

一种应用于 GPS 和 BD2 联合导航 接收机中的辅助同步方法

李 尤, 何文涛, 徐建华, 叶甜春

(中国科学院 微电子研究所, 北京 100029)

摘 要: 为了提高卫星的同步效率, 提出了一种兼容 GPS 和 BD2 的辅助同步方法, 能够在已经同步的卫星信息的辅助下, 使新的卫星信号从锁定状态立刻进入帧同步状态, 从而快速获得其发射时间并使之参与定位。同时, 本方法还支持不同系统的卫星之间的辅助同步。本方法稳定有效, 尤其是复杂环境下, 显著提高 GPS 和 BD2 联合导航接收机的性能。

关键词: GPS; 北斗; 联合导航接收机; 辅助同步; 系统间辅助

中图分类号: TN961

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)09-0079-03

A Synchronization Assistance Method in GPS and BD2 Combined Receivers

LI You, HE Wen-tao, XU Jian-hua, YE Tian-chun

(Institute of Microelectronics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: To speed up the procedure of obtaining the transmit time of satellite signals, a new method is proposed to assist synchronization of satellite signals which can be therefore used for positioning immediately. Moreover, this method can also support the assisted synchronization between different satellite systems. The test conducted to assess the new method corroborate that it is stable and efficient, and can remarkably improve the performance of the GPS and BD2 combined receiver especially in obstructive circumstances.

Key words: GPS; BD2; combined receiver; synchronization assistance; inter-system assistance

1 引言

目前, 快速获取卫星的发射时间的方法主要有两类。第一类是从同步方法的角度出发: 通过各种高灵敏度^[1]、高动态^[2]、微弱信号同步方法^[3]实现卫星信号的快速同步, 但无论使用哪一种方法, 卫星从锁定状态到同步状态, 都需要几秒甚至几十秒的时间, 这是由卫星信号的结构决定的; 另一类则是从发射时间预测的角度出发: 通过基于接收机时间辅助的快速首次定位技术^[4]快速获得卫星的发射时间, 但这种技术实现的是基于粗略 RTC 时间对卫星发射时间的估计, 存在着整毫秒的模糊度, 增加了接收机

需要解算的未知数, 并且存在较大的误差, 因此基于这种技术的定位结果误差也更大。

为了解决以上问题, 本文提出了一个利用卫星的信息实现辅助同步的方法。本方法能够在已经实现同步的卫星信息的辅助之下, 令其他卫星直接实现同步, 并立刻参与定位。同时, 考虑到多系统组合导航的优越性^[5], 本方法还支持不同系统之间的辅助, 有效提高 GPS 和 BD2 联合接收机的性能。

2 辅助同步方法

2.1 单系统辅助同步

卫星的发射时间构造公式如下^[6], 单位为秒:

收稿日期: 2012-11-08; 修回日期: 2012-12-14

基金项目: 中国第二代卫星导航重大专项(GFZX03030204)

$$t = \text{TOW} + (30w + b) * 0.020 + (c + \text{CP}/1023) * 0.001 \quad (1)$$

式中, t 表示卫星的发射时间, TOW 为当前子帧起始沿对应的周内时, w 为当前子帧中已经接收到的字, b 为当前字中已经接收到的比特, c 为当前比特中已经收到的整周 C/A 码, CP 为收到的信号片刻在当前这周 C/A 码中的码相位. 显而易见地, 只要实现了码环锁定, 得到了码相位测量值 CP , 就可以获得卫星发射时间的小数毫秒部分. 此时, 只要准确预测卫星发射时间的整数毫秒部分, 就可以快速地实现同步, 获得卫星完整的发射时间. 将需要预测的卫星 j 的发射时间分为整数毫秒和小数毫秒两部分, 即可构造卫星 j 的接收时间:

$$t_r = Nt_j + Dt_j + \tau_j \quad (2)$$

式中, t_r 表示卫星 j 的信号到达接收机的时刻, τ_j 表示卫星 j 的传输时间预测值, Nt_j 和 Dt_j 分别为卫星 j 发射时间的整数毫秒部分和小数毫秒部分. 由于 Dt_j 和 τ_j 是已知的, 只要选取当前系统一个已经同步的卫星 i , 就能估计卫星信号的接收时间 t_r , 进而估计卫星 j 的整数毫秒发射时间并组装完整的发射时间:

$$t_r = t_i + \tau_i \quad (3)$$

$$Nt_j = \text{round}(t_r - (Dt_j + \tau_j)) \quad (4)$$

$$t_j = Nt_j + Dt_j \quad (5)$$

式中, t_i 和 τ_i 分别为卫星 i 的发射时间和预测传输时间, $\text{round}()$ 表示对一个实数就近取整.

2.2 多系统辅助同步

由于不同的卫星系统采用不同的时间系统, 因此, 考虑多系统辅助同步方法时, 需要考虑到两个系统的时间偏差. 系统时间偏差的一个来源是卫星播发的历书参数:

$$dt_{\text{sys}} = ls_{\text{BD}} - ls_{\text{GPS}} \quad (6)$$

式中, dt_{sys} 表示 BD2 系统与 GPS 系统之间的时间差, ls_{BD} 表示 BD 系统的 UTC 跳秒参数, ls_{GPS} 表示 GPS 系统的 UTC 跳秒参数. 当接收机有效定位后, 系统时间差可以从最小二乘的定位结果中获得:

$$dt_{\text{sys}} = (t_{\text{BD}} - dt_{\text{u,BD}}) - (t_{\text{GPS}} - dt_{\text{u,GPS}}) \quad (7)$$

式中, t_{BD} 和 t_{GPS} 分别表示 BD 和 GPS 系统下的接收机时间, $dt_{\text{u,BD}}$ 和 $dt_{\text{u,GPS}}$ 分别表示从最小二乘的定位结果中得到的接收机时钟相对 BD 和 GPS 系统的偏差. 事实上, 根据 UTC 的跳秒参数获得的系统时间偏差估计值和根据最小二乘定位结果获得的准确值之差只有几百纳秒, 远远小于毫秒级别, 因此, 使用任意方法得到的系统时间偏差都可以直接用来

实现系统之间的辅助同步. 得到两个系统的时间偏差后, 即可使用一个系统的参考卫星 i 的信息估计另一个系统的卫星 j 的接收时间:

$$t_r = t_i + dt_{\text{sys}} + \tau_i \quad (8)$$

式中, t_i 和 τ_i 分别为卫星 i 的发射时间和预测传输时间, dt_{sys} 为两个系统之间的时间偏差. 后续步骤与单系统的同步辅助方法完全相同, 这样便实现了多系统间的同步辅助.

3 测试与分析

测试采用的场景和设备为:

(1) 场景: 杭州

① 正常城市环境(动态)

② 复杂城市环境(动态)

(2) 接收机: GPS/BD2 双模导航接收机

图 1、图 2 分别记录了两个测试场景下, 采用辅助同步方法所增加的系统数目和卫星数目. 其中, 正方形点状标记显示了增加的系统个数, 条形标记显示了增加的卫星个数. 图 1 为正常的城市环境动态场景(场景 1)的情形, 此时, 使用辅助同步方法时参与定位的卫星个数在 14.63% 的情况下比未使用辅助方式时参与定位的卫星个数多, 有时多达 3 颗. 图 2 为复杂的城市环境动态场景(场景 2)的情形, 由图可见, 系统个数和卫星个数较未使用辅助同步时均有明显增加, 部分时间增加的卫星个数多达 4 颗. 这说明, 越复杂的城市环境下, 卫星的遮挡、丢失越严重, 而辅助同步方法能够帮助接收机在第一时间利用重新锁定的卫星, 提高接收机的定位能力.

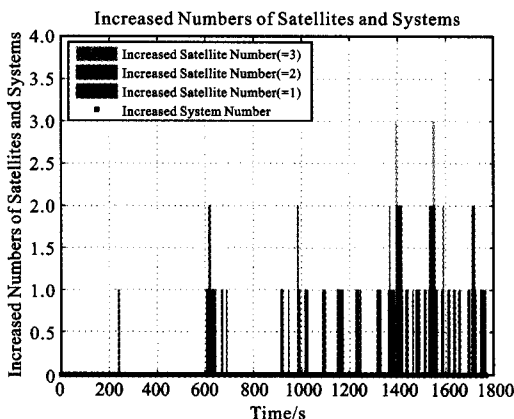


图 1 正常城市环境动态场景(场景 1)下采用辅助同步方法增加的卫星和系统个数

图 3 和图 4 分别提取了环境最恶劣的场景下的数据. 图 3 显示了采用辅助同步方法时参与定位的系统和卫星个数(上图)和未采用辅助同步方法时参

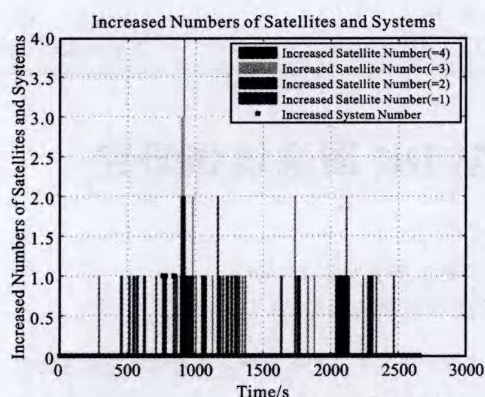


图2 复杂城市环境动态场景(场景2)下采用辅助同步方法增加的卫星和系统个数

与定位的系统和卫星个数(下图). 图中,条状标记表示参与定位的卫星个数,细曲线表示参与定位的系统个数,粗直线表示值为9的卫星个数. 如图所示,采用辅助同步方法时的卫星个数明显优于未辅助时的卫星个数;有些情况下,卫星系统个数也比未采用辅助同步方法时多了1个,这说明,辅助同步方法有效地实现了系统间的辅助. 图4显示了采用辅助同步方法时的定位点(方形地标)和未采用辅助同步方法时的定位点(圆形地标). 从图中可以明显地看到,在卫星信号被城市高楼和高架桥严重遮挡的复杂环境下,采用辅助同步方法的定位点比未采用辅助同步方法时更准确.

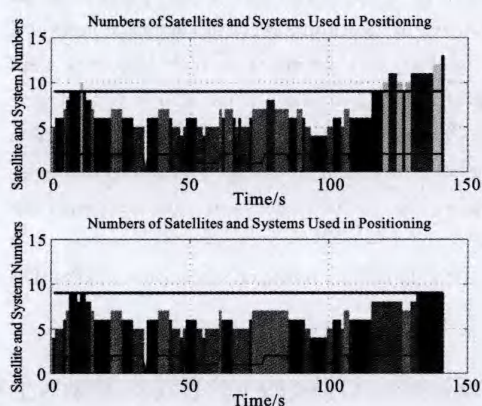


图3 复杂环境下采用辅助同步方法(上图)和未采用辅助同步方法(下图)时用于定位的卫星个数和系统个数

表1总结了两个测试场景下使用辅助同步方法增加的卫星个数和系统个数的百分比. 从表中可以直观地看出,动态场景下,尤其是在复杂的城市环境下,辅助同步方法有效提高了GPS和BD2联合接收机的可用系统和卫星的数目.

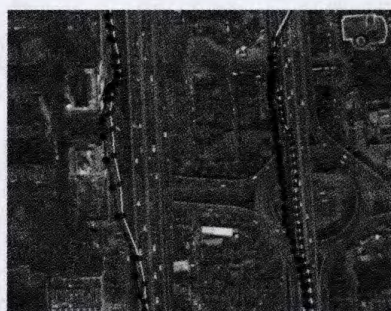


图4 复杂环境下采用辅助同步方法(方形地标)和未采用辅助同步方法(圆形地标)时的定位点

表1 使用辅助同步方法增加的卫星个数和系统个数概览

Scenario	Increased SV>0	Increased SV>1	Increased SYS>0
City (normal)	14.63%	2.44%	0
City(obstructive)	17.37%	1.58%	0.41%

4 结束语

本文提出的应用于GPS和BD2联合接收机中的辅助同步方法,能够准确无误地实现系统内部和系统之间的辅助同步,有效地提高卫星及其系统的可用率,尤其在复杂城市环境下,使得接收机更加稳定可靠,性能更优.

参考文献:

- [1] 何文涛,徐建华,叶甜春,等. 一种基于数字匹配滤波的高灵敏度GNSS信号同步方法[J]. 微电子学与计算机, 2011, 28(3):48-50.
- [2] 李新山,郭伟,谢先斌. 一种高动态、弱信号GPS比特同步方法[J]. 电子与信息学报, 2011, 33(10): 2521-2525.
- [3] 王勇松,赵民建. 微弱GPS信号精捕获方法[J]. 宇航学报, 2010, 31(12):2571-2676.
- [4] 曾丹丹,何文涛,徐建华. AGPS中减少首次定位时间的方法[J]. 微电子学与计算机, 2010, 27(7):157-160.
- [5] Diggelen F V, Abraham C, Salas J D, et al. GNSS inside mobile phones: GPS, GLONASS, QZSS, and SBAS in a single chip[J]. Inside GNSS, 2011(3):50-60.
- [6] Kaplan E. Understanding GPS: principles and applications[M]. Second Edition. Boston, LONDON: Artech House, 2006.

作者简介:

李 尤 女,(1985-),硕士研究生. 研究方向为GNSS信号处理.