

Methods to Enhance the Stability of GPS Time Synchronization System

Lu She^{1#}, Guangzhong Cao¹, Shouqin Zhou², Daming Li¹, Yi Zhang¹

1. Shenzhen Key Laboratory of Electromagnetic Control, College of Mechatronics and Control Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China

2. China International Marine Containers (Group) LTD, Shenzhen 518067, China

Email: lushe2009@163.com

Abstract

GPS timing system is commonly used for time synchronization in the seismic exploration construction site. However, owing to the influences of environmental factors, there might come across some problems between GPS receiving module and one pulse per signal, such as timing corresponding. In view of the above problems, the author proposes a method by setting the GPS receiving module communication mechanism to improve the quality of communication between GPS receiving module and system. Proved by the experiment, this method can effectively enhance the stability of GPS time synchronization system.

Keywords: GPS Time Synchronization, 1PPS, NMEA, SiRF Binary

GPS 时间同步系统稳定性增强方法研究^{*}

余露¹, 曹广忠¹, 周受钦², 李大命¹, 张意¹

1.深圳大学 机电与控制工程学院, 深圳电磁控制重点实验室, 广东 深圳 518060

2.中国国际海运集装箱(集团)股份有限公司, 广东 深圳 518067

摘要: 在地球物理勘探等工程现场常利用 GPS 授时系统做时间同步, 但由于环境因素的影响, GPS 接收模块输出的时间信息与 1PPS 信号之间会出现时间对应关系不稳定的现象, 影响 GPS 时间同步系统的稳定性。针对该问题, 采用改变 GPS 接收模块的通信机制即提高串口通信速率, 和精简 GPS 接收模块串口输出语句两种方法, 达到准确捕捉 1PPS 信号, 进而实现精确时间同步的目的。经实验证明, 此方法稳定地获取到准确的时间同步信号, 增强了 GPS 时间同步系统的可靠性, 是有效可行的。

关键词: GPS 时间同步; 1PPS 脉冲信号; GPS 串口信息调整; NMEA; SiRF Binary

引言

全球定位系统 GPS (Global Positioning System) 具有全球覆盖、全天 24 小时连续实时地为无限多个用户提供高精度位置、速度和时间信息^[1]。可起到导航、定位和授时等作用, 被广泛用于电力系统、地质勘探以及航空航天等领域。

在地球物理勘探中, 如大地电磁观测阵列系统中常利用 GPS 授时系统来实现场源和各采集站之间在时间上的无线同步。GPS 定时型 OEM 板, 通过开发, 可实现具有体积小、全天候、干扰小、高精度、能实时得到精确时刻等特点^[2]。为达到更加精确的同步目的, 在获取准确的协调世界时间 UTC (Coordinated Universal Time) 的同时, 还需要利用 1PPS (One Pulse Per Second) 作为同步信号。但在使用过程中, 由于天气或地理位置等环境因素的影响, GPS 接收模块串口输出的时间信息与 1PPS 脉冲信号之间会出现时间对应关系不稳

^{*}基金资助: 1.国家自然科学基金, 项目编号: 51275312; 2.深圳市基础研究计划项目, 项目编号: JC201104210135A

定的现象，上位机在接收到时间信息后无法正常捕捉到准确的 1PPS 同步信号，无法给系统提供可靠的时间参考信息，导致时间同步失败，进而严重影响勘探数据资料的后期处理工作。且目前国内尚未有对此问题的详尽研究，因此，对于提高 GPS 时间同步系统稳定性方法的研究具有重要意义。

1 GPS 时间同步系统结构及工作原理

GPS 时间同步系统主要由两个部分组成：GPS 接收模块（GPS OEM：Global Positioning System Original Equipment manufacture）和上位机。基本结构如图 1 所示。

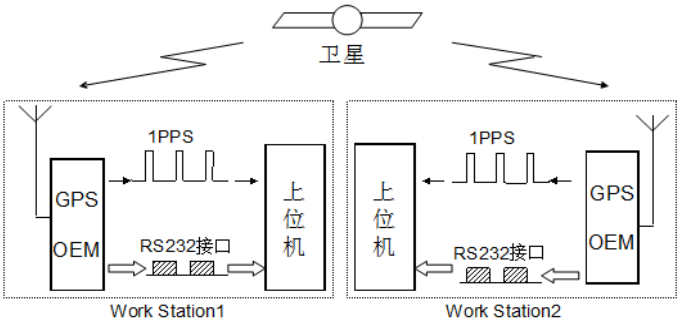


图 1 GPS 时间同步系统结构示意图

Work Station1 和 Work Station2 为两个工作站，每一个工作站中的 GPS OEM 通过 RS232/RS485 总线与上位机的串口相连。GPS 接收模块与上位机之间的串口通讯常使用 SiRF Binary（SiR 二进制）协议和 NMEA（National Marine Electronics Association）协议这两种协议。

当 GPS OEM 取得有效导航解之后，除了输出符合 NMEA-0183 标准中常用的 \$GPGGA、\$GPZDA 数据包外^[3]，还可以输出秒脉冲信号 1PPS，1PPS 信号不包含绝对时间信息，是一种结构最简单的的时间同步信息。1PPS 信号每秒钟输出一个脉冲，其上升沿或下降沿与世界协调时（UTC）在秒点是对齐的，同步精度对不同 GPS 接收机是不一样的，对高精度接收机可小于 100ns^[4]。GPS 接收机严格在每一个脉冲的上升沿或下降沿时刻进行一次伪距、伪距率、载波相位等测量^[5]。

两个工作站分别从自身所挂接的 GPS 接收模块获得数据包，并依据通信协议解码出时间信息，但此时间信息只能为系统提供较为粗略的时间参考，无法实现较为精确的时间同步，误差范围在毫秒级。因此各工作站需要以 1PPS 脉冲作为精确的时间同步信号，来实现较为精确的时间同步。

2 GPS 时间系统同步失败问题分析

当上位机在接收到串口时间信息之后，以此串口信息作为捕捉相应的 1PPS 秒脉冲的参考信息。但是 GPS 接收模块所输出的时间信息并不稳定，常出现延迟现象，导致系统错过了捕捉 1PPS 信号的最佳时机。在默认工作模式下，某一时刻不同工作站的上位机接收到的串口时间信息和 1PPS 信号之间的对应关系如图 2 所示。

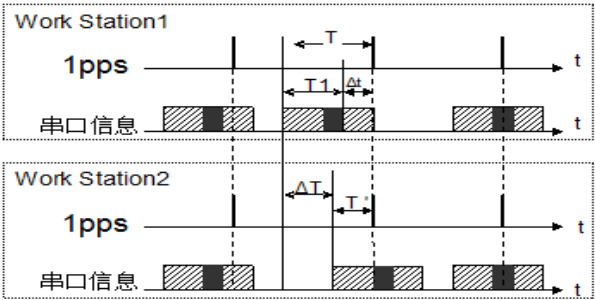


图 2 GPS 授时系统示意图

其中整个阴影部分宽度代表 GPS 接收模块串口输出的所有语句所占的时间片，黑色实心阴影宽度表示所需要的有用时间信息，即 ID 为\$GPRMC 语句中的部分字段所占用的时间片。由于通信波特率较低，且数据包大小不一，串口通信用时约为 400ms 至 800ms，1PPS 信号的脉宽小于或等于 1us，相对于串口通信时间为无穷短，所以脉冲宽度较小。

在 Work Station 1 中，设从 GPS OEM 开始传输数据到 1PPS 脉冲信号出现历时 T；从开始传输数据到有用时间信息传输完毕历经时长为 T1；则 $\Delta t = T - T1$ ，为等待捕捉 1PPS 信号的准备时间，只有当 Δt 足够大时，才能使系统具备充足的时间捕捉 1PPS 信号，并保证时间同步的稳定性，若 $\Delta t \leq 0$ 则不能准确接收到该时间信息对应的 1PPS。因此，当且仅当 $T1 < T$ 时，所捕捉到的 1PPS 信号才是准确、有效的，故 $T1 < T$ 是满足时间同步成功的必要条件。

当系统受到外界环境影响时，串口信息传输到上位机的时间将发生微小偏移，如图二中 Work Station2 所示：阴影部分向右偏移时将导致时间 T 缩短为 T'。当 T 缩短且 T1 增大到一定程度时，加之串口信息过于冗长，无用信息占用了大部分时间片断，此时将出现 $T1 \geq T$ 的情况，即 $\Delta t \leq 0$ ，不再满足时间同步条件，导致时间同步失败。

3 GPS 时间同步系统稳定性增强实现方法

3.1 方案拟定

在无法改变外界环境因素的条件下，本文同时采用了提高串口通信速率和精简 GPS 接收模块串口输出语句两种方法，达到缩短通信时间（T1），使上位机在接收到串口输出的时间信息后，有充足的时间为捕捉对应的 1PPS 脉冲信号做准备，增强串口通信在时间轴上的稳定性，从而提高同步系统的稳定性。

3.2 硬件平台

硬件方案如框图 3 所示，由 GPS OEM、上位机、外围接口电路以及数据采集模块或电磁脉冲场源（以下简称场源）组成。GPS OEM 使用 JUPITER31 系列，上位机使用高速单片机 C8051F060，利用 UART0 接口完成对 GPS 信息的读取和处理，以及捕捉 1PPS 信号等工作。

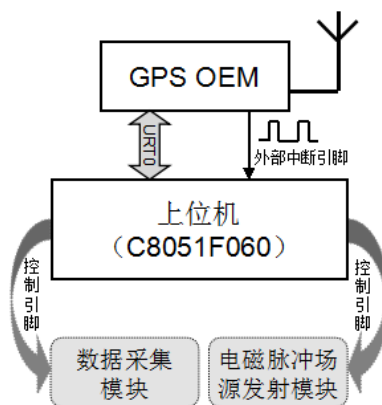


图 3 硬件系统示意图

3.3 软件实现方法

软件实现具体分为以下三步：

第一：预设值。按照 NMEA 协议，上位机通过串口向 GPS OEM 输入 ID 为\$GPSRF 的语句，对其进行预设信息，然后将通信协议由 NMEA 协议切换为 SiRF Binary 协议。

第二：编程设置 GPS 接收模块。按照 SiRF Binary 协议向 GPS 接收模块输入设置命令。包含两方面：将不需要的冗余信息的输出使能关闭，达到精简串口输出语句的目的；提高串口通信波特率，由默认的 4800bit/s

提高至 57600bit/s 或 115200bit/s。

第三：切换通信协议。将 GPS 接收模块通信模式由 SiRF Binary 协议切换为对应的 NMEA 协议，主要由于目前 NMEA 应用较为广泛，用该协议能增强 GPS 接收模块的通用性。

第四：完成时间同步工作。读取 GPS 模块的反馈信息，检查是否设置成功，如果设置成功，将根据 GPS 模块所提供的 UTC 时间信息，并结合外部中断捕捉 1PPS 信号，以 1PPS 信号作为同步信号通过控制引脚来执行场源发射或启动采集模块动作。

以上工作由上位机通过串口对 GPS 接收模块编程完成的，上位机对 GPS 编程的操作流程如图 4 所示。

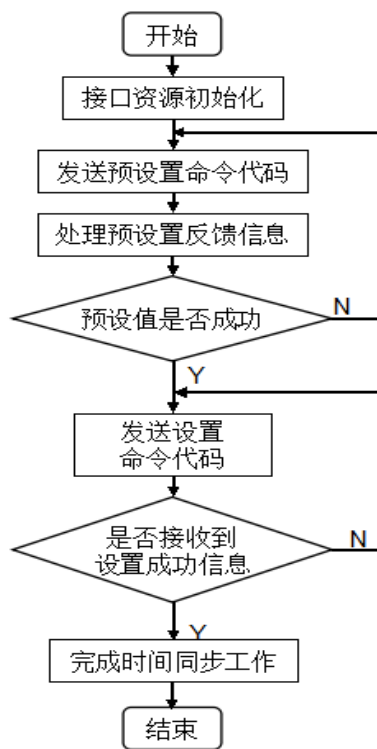


图 4 软件程序流程图

4 实验结果分析

大地电磁观测阵列系统由瞬变电磁脉冲场源和电磁观测阵列两部分构成主，这两部分在信号发射和采集上需要严格的时间同步。为验证本方法在实际应用中的效果，分别按照常规方法和本文所述方法使用 GPS 时间同步系统，通过对工程现场采集的数据进行分析，判断两种方法在时间同步稳定性上的差异。

在工程过程中，电磁脉冲场源在 GPS 时间节拍的控制下，在每分钟的整分时刻激发电磁脉冲，同时观测阵列的数据采集系统也在整分时刻启动 A/D 转换进行数据采集，记录地层的电磁脉冲响应。并且两者均以某时刻从 GPS 接收模块所读取到的 1PPS 信号为触发信号进行电磁脉冲发射和数据采集动作，采样时间长度为 3.44 秒。因此，如果接受和发射条件不变，在时间同步成功的情况下，每分钟电磁脉冲出现的时刻应该是固定的。若时间同步失败，每分钟电磁脉冲将出现延迟、提前或是正常。

以下数据反映的是湖北省某地的大地瞬变电磁脉冲响应情况，在若干组实验中我们随机抽取两组。按照常规方法使用 GPS 时间同步系统得到的数据如图 5(a)所示。三个序列为 2013 年 3 月 20 日下午的工程实践中，随机抽取的连续三分钟内地层的电磁脉冲响应信号。在此时间段内第一组序列和第三组序列中我们所观测到的电磁脉冲响应信号并没有出现在整份时刻而是延迟一秒。观察整个下午的所有数据，我们发现会随机的出现若干次这种现象。经分析此现象就是由于本文第二部分所述原因造成电磁脉冲场源不能准确捕捉到 GPS 接收模块的 1PPS 信号，导致触发发射延误 1 秒。

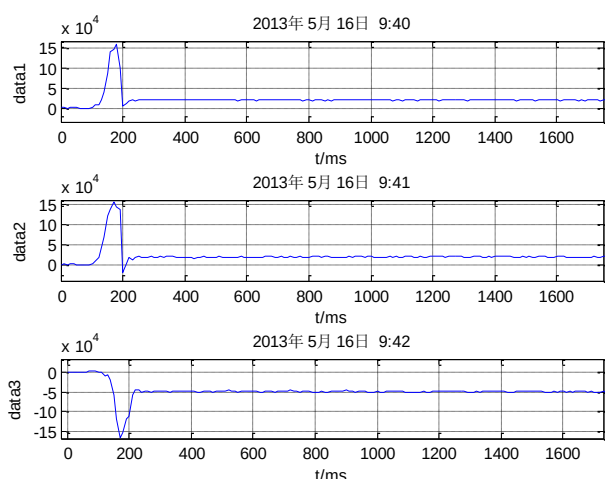


图 5(a) 常规方法实验数据图

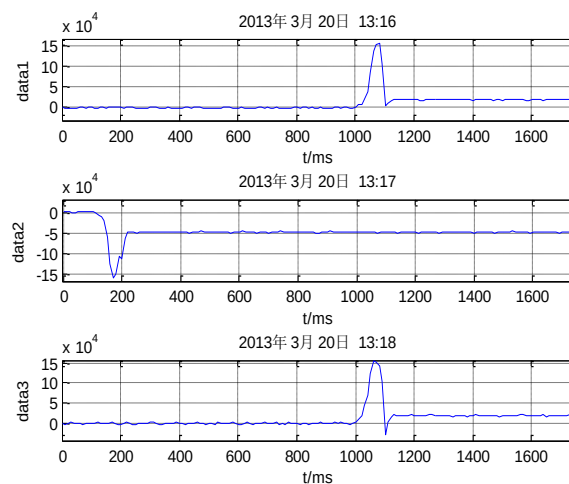


图 5(b) 增强方法实验数据图 5

在 2013 年 5 月 16 日的工程实践中我们以同样模式进行实验，但是时间同步上运用了本文所述方法，电磁脉冲响应情况如图 5(b)所示，每分钟所观测到的电磁脉冲都出现在同一位置，经查看当日所有的数据，并没有发现类似 2013 年 3 月 20 日所发生的情况，说明电磁脉冲场源的发射与数据采集的开启在时间上是同步的。之后经过多次试验，从数据分析中得出结论，利用本文所述方法能使电磁脉冲场源与观测阵列之间实现了准确的时间同步，可有效提高 GPS 时间同步系统的稳定性。

5 结束语

在 GPS 时间同步系统设计中，通过设置 GPS 模块的配置信息，改变 GPS 与上位机之间的通信机制，可加快两者之间的通信速度；同时精简通信内容，缩短 GPS 模块与上位机间的通信时间，使系统能够比较快速地获取到当前的时间参考信息，为准确捕捉 1PPS 时间同步信号提供了比较稳定的时间条件。经实验证明，本文提出的 GPS 时间同步系统稳定性增强的方法，能够提高 GPS 模块与上位机之间通信的可靠性，增强 GPS 时间同步系统的稳定性，具有较好实用效果，此方法在地球物理勘探、电力系统等领域具有较好的应用前景。

REFERENCES

- [1] 俞海国. GPS 时间同步系统的应用分析,青海电力[J], 2008.12
- [2] 张超. 利用 GPS OEM 板进行精确授时的研究[J], 信息工程大学学报, 2001.12
- [3] 肖远亮. NMEA-0183 数据标准在 GPS 技术中的应用[J]. 物探装备, 2003, 13(2)
- [4] 刘胜旋, 1PPS 时间同步对多波束测深质量的影响[J], 海洋测绘, 2011.3
- [5] 张开东, 吴美平. SINS/GPS 组合导航中的一种高精度时间同步方案[J], 战术导弹控制系统, 2006(4)

【作者简介】

余露 (1989-), 女, 汉, 硕士, 研究方向: 嵌入式及自动控制。Email: lushe2009@163.com