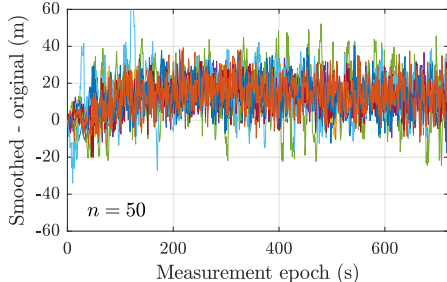
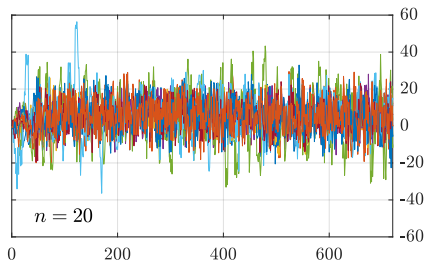
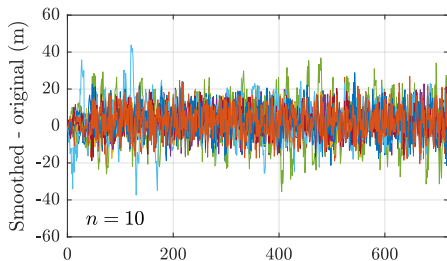
Bežne sa používajú na vyhladzovanie pseudovzdialeností fázové merania (tzv. *Hatch filter*). Namiesto týchto hodnôt je možné využiť aj dopplerovské merania, čím sa vyhladzovanie stane omnoho robustnejšie, pretože tie nemajú cycle-slipy. Vyhladzovanie má potom tvar:

$$\hat{R}_i^s = \frac{1}{n} R_i^s + \frac{n-1}{n} (\hat{R}_{i-1}^s + D_i^s)$$

kde jednotlivé premenné sú:

- $\hat{R}_i^s$  – vyhladená hodnota pseudovzdialenosti v epoche  $i$ ,
- $R_i^s$  – pôvodná pseudovzdialenosť v epoche  $i$ ,
- $D_i^s$  – dopplerovské meranie v epoche  $i$ ,
- $n$  – dĺžka vyhladzovacieho okna.

# Systematický efekt vyhladzovania



# Určenie polohy smartfónu z raw dát

Na určenie polohy boli využité MATLAB skripty zverejnené Googlom, ktoré sú voľne dostupné na adrese:

<https://github.com/google/gps-measurement-tools>

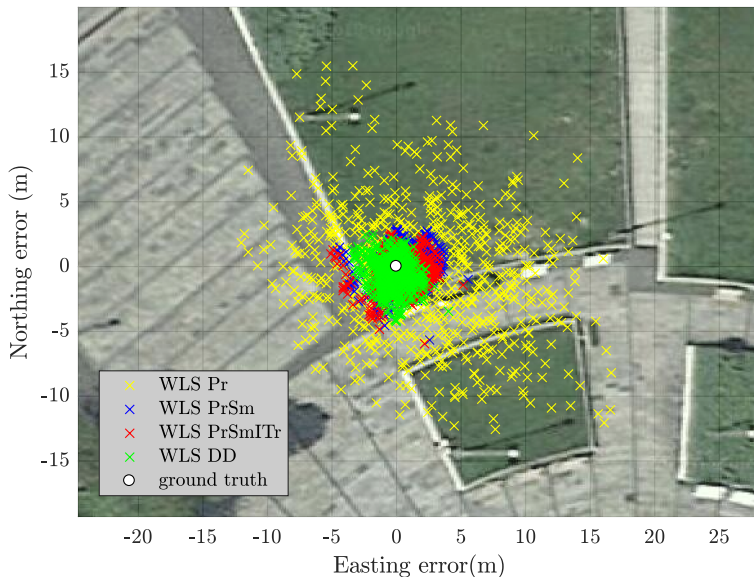
Základné charakteristiky – absolútne určenie polohy:

- využitá MNŠ s aplikovaním váh meraní,
- váhy boli určené ako  $w_i = 1/\sigma_i$ , resp.  $w_i = (k/n + k)/\sigma_i$  ( $k$  je postupne narastajúca dĺžka filtra), pričom  $\sigma_i$  sa získala ako návratová hodnota z metódy *getReceivedSvTimeUncertaintyNanos*,
- využité len kódové merania (pôvodné aj vyhladené),
- doplnené modely ionosféry (Klobuchar) a troposféry (Niell).

Základné charakteristiky – absolútne určenie polohy:

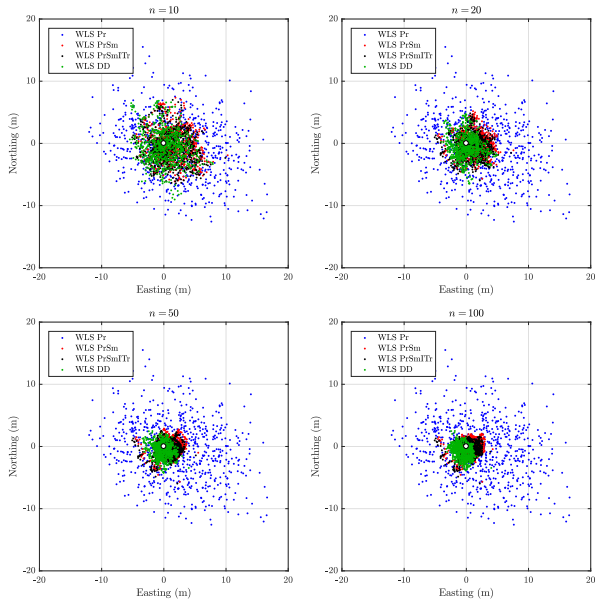
- využité dvojnásobné diferencie kódových meraní.

# Výsledky spracovania pre $n = 50$





# Porovnanie spracovania pre rôzne $n$



# Numerické porovnanie výsledkov

Porovnanie výsledkov pre rozličné varianty výpočtu s  $n = 50$

	WLS Pr	WLS PrSm	WLS PrSmITr	WLS DD
rozptyl (N)	28.09	8.54	8.48	6.73
rozptyl (E)	28.61	10.09	10.23	7.44
posun (N)	0.02	0.44	0.05	-0.09
posun (E)	2.32	1.40	1.00	0.10
$\sigma_N$	4.95	1.24	1.23	1.24
$\sigma_E$	5.66	1.45	1.50	1.12
$\sigma_{NE}$	7.52	1.91	1.94	1.67

# Zistenia, závery a námety

- využitím raw GNSS meraní zo smartfónu Huawei P10 sme dosiahli výsledky na úrovni presnosti, ktorú je možné dosiahnuť aj výstupom z interného GNSS chipsetu (interný GNSS vs. naše len GPS),
- prínos ionosférických a troposférických korekcií sa zdá byť zanedbateľný (súvislosť s veľmi zašumenými kódovými meraniami),
- funkcia duty-cycling znemožňuje získanie dlhšieho záznamu fázových meraní, a tým aj využitie iných algoritmov (PPP, RTK),
- výhľadové využitie staršieho tabletu HTC Google Nexus 9, ktorý má vypnutú funkciu duty-cycling,
- nedostatočná kvalita meraní je spôsobená najmä málo kvalitnou anténou v smartfóne (lineárne polarizovaná anténa, geodetické antény majú RHCP polarizáciu). Zistiť možnosti pripojenia externej GNSS antény na interný chip zariadenia s OS Android.

# Súčasné aplikácie využívajúce raw GNSS dáta

- **Geo++ RINEX Logger** – zaznamenáva dostupné raw merania vo formáte RINEX, možné meniť formát, hlavičku. Možnosti voľby aké družice a s akým stavom synchronizáciou sa majú ukladať,
- **G-RitZ Logger** – podobné ako Geo++ RINEX Logger, umožňuje aj záznam iných senzorových dát, čo môže byť výhoda pri využívaní fúzy algoritmov (napr. GNSS + INS),
- **PPP WizLite** – využíva raw GNSS merania na určenie polohy pomocou PPP, implementovaný algoritmus CNES PPP-Wizard,
- **RTCM Converter** – umožňuje konverziu raw dát na RTCM formát, ktorý posiela na existujúci NTRIP caster.

# Ďakujem za pozornosť!

## **Kontakty:**

peter.spanik@stuba.sk, jan.hefty@stuba.sk  
lubomira.gerhatova@stuba.sk, juraj.papco@stuba.sk

## **Prezentácia je dostupná na adrese:**

<https://spanikp.github.io/presentations/GNSS-Brno-2018.pdf>