

GPS 共视授时中的多径效应分析

彭啸虎, 米亮

(重庆邮电大学 通信学院, 重庆 400065)

摘要:介绍了 GPS 共视授时的基本原理,在此基础上分析了 GPS 共视授时中多径效应影响。多径效应是 GPS 接收机测量中遇到的主要误差之一,减小多径误差可以提高 GPS 共视授时的精度。该文分析了目前抗多径的方法,同时探究了 GPS 共视授时中怎样进行抗多径干扰,该结论对进行 GPS 共视授时研究有一定的参考价值。

关键词:GPS 共视;授时;多径效应;抗多径

中图分类号:TP311 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3044(2013)01-0035-03

GPS Common-view Time Service in the Multipath Effect Analysis

PENG Xiao-hu, MI Liang

(Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract: Introduces the basic principle of GPS common-view time service, on the basis of the analysis of GPS common-view time service in the influence of multipath effect. The multipath effect is GPS receiver is measured in one of the major errors, reduce the multipath error can improve the GPS common-view time service precision. This paper analyzes anti-multipath methods, and explores GPS common-view time how anti multipath interference, the conclusion of the GPS common-view time service research has a certain reference value.

Key words: GPS common-view; time service; multipath effect; anti multipath

在国防建设、国民经济和基础科学研究中,离不开时间频率的作用,它也是一个重要的基本物理量。精确度高的时间频率对我国的通信事业以及国防建设等起着重要的意义。GPS 共视授时作为目前时间频率远距离量值传递的主要方法之一,传递不确定度可达几个纳秒。该技术也是目前国际计量局(BIPM)用于国际原子时合作的基本手段之一。

众所周知,GPS 授时具有很高的精度,但也有卫星钟差。GPS 共视授时却可以消除,但不能完全消除非共同的误差,这些误差成为影响 GPS 共视测量精度的主要因素。这些限制性因素主要包括:对流层延迟误差、电离层时延误差、卫星信号多径干扰误差、接收机位置误差、几何时延误差以及接收机内部误差等。

本文详细研究了共视授时技术,阐述了基本原理,给出了数学模型,同时分析了共视授时的主要误差之一——多径干扰误差,在该基础上分析了目前抗多径的方法,再探讨了 GPS 共视授时中具体抗多径干扰的方案。该结论对提高共视授时实验的精确性有一定的参考价值。

1 GPS 共视授时基本原理

GPS 共视技术由美国标准技术研究院(NIST)于 20 世纪 90 年代初提出。共视法的含义是指:在地球上的两个原子钟,能够在任何地点,在同一时间能够同时接收同一个卫星时间信号进行比对。目前,共视法也是国际计量局(BIPM)用于国际原子时合作的基本手段之一。

共视法基本原理框图如图 1 所示:设 A 地点接收卫星信号的时刻为 t_A ;B 地点接收卫星信号的时刻为 t_B ;GPS 卫星信号时间为 t_{GPS} ;GPS 共视测量基本原理如下:在没考虑对时误差修正的情况下,两地的 GPS 时间接收机遵循同一共视时间表的情况下,对同一颗 GPS 卫星时间信号进行同步接收,每个接收机将收到的 GPS 秒脉冲,送至时间间隔计数器,与本地原子钟输出的秒脉冲进行比较,在 A 地得到本地时刻 t_A 与 t_{GPS} 差 Dt_{AGPS} ,同时,在 B 地得到 t_B 与 t_{GPS} 差 Dt_{BGPS} 。然后通过通信网把其中一方的数据传到另一方的计算机中,进行两式相减,即可得两地的两台原子钟的时间差。

$$Dt_{AGPS} = t_A - t_{GPS} \quad (1)$$

$$Dt_{BGPS} = t_B - t_{GPS} \quad (2)$$

收稿日期:2012-11-24

作者简介:彭啸虎(1986-)男,安徽六安人,在读硕士研究生,研究方向为卫星导航;米亮(1987-)男,陕西榆林人,在读硕士研究生,研究方向为卫星导航。

本栏目责任编辑:冯蕾

$$Dt_{AGPS} - Dt_{BGPS} = t_A - t_{GPS} - (t_B - t_{GPS}) = t_A - t_B = Dt_{AB} \tag{3}$$

经过反复多次测量后,不同的时刻得到不同 Dt_{ABi} ,如公式(4),由此在一段时间内可算出两台原子钟平均相对频率差,其中 f_A 、 f_B 分别为两台时钟的频率, t 为平均时间间隔。

$$\frac{f_A - f_B}{f} = \frac{Df}{f} = \frac{Dt_{ABi+t} - Dt_{ABi}}{t} \tag{4}$$

在测量中,通过GPS共视法可以消除两站共同存在的误差,例如卫星钟误差。但存在一些不能消除的非共同误差,下面就介绍卫星信号多径干扰产生的误差。

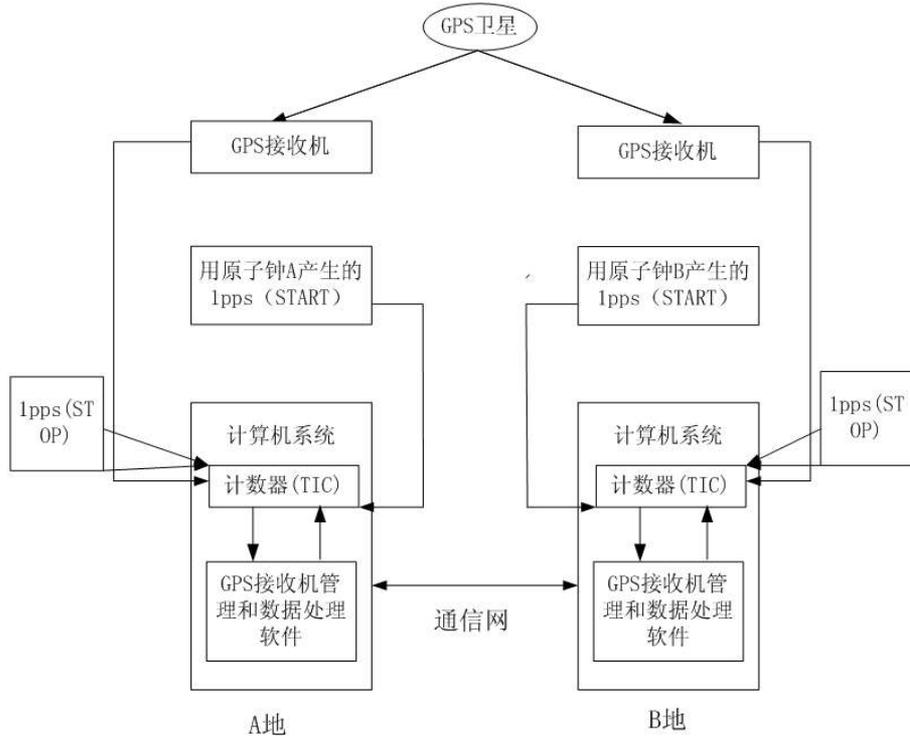


图1 GPS共视法基本原理框图

2 多路径效应

2.1 多径效应

GPS接收机在接收卫星信号的过程中,其天线除了接收卫星方向的信号,还接收到其它方向反射回来的信号,因此,接收机收到的信号不仅是直射波,还包含了反射波。直射波和反射波经过的路径不同,接收机接收的组合信号会变形,产生多径效应误差。该误差主要由接收机周围的物体产生反射导致的,如建筑物的遮挡、飞机或者其他空间飞行器的反射体等。下图说明了存在的多径效应,在图2中,接收机天线接收到的信号来自3个方向,有一个是直接到达,另外两个间接到达。因此,信号到达的路径不同导致接收机天线所收到的信号有延迟,产生相位偏移,并且路径长度越长,相位差越大。反射信号的路径具有随机性,因此不能用一个通用的模型去描述多路径。

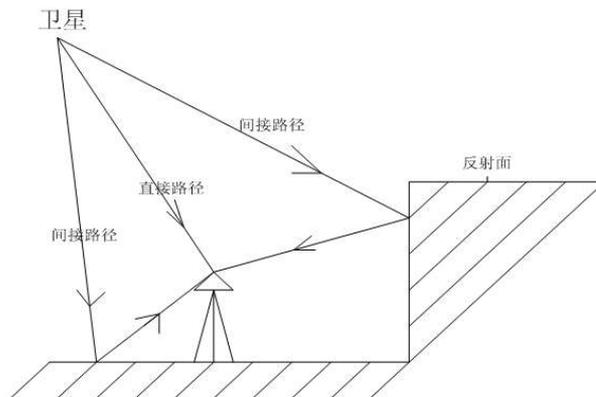


图2 多径效应

2.2 GPS 共视中的多径效应

由上所述, GPS接收机测量过程中的多径效应是主要误差之一。接收机天线的不同或者其周围环境都能引起多径效应。而进行共视授时的接收机, 由于位置的不同导致其周围环境以及相对于同一颗卫星的仰角和方位角不同, 故非相关性是多径效应的一个重要特征。在距离较近的共视中, 空间相关性较强, 能够大幅度削弱电离层和对流层的影响, 也能减弱星历误差的影响, 但是无法消除多径效应, 因此多径效应是近距离共视中所遇到的主要误差, 故设法抑制多径效应影响是单站观测时必须考虑的因素。在GPS共视测量中, 有载波相位多径和伪码多径两种。一般多径对伪码观测值的影响更复杂, 和载波相位多径误差相比, 大约为200倍。进行共视测量的接收机一般为伪码接收机, 故GPS共视中主要考虑伪码多径的影响。

3 抗多径方法

3.1 目前抗多径的方法

对接收机天线场地的选择是减轻多径影响的主要因素, 为防止天线接收到水平面和水平面以上的反射波, 天线的位置应高于反射体。除该因素之外, 目前有以下几种措施, 来进行抗多径。

1) 使用相干延迟锁相接收机。实验证明, 使用相干延迟锁相接收机, 抗多径干扰能力强于使用非相干延迟锁相接收机。1992年, Dierendonck等人描述了可在GPS接收机中减弱多径干扰的专利设计。该设计方案是, 在非相干延迟锁相环中, 通过采用超前和滞后相关器窄间隔, 由小部分的相关函数构成鉴相器, 这些相关函数在峰值附近, 这样可以减小10倍的最大多径误差, 而多径影响大于或等于一个码片的相对延迟可以完全消除。进一步的研究表明, 窄相关的概念也适用于相干延迟锁相环。

2) 设计抗多径的天线。扼止环(choke ring)天线是目前专门进行抗多径的天线, 且抗多径干扰明显。该天线主要由一些同心环构成。同心环是以天线振子为中心、垂直对准的, 并且连到底板上。天线接收到的水平方向或负仰角的多径信号通过这些垂向环被衰减。当扼止环天线处在良好的环境场地时, 多径引起的测距误差变化范围是50cm~2m。

3) 对GPS共视接收机接收的数据进行处理。目前, 对接收机事后数据的处理来减小多径误差有多种, 其中较常用的一种方法是固定某个GPS接收机, 让其跟踪某颗GPS卫星, 通过该星的观测数据, 得到该卫星的方位角和仰角与多径干扰的函数关系, 这样可以适当改善, 消除多径误差。Jim Davis等人在1998年研制了一套多径与天线校准系统(Multipath and Antenna Calibration System, 简称MACS), 该系统不受多径影响, 因此可作为一个标准, 把进行观测的共视接收机与之一起对比, 就能得到进行观测的共视接收机的多径影响, 也就能进行修正。

3.2 GPS 共视授时中的抗多径方法

随着卫星导航系统愈加倾向于民用, 美国取消了SA干扰, 同时又开放了一个GPS信号频段, 对流层和电离层时延误差也得到修正, 共视授时的精度主要受多径影响。

通常GPS共视授时时, 可以通过采用抗多径干扰天线或改进接收机的性能来抗多径。但GPS共视授时的高精确性也受多径残余的影响, 仍需作为一个主要误差来考虑。并且随着卫星导航的发展, 共视中的其它误差得到有效消除, GPS共视中的主要误差很大程度上是多径干扰。故除了考虑天线和接收机方面的因素外, 还要进一步研究提高抗多径的方案来保证共视授时的高精确性。

1) 选择和改善接收机天线周围的环境。

一般进行共视授时, 两地的接收机位置保持固定不变, 且天线的位置是精确测量固定的。故利用这种特点, 选择适当的测试场地或改善周围的环境, 可提高抗多径能力。

由于多径由测试地点周围环境对信号的反射造成, 故要注意GPS接收机天线周围有没有容易产生反射的物体, 同时铺设能够有效吸收电波的材料。例如可以选择周围没有金属物品、干燥的地面、地形平坦建筑复杂度低的环境。并且地面矮小的植被如草丛、灌木丛能够有效的吸收微波信号, 可以优先选择这种环境。测量的时候也需考虑到天气的影响, 天气情况的好坏也使多径影响不同, 例如雨天导致地面反射增强, 多径干扰明显。

2) 根据多径的周日特性进行修正

在GPS共视测量中, 当接收机天线位置精确测量后, 位置就保持不变。而多径影响主要由接收机天线周围的反射波干扰引起, 反射波又主要由天线周围的环境引起, 固定位置的天线其周围的环境一般不变, 这样多径效应具有一定的周期性。GPS卫星周期是11小时58分, 故地球和卫星相对位置将在23小时56分后首次重复, 因此23小时56分也是多径效应周期。在进行GPS共视授时时, 测试接收机跟踪某颗卫星, 由接收到的卫星信号分析出卫星的方位角和仰角与多径干扰的关系, 进而得出其函数修正公式, 消除多径误差。一般GPS共视测量的卫星相对的方位角和仰角都是固定的, 这样只需得出多径影响的某个特定的卫星方位角和仰角, 而不用知道卫星方位角和仰角整个变化过程的函数关系。共视测量时都按照BIPM共视表进行, 用单通道接收机可每天进行48次全长跟踪, 且每天要比前一天提前4分钟, 即23小时56分。

3) 由接收机测量卫星信号的性噪比进行修正

进行共视实验时, 对测试接收机接收到的信号, 分析其值的信噪比判定观测结果的质量。通过减小那些因多径干扰产生误差的观测值的权重来对数据进行事后处理, 从而达到削弱多路径误差影响的目的。这种方法可以有效的降低多径干扰误差。

4) 利用定时中对接收机观测数据的事后处理

GPS观测的数据都带有噪声, 通过滤波器对其数据序列滤波能够去除噪声, Vondrak数字滤波器就是其中的一种。去除噪声影响后并提取多路径误差的模型, 同时由多径效应的周日特性函数关系, 能够对后续的GPS观测数据序列进行改正, 以提高GPS共视授时的精度。Daubechies小波滤波器也可以按照上述方式对观测数据进行事后处理。

(下转第40页)

址。在此并不需要选择目的地址,因为只有一个选择:IPv6到IPv4。

同样,当仅拥有IPv6到IPv4连通性的站点试图访问同时拥有IPv6到IPv4和本地IPv6连通性的站点时,在多个目的地址中主机的选择规则决定了IPv6到IPv4地址的选择,因为只有一个本地IPv6到IPv4源地址是有效的。

另一特殊情况是当某个拥有IPv6到IPv4和本地IPv6连通性的站点试图访问另一个仅有本地IPv6连通性的站点时,制订一个源地址的选择算法可确保得到站点的本地IPv6地址。在此并不需要选择目的地址,因为只需选择本地IPv6地址即可。

4.6 IPv6到IPv4转播

我们不妨做这样一个假设,只有IPv6到IPv4连通性的站点和仅有IPv6连通性的站点进行通信,这也是IPv6到IPv4的最复杂一种情况。这可通过同时支持IPv6到IPv4和IPv6连通性的IPv6到IPv4转播来实现。事实上,IPv6到IPv4转播就是一个IPv4/IPv6双层栈路由器。

IPv6到IPv4转播加载路线于IPv6底层组织所附带的2002::/16结构。IPv6网络必须过滤、丢弃任何超过16位的IPv6到IPv4前缀。此外,IPv6到IPv4转播必须加载本地IPv6路由策略允许的IPv6到IPv4连接,其中包括IPv6到IPv4路由器在只支持IPv6到IPv4连接的站点中选择一个BGP4+点对点进程,或是通过一个默认路由由IPv6到IPv4转播。

综上所述,如果一个只支持IPv6到IPv4转播的站点发送信息包给另一个只支持IPv6的站点,那么,它会发送一个封装的IPv6信息包给IPv6到IPv4转播,而IPv6到IPv4转播会删去IPv4头(解封封装)并把信息包传给那个只支持IPv6的站点。

从理论上来说,上述过程可能需要由多个IPv6到IPv4转播来实现,每一个转播分离一个IPv6的路由域。在实际应用中,所有的IPv6 ISP都被连在一起,即使是手动配置的,IPv6 ISP也是如此。

上文中笔者结合自己的工作经验和专业知识,对IPv6向IPv4的转换问题进行了分析,并提出了几种不同的解决方案,经过对比和分析后,笔者IPv4对IPv6的支持的方式是最适合的,所以在实际的应用过程中,设计人员应该充分的考虑现有的IPv4的网络现状和特点,采用IPv4的应用优势对IPv6的入站进行支持,从而实现更加灵活和准确的协议过渡,上文中笔者结合自己的专业知识,对这种方式进行了主要的分析,并从几个方面阐述了其应用的可行性,希望能够为有关部门所采纳,促进网络协议的快速发展和转换,实现更加顺畅和灵活的网络传输。

5 小结

在IPv6推广的过程中,如何由IPv4向其转换就成为了首先要攻克的技术问题,就目前应用中的网络来看,大多数都是基于IPv4的协议,所以,要想短时间内将其取代是不可能的,也就是说,即使使用IPv6,也要遵循一定的过度规律,逐步的将IPv4的体系进行取代。

参考文献:

- [1] 王卫民,李磊.IPv4向IPv6转移的安全问题初探[J].安阳工学院学报,2006(1).
- [2] 宁彬.IPv4/IPv6过渡机制探讨[J].福建电脑,2006(9).
- [3] 张池军,赵洪波.基于IPv4网络的IPv6过渡解决方案[J].长春工业大学学报(自然科学版),2006(3).

(上接第37页)

4 结束语

本文就共视授时中遇到的多径干扰,提供了几种方案,从硬件和软件两个方面提高共视授时精度。除了接收机和天线以及观测场地这些硬件方面,着重探讨了怎样从观测数据的事后处理角度进行抗多径干扰。具体实现,还有待深入研究。由于进行共视授时的环境具有复杂性、随机性,故建立一个确定的数学模型去描述多径效应的规律是很难做到的,故上述理论和方法给从事高精度GPS共视授时实验以及科研工作提供参考。

参考文献:

- [1] 王正明,高俊法.高精度国际时间比对的进展[J].天文学进展,2000(3).
- [2] 李征航,黄劲松. GPS测量与数据处理[M]. 武汉:武汉大学出版社,2005.
- [3] 张孟阳,吕保维,宋文森. GPS系统中的多路径效应的影响[J].电子学报,1998(3).
- [4] 黄丁发,丁晓利,陈永奇,等. GPS多路径效应影响与结构振动的小波滤波研究I-3[J].测绘学报,2001,30(1).
- [5] 黄声享,李沛鸿,杨保岑,等. GPS动态监测多路径效应的规律性研究[J]. 武汉大学学报:信息科学版,2005,30(10):77-80.
- [6] 国防科工委科技与质量司.时间频率计量[M].北京:原子能出版社,2009,9.
- [7] Vondrak J, Cepek A. Combined smoothing method and its use in combining earth orientation parameters measured by space techniques [J]. Astron Astrophys, 2000, 147:347-359.
- [8] 杨旭海. GPS共视时间频率传递应用研究[D].中国科学院研究生院博士学位论文,2003,4:17-19.