

GNSS Time Offset Estimation and Effects on GPS/GLONASS Interoperability Performance

Junping Chen¹, Bin Wu¹, Xiaogong Hu¹, Haojun Li¹, Xiao Pei², Yize Zhang²

¹ Shanghai Astronomical Observatory (SHAO), Chinese Academy of Sciences (CAS)

² Department of Surveying and Geomatics, Tongji University

junping@shao.ac.cn

Abstract: Interoperability between GNSS systems, including GPS, GLONASS, GALILEO, COMPAS/BEIDOU, has become one of key issues in GNSS applications. This paper dedicates to the timing aspects of the interoperability (namely time offset: TO), related challenges, solutions and applications. The time offset between GNSS will cause a bias between GNSS measurements in combined navigation equipment and, consequently, a bias in the user position & time solution. The first part of the paper reviews approaches for GNSS TO estimation. In the second part, we introduce the GNSS data analysis at SHAO (SHA) and presents GPS/GLONASS TO estimates from SHA. The last part of the paper discusses the positioning accuracy using combined GPS/GLONASS observations and the GPS/GLONASS TO estimates.

Keywords: GNSS, SHA, Analysis Center, GNSS Time Offset

GPS/GLONASS 时差监测及其在多模定位中的应用

陈俊平^{1,2} 吴斌^{1,2} 胡小工^{1,2} 李浩军¹ 裴霄³ 张益泽³

¹ 中国科学院上海天文台 上海 200030

² 上海市空间导航与定位技术重点实验室 上海 200030

³ 同济大学测量系 上海 200092

junping@shao.ac.cn

【摘要】随着卫星导航系统的发展以及不断升级,越来越多的GNSS测站配备多模GNSS接收机。多模接收机的应用能够跟踪更多的GNSS卫星,从而改善观测几何条件,提高定位的精度和可靠性。另一方面,不同GNSS导航系统采用不同的系统时间定义,存在着系统时差。从而多模GNSS接收机对于不同导航系统卫星的观测值存在着相应的偏差。为实现GNSS系统的兼容与互操作,各个GNSS导航系统的目前都提出了系统时差监测的要求。基于此,本文研究了GNSS的系统时差的监测及其在多模定位中的应用。文章的第一部分总结、分析了目前GNSS时差监测主要的方法;文章的第二部分介绍了上海天文台GNSS全球数据分析中心(SHA)的基本情况,介绍并讨论了我们的解算的GPS/GLONASS系统时差;文章第三部分将GNSS的系统时差应用到多模用户导航定位,详细讨论了GPS/GLONASS时差以及测站硬件延迟。

【关键词】GNSS, SHA, 定轨定位, 数据分析中心, GNSS时差

本研究工作得到了中国科学院百人计划经费资助。

1 引言

随着GPS、GLONASS导航系统的更新换代,以及Galileo、北斗系统等逐步建设,GNSS应用步入了多GNSS系统组合应用的新时代。兼容多个导航系统的接收机也成为了硬件发展的趋势。对于多系统的兼容与互操作的保障,各个导航系统之间的时差测量与预报目前也是各个导航定位系统控制部分的一项重要业务。

GPS/GLONASS系统的时差定义为GPS系统时间与GLONASS系统时间的差异。对于用户导航定位来讲,如果能够获取不同系统之间的系统偏差,则可以简化组合导航定位的算法与数据处理,提供服务精度与水平。实际应用中,系统时差与地面以及空间的各种硬件延迟紧密相关。相同的硬件延迟会被用户钟差系统,从而对影响授时,但对导航定位不产生影响。然而,有些偏差对于不同导航系统存在差别,必须在

组合导航中加以考虑。本文介绍了上海天文台GNSS全球数据分析中心SHA的基本情况,重点介绍SHA提供的GPS/GLONASS时差,给出了时差监测的结果以及应用。

2 导航系统时差监测方法

导航系统时差监测综合来讲主要有两种方法:

- 双向卫星时间和频率传递(TWSTFT)、卫星共视接
- 收空间信号、伪距相位解算

其中,第一种方法需要在各个系统的主控站或者时间监测站进行。首先通过TWSTFT的方法,获得两个导航系统监测站的时差。在此基础上,考虑监测站本身与该导航系统的时差。综合这两种结果,能够得到不同系统的时差 TOI :

$$TO = UTC(k) - UTC(i) - [UTC(k) - GPST - UTC(i) + GLONASS] \quad (1)$$

第二种方法是基于地面GNSS接收机进行解算的方法。实际计算中也有两种方式：

1)、GPS主控站/监测站安装GLONASS接收机，或者GLONASS主控站/监测站安装GPS接收机

导航系统的主控站/监测站都安装有高精度、高稳定度的原子钟，能够监测测站本身与系统时间的差值，如果安装了另外一个导航系统的接收机，则同时也能获取基于该导航系统观测的测站钟差。将两种系统下的测站时钟进行比对就能得到系统时差 TO_2 ，例如在美国海军天文台安装GLONASS接收机，则

GPS/GLONASS时差为：

$$TO = [UTC(USNO) - GLONASST] + [GPST - UTC(USNO)] \quad (2)$$

2)、利用多站、多模观测网络以及广播星历卫星钟差

多导航系统的整体处理时，采取固定一个时间基准的方法，求得其它所有钟相对该基准的钟差，与此同时，解算每个多模观测站对于不同系统/卫星的硬件延迟之差。通过这样的解算方式，可以将所有GLONASS卫星的钟差的基准归算致GPS的时间基准之下。比较此条件下的GLONASS卫星钟差以及其自有系统下的钟差，可以得到系统时差 TO_3 ：

$$TO = Median \left\{ \begin{array}{l} [CLK^R - GPST] - \\ [CLK^R(BRD) - GLONASST] \end{array} \right\} \quad (3)$$

以上多模数据整体处理过程中，除了求取导航卫星轨道、钟差参数之外，还必须求取每个测站对不同系统/卫星的硬件延迟之差。该产品也可以提供给用户作为多模导航定位的输入量。

3上海天文台GNSS全球数据分析中心(SHA)

为实现导航系统的时差监测，提供方便用户使用的统一的轨道以及钟差产品，上海天文台正在发展GNSS全球数据处理系统。该系统整体处理各种导航系统的观测数据，从而最大程度满足用户多系统兼容与互操作的要求。

上海天文台GNSS精密定轨定位分析处理系统从2011年6月开始，实现了GNSS数据自动处理的功能。其运行流程如下图所示：



图1 GNSS高精度定轨定位系统流程图

其中，数据服务系统自动定时下载所需的全球GNSS观测数据以及系统所需的输入公报产品；数据分析系统自动对GNSS数据进行处理，得到各种参数；产品服务将所有参数按照通用的格式生成各种产品。

基于以上数据处理平台，上海天文台处理的数据（如下图所示）为IGS网络采用的测站约为110个，其中约50个测站具有GPS/GLONASS双模观测数据。长时间的产品比较表明，SHA提供的产品精度与IGS产品在一个精度水平(陈俊平等，2011a，2011b)。

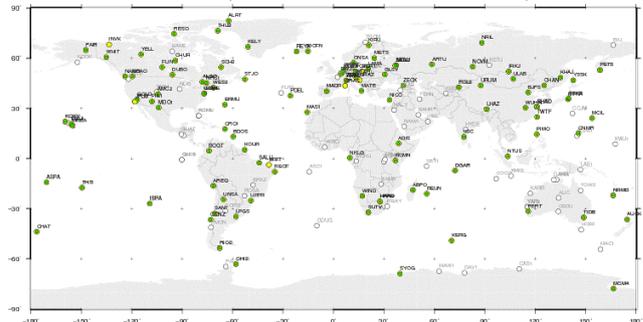


图2 SHA日常处理的IGS网络示意图

4 GPS/GLONASS系统时差

基于以上观测网络以及数据处理平台，整体处理GPS/GLONASS观测数据，基于(3)式，可以监测、解算GPS/GLONASS的系统偏差。下图列出了SHA估计的GPS/GLONASS时差以及广播星历中得到的系统时差（未扣除UTC(USNO), UTC(SU)之间的差值）。可以看出两种结果存在很好的一致性。

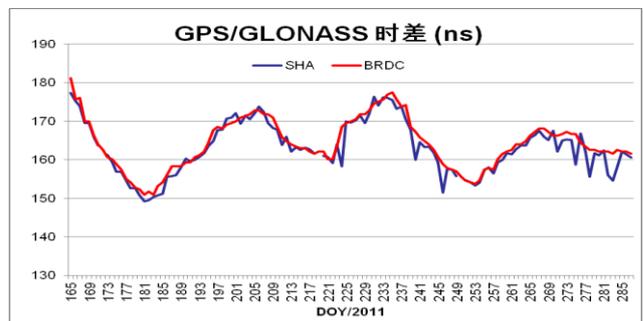


图3 GPS/GLONASS时差

GNSS数据处理过程中，一般不对硬件延迟进行标校，从而该偏差会被钟差参数吸收。在多模观测的情况下，由于接收机对不同系统的硬件延迟不一样，

从而需要在解算系统时差的同时，对每个多模测站对于不同GLONASS卫星存在相对硬件延迟(相对于GPS系统的硬件延迟)进行解算。下图列出了测站ONSA上GLONASS系统R01卫星相对硬件延迟的变化情况。

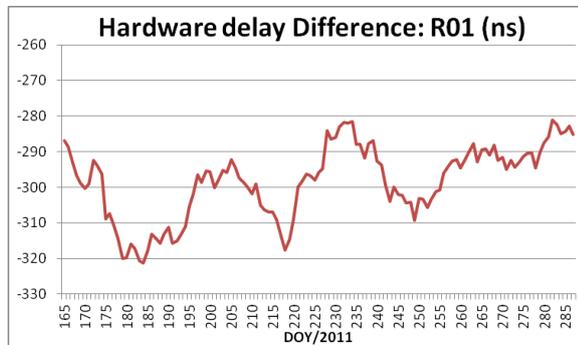


图4 ONSA测站上，GLONASS卫星R01相对于GPS系统的硬件延迟

5 系统偏差在多模导航定位的应用

利用2011年8月21日IGS观测站的观测数据，分四种策略进行伪距导航定位计算：

- (1) 单独GPS系统
- (2) 单独GLONASS系统
- (3) 引入系统时差的GPS/GLONASS组合导航
- (4) 在GPS/GLONASS组合导航定位的基础上引入已知的相对硬件延迟

其计算结果如图5所示：

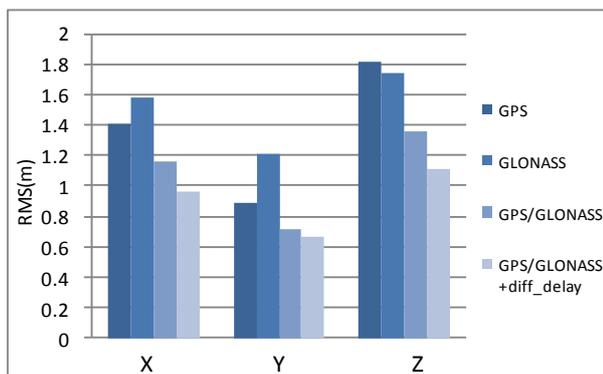


图5 不同策略下的导航定位精度

图5的结果表明，GPS结果略优于GLONASS，而GPS/GLONASS组合单点定位精度明显优于单系统，在组合单点定位中再加入由上海天文台GNSS数据分析中心提供的硬件延迟偏差后定位精度最佳。

6 总结

本文分析了多系统时差监测的不同方法。介绍了上海天文台GNSS全球数据分析中心SHA的基本情况，分析了SHA提供的GPS/GLONASS系统时差参数以及测站相对硬件延迟参数。并分析了导航用户基于系统时差以及相对硬件延迟产品的导航定位精度情况。结果表明，GPS/GLONASS系统时差参数长期看来比较稳定，这一方面反映了上海天文台GNSS全球数据分析中心产品的高精度，另一方面也说明GPS以及GLONASS系统的系统时间维持比较稳定。采用SHA提供的系统时差以及相对硬件延迟产品，可以减少导航用户的必须观测数，同时增加了多余观测值，提高了卫星导航的可靠性、完好性和连续性。

References (参考文献)

- [1] J. Hahn and E. Powers, 2005, "Implementation of the GPS to Galileo Time Offset (GGTO)," in Proceedings of the 2005 Joint IEEE International Frequency Control Symposium and Precise Time and Time Interval (PTTI) Systems and Applications Meeting, 29-31 August 2005, Vancouver, Canada (IEEE 05CH37664C), pp. 33-212.
- [2] J. Hahn, E. Powers: A Report on GPS and Galileo Time Offset Coordination Efforts, in Proceedings of the TimeNav 07 Meeting, May 2007, Geneva, Switzerland
- [3] C. Hegarty, E. Powers and B. Fonville: Accounting for Timing Biases between GPS, Modernized GPS, and Galileo Signals, in Proceedings of the 36th Annual Precise Time and Time Interval (PTTI) Systems and Applications Meeting, 7-9 December 2004, Washington, D.C.
- [4] 王解先, 陈俊平(2011): GPS 精密定位软件研制与应用, 同济大学学报(自然科学版), PP 764-767, 39(5), 2011
- [5] Shanghai Observatory GNSS Analysis Center: www.shao.ac.cn/shao_gnss_ac. 上海天文台GNSS数据分析中心.
- [6] 陈俊平, 吴斌, 胡小工, 李浩军(2011a): 上海天文台陆态网络数据分析中心, CSNC2012, 2011
- [7] 陈俊平, 吴斌, 胡小工, 李浩军(2011b): 上海天文台 GNSS 全球数据分析中心, CSNC2012, 2011