

Vývoj pokročilých metod pro monitorování kvality GNSS dat

Pavel Václavovic, Jan Douša

Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický
Geodetická observatoř Pecný

DRUŽICOVÉ METODY V GEODÉZII A KATASTRU
5. února 2015, Brno



Obsah

1 Motivace

2 Použité algoritmy

3 G-Nut/Anubis

4 Závěr

Motivace

- Slabá podpora formátu RINEX 3.XX současnými aplikacemi (např. TEQC)
- Kontrola a manipulace s GNSS daty
- Potřeba analyzovat moderní multi-GNSS data
Multi-GNSS Experiment (MGEX)

Použité algoritmy

Určování fázových skoků

QILE ZHAO, BINZI SUN, ZHIQIANG DAI, ZHIGANG HU, CHUANG SHI, JINGNAN LIU:

Real-time detection and repair of cycle slips in triple-frequency GNSS measurements, *GPS Solut.*, (2014),

doi:10.1007/s10291-014-0396-2

Kaskádovitý postup pro tří-frekvenční observace:

① Melbourne-Wuebbena (f_2, f_3) $\rightarrow \lambda_{GPS} = \mathbf{5.86\ m}$

$$\Delta MW(f_2, f_3) = \Delta N(f_2, f_3)$$

② Wide-lane (f_1, f_3) $\rightarrow \lambda_{GPS} = \mathbf{0.75\ m}$

$$\Delta WL(f_2, f_3) + \Delta N(f_2, f_3) - \Delta WL(f_1, f_3) = \Delta N(f_1, f_3)$$

③ Narrow-lane (f_1, f_2) $\rightarrow \lambda_{GPS} = \mathbf{0.16\ m}$

$$\Delta WL(f_1, f_3) + \Delta N(f_1, f_3) - \Delta NL(f_1, f_2) + \Delta I = \Delta N(f_1, f_2)$$

Použité algoritmy

Určování fázových skoků

Rekonstrukce fázových skoků na původních observacích:

$$\Delta N(f_2, f_3), \Delta N(f_1, f_3), \Delta N(f_1, f_2) \rightarrow \Delta N(f_1), \Delta N(f_2), \Delta N(f_3)$$

Rozšíření:

Určení fázových skoků pro všechny dostupné konstelace, frekvence a signály.

Počet frekvencí = počet kroků

Použití algoritmy Multipath

Vliv jevu multipath na kódová měření je určen pomocí lineární kombinace MP, kde je eliminován vliv geometrie, hodin a atmosféry. Nejsou eliminovány ambiguity, proto lze určovat multipath jen na úseku bez fázových skoků.

Lineární kombinace pro frekvence i, j, k :

$$MP_k = P_k - L_i - \beta(L_i - L_j) = P_k + \alpha L_i + \beta L_j$$
$$\alpha = -\frac{f_j^2 + f_k^2}{f_i^2 - f_j^2} \frac{f_i^2}{f_k^2}, \quad \beta = \frac{f_i^2 + f_k^2}{f_i^2 - f_j^2} \frac{f_j^2}{f_k^2}$$

Hodnota multipath je určena jako směrodatná odchylka lineární kombinace MP z několika po sobě jdoucích epoch (15 - 30).

Software G-Nut/Anubis

Úvod

- Aplikace Anubis je odvozena z knihovny G-Nut
- Software pro určování kvalitativních a kvantitativních charakteristik GNSS dat
- Podpora formátu RINEX 2.XX, RINEX 3.XX
- Plná podpora multi-GNSS: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, QZSS, SBAS
- Editace observačních a navigačních souborů
- Určování polohy pomocí všech globálních konstelací (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou)
- Konfigurace pomocí XML
- Licence GNU GPL verze 3
- Podpora operačního systému Linux

Software G-Nut/Anubis

Konfigurace

- Obecné nastavení

```
<gen>
  <beg> "2000-12-26_00:00:00" </beg>
  <end> "2049-01-01_00:00:00" </end>
  <sys> GPS GAL GLO BDS SBAS QZSS </sys>
  <int> 30 </int>
  <rec> BRUX WROC </rec>
</gen>
```

- GNSS

```
<gps>
  <sat> G01 G02 G03 G04 G05 </sat>
  <type> C L </type>
  <band> 1 2 </band>
  <attr> C S L X P W </attr>
</gps>
```

```
<glo>
  <sat> R01 R02 R03 R04 </sat>
  <type> C L D S </type>
  <band> 1 2 3 </band>
  <attr> C P I Q </attr>
</glo>
```


Software G-Nut/Anubis

Konfigurace

- Obecné nastavení

```
<gen>  
  <beg> "2000-12-26_00:00:00" </beg>  
  <end> "2049-01-01_00:00:00" </end>  
  <sys> GPS GAL GLO BDS SBAS QZSS </sys>  
  <int> 30 </int>  
  <rec> BRUX WROC </rec>  
</gen>
```

- GNSS

```
<gps>  
  <sat> G01 G02 G03 G04 G05 </sat>  
  <type> C L </type>  
  <band> 1 2 </band>  
  <attr> C S L X P W </attr>  
</gps>
```

```
<glo>  
  <sat> R01 R02 R03 R04 </sat>  
  <type> C L D S </type>  
  <band> 1 2 3 </band>  
  <attr> C P I Q </attr>  
</glo>
```

Software G-Nut/Anubis

Konfigurace

● Vstup

```
<inputs>
  <rinexo> /mgex/040/13o/brux0400.13o </rinexo>
  <rinexn> /mgex/040/13n/brux0400.13n </rinexn>
  <rinexn> /mgex/040/13l/brux0400.13l </rinexn>
  <rinexn> /mgex/040/13g/brux0400.13g </rinexn>
</inputs>
```

● Výstup

```
<outputs verb="1">
  <xtr> SITE.xtr </xtr>
  <xml> SITE.xml </xml>
  <log> SITE.log </log>
</outputs>
```

● Nastavení pro Anubis

```
<qc
  sec_sum="9" sec_hdr="9" sec_est="9" sec_obs="9" sec_gap="9" sec_bnd="9"
  sec_pre="9" sec_ele="9" sec_mpx="9"
  int_stp="1200" int_gap="600" int_pcs="1800" mpx_nep="20" mpx_lim="3.0"
/>
```

Software G-Nut/Anubis

Konfigurace

● Vstup

```
<inputs>
  <rinexo> /mgex/040/13o/brux0400.13o </rinexo>
  <rinexn> /mgex/040/13n/brux0400.13n </rinexn>
  <rinexn> /mgex/040/13l/brux0400.13l </rinexn>
  <rinexn> /mgex/040/13g/brux0400.13g </rinexn>
</inputs>
```

● Výstup

```
<outputs verb="1">
  <xtr> SITE.xtr </xtr>
  <xml> SITE.xml </xml>
  <log> SITE.log </log>
</outputs>
```

● Nastavení pro Anubis

```
<qc
  sec_sum="9" sec_hdr="9" sec_est="9" sec_obs="9" sec_gap="9" sec_bnd="9"
  sec_pre="9" sec_ele="9" sec_mpx="9"
  int_stp="1200" int_gap="600" int_pcs="1800" mpx_nep="20" mpx_lim="3.0"
/>
```

Software G-Nut/Anubis

Konfigurace

● Vstup

```
<inputs>
  <rinexo> /mgex/040/13o/brux0400.13o </rinexo>
  <rinexn> /mgex/040/13n/brux0400.13n </rinexn>
  <rinexn> /mgex/040/13l/brux0400.13l </rinexn>
  <rinexn> /mgex/040/13g/brux0400.13g </rinexn>
</inputs>
```

● Výstup

```
<outputs verb="1">
  <xtr> SITE.xtr </xtr>
  <xml> SITE.xml </xml>
  <log> SITE.log </log>
</outputs>
```

● Nastavení pro Anubis

```
<qc
  sec_sum="9" sec_hdr="9" sec_est="9" sec_obs="9" sec_gap="9" sec_bnd="9"
  sec_pre="9" sec_ele="9" sec_mpx="9"
  int_stp="1200" int_gap="600" int_pcs="1800" mpx_nep="20" mpx_lim="3.0"
/>
```

Software G-Nut/Anubis

Výstup

1 RINEX soubor = 1 výstupní soubor

- XTR - ASCII soubor rozdělen do sekcí:

- ▶ Summary statistics
- ▶ Header information
- ▶ Estimated values
- ▶ Observation types
- ▶ Bands available
- ▶ Gaps/Pieces
- ▶ Preprocessing results
- ▶ Elevation/Azimuth
- ▶ Code multipath

- XML - CODE formát

Software G-Nut/Anubis

Výstup

1 RINEX soubor = 1 výstupní soubor

- XTR - ASCII soubor rozdělen do sekcí:

- ▶ Summary statistics
- ▶ Header information
- ▶ Estimated values
- ▶ Observation types
- ▶ Bands available
- ▶ Gaps/Pieces
- ▶ Preprocessing results
- ▶ Elevation/Azimuth
- ▶ Code multipath

- XML - CODE formát

Software G-Nut/Anubis

Výstup

Prefix + Keyword

Epoch

Data records

Header line

```
#==== Summary (v.1)
#GNSSUM 2013-04-15 00:00:00 ExpEp HavEp seEp xCoEp xPhEp xCoSv xPhSv nSlp nJmp nGap nPcs mp1 mp2 mp5 mp6 mp7 mp8
=GPSSUM 2013-04-15 00:00:00 2880 2880 2877 3 3 430 424 1892 0 0 0 36.2 31.1 30.3 - - -
=GALSUM 2013-04-15 00:00:00 2880 2880 974 0 0 2 2 0 0 0 0 18.4 - 23.3 - 23.3 8.6
=GLOSUM 2013-04-15 00:00:00 2880 2880 2880 0 0 162 156 0 0 0 0 45.6 43.3 - - -
=QZSSUM 2013-04-15 00:00:00 2880 2880 96 0 0 0 0 0 0 0 0 0 - - -
=SBSSUM 2013-04-15 00:00:00 2880 2880 2880 0 0 10226 10226 0 0 0 0 - - -
```

Section & verbosity

```
#==== Header (v.1)
#LEGEND 2013-04-15 00:00:00 RINEX_HEADER USER_REQUEST
=MARKER 2013-04-15 00:00:00 GOP7 11502M006
=RECEIV 2013-04-15 00:00:00 JAVAD TRE_G3TH DELTA3.5.0 00723
=ANTENN 2013-04-15 00:00:00 LEIAR25.R4 LEIT725071
=POSXYZ 2013-04-15 00:00:00 3979319.2600 1050312.8800 4857064.4800 0.0000 0.0000 0.0000
=ECCXYZ 2013-04-15 00:00:00 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
=ECCENU 2013-04-15 00:00:00 0.0000 0.0000 0.0653 0.0000 0.0000 0.0000
=BEGEND 2013-04-15 00:00:00 2013-04-15 00:00:00 XXXX-XX-XX XX:XX:XX 2013-04-15 00:00:00 2013-04-15 23:59:30
```

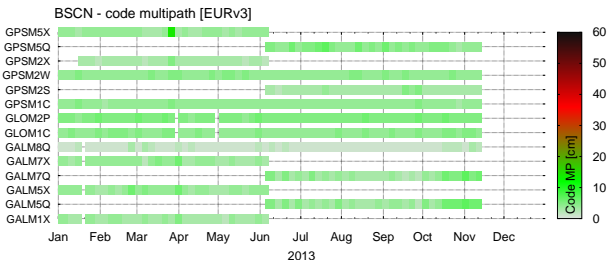
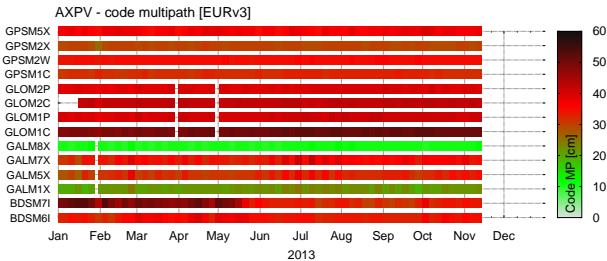
Section & verbosity

```
#==== Estimated (v.1)
=XYZEST 2013-04-15 00:00:00 3979330.6514 1050314.3358 4857079.7111
=BLHEST 2013-04-15 00:00:00 49.91367782 14.78559577 611.5918
=BEGEND 2013-04-15 00:00:00 2013-04-15 00:00:00 2013-04-15 23:59:30
```

Vizualizace výsledků

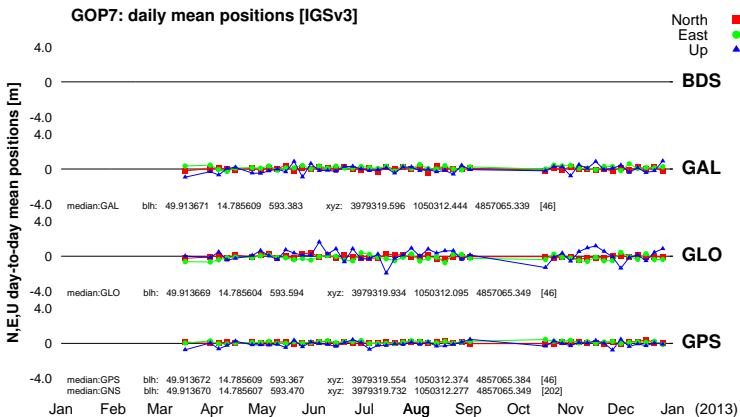
Multipath

Multipath pro stanice AXPV a BSCN pro rok 2013 přes všechny signály



Vizualizace výsledků

Časová řada souřadnic stanice GOP7



© GOP/RIGTC, 2014-08-19

Software G-Nut/Anubis

Dostupnost

- Vydané verze:
 - ▶ 1.0 - 2013-08-16
 - ▶ 1.1 - 2014-04-29
 - ▶ 1.2 - 2014-08-13
 - ▶ 1.3 - 2015-01-28
- Verze 1.3 obsahuje skripty na vizualizaci výsledků
- www.pecny.cz (GNSS/software)

Závěr

- Anubis je třetí aplikace z knihovny G-Nut
- G-Nut mailing list (32 odběratelů)
- Aplikace Anubis byla testována na datech IGS/MGEX (2012-2014) a historickém archivu EUREF (1996-2013)
- Priority pro další verze:
 - ▶ Kontrola dat v reálném čase
 - ▶ Editace a konverze GNSS observačních a navigačních souborů
 - ▶ Kontrola navigačních souborů RINEX (kvalita, manévry, dostupnost, . . .)
 - ▶ Vytvoření dokumentace