

北斗 ZDA 与移动 ZDA 协议转换设计与实现

程明,卢建福,罗晋

(中国电子科技集团公司第三十四研究所,广西 桂林 541004)

摘要:由于国产核心交换芯片的时间和日期(ZDA)接口一般为移动 ZDA 标准接口,与北斗卫星导航系统的北斗标准 ZDA 接口不一致,因此在以国产芯片为核心处理单元的骨干网中无法实现北斗时间的传输。设计了一种北斗 ZDA 接口标准协议与移动 ZDA 接口协议的转换方案,通过详细对比两者的日时间(TOD)数据帧的异同之处,以 Unix 时间戳作为中间媒介实现两者不同时间表达的转换。实验结果表明:在所搭建的网络环境下,北斗卫星接收机输出的 ZDA 可以稳定地转换成移动标准的 ZDA,且转换后的移动时间数据可正常稳定地被国产芯片解析并传输到核心骨干网中。

关键词:北斗时间和日期;移动时间和日期;协议转换

中图分类号:TN929.12 文献标志码:A 文章编号:1002-5561(2022)04-0107-04

DOI: 10.13921/j.cnki.issn1002-5561.2022.04.020

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Design and implementation of protocol conversion between Beidou ZDA and Mobile ZDA

CHENG Ming, LU Jianfu, LUO Jin

(The 34th Research Institute of CETC, Guilin Guangxi 541004, China)

Abstract: Since the time and date (ZDA) interface of the domestic core switching chip is generally the mobile ZDA standard interface, which is inconsistent with the Beidou standard ZDA interface of the Beidou satellite navigation system, the transmission of Beidou time cannot be realized in the backbone network with the domestic chip as the core processing unit. A conversion scheme between Beidou ZDA interface standard protocol and mobile ZDA interface protocol is designed. By comparing the similarities and differences of the two time-of-day (TOD) data frames between them in detail, the Unix timestamp is used as an intermediate medium to realize the conversion of different time expression between them. The experimental results show that under the built network environment, the ZDA output from Beidou satellite receiver can be stably converted into mobile standard ZDA, and the converted mobile time data can be parsed by domestic chips and transmitted to the core backbone network normally and stably.

Key words: Beidou time and date, mobile time and date, protocol conversion

0 引言

北斗卫星导航系统是我国着眼于国家安全和经济社会的发展需要,自主建设、独立运行的全球卫星导航系统,是为全球用户提供全天候、全天时和高精度的定位导航授时服务的国家重要时空基础设施^[1]。

收稿日期:2021-10-12。

作者简介:程明(1987—),男,广西桂林人,华中科技大学硕士,工程师,主要研究方向为光通信技术。参与了华为、烽火和中兴 SDH 设备边界互联管控项目,以及基于 PTN 的高精度授时、国产化超远距离有源光功率放大器等项目。



2020 年 7 月 31 日,习近平总书记向世界宣布北斗三号全球卫星导航系统正式建成开通,中国北斗迈入服务全球、造福人类的新时代。

在以美国为首的国外大国核心芯片禁运背景下,自主研发并应用国产核心芯片成为解决通信网络的唯一出路。但受限于核心交换芯片的发展,目前国产的核心二三层业务芯片采用移动时间与日期(ZDA)标准接口,实现对高精度时间的输入和输出。然而,移动 ZDA 标准接口无法与目前我国部署的北斗卫星导航系统中北斗 ZDA 标准接口兼容,故需要设计一套转换协议,才能将北斗授时时间传输给国产核心处理芯片,以便在核心网中同步北斗 ZDA。本文详细对比北

程明,卢建福,罗晋:北斗 ZDA 与移动 ZDA 协议转换设计与实现

斗 ZDA 标准接口协议和移动 ZDA 标准接口协议中的日时间(TOD)数据帧的异同之处,以 Unix 戳时间作为中间媒介实现两者不同时间表达的转换,以满足高精度时间传输的要求。

1 协议对比

1.1 北斗 ZDA 标准接口的 TOD 数据帧

根据技术协议《北斗卫星导航系统用户终端通用数据接口》规范^[2]可知,北斗 ZDA 标准接口的 TOD 信息数据以串行异步方式传送。第一位为起始位,其后是数据位,数据位的数据遵循最低有效位优先的规则。北斗 ZDA 标准接口定义的物理层接口参数如下:

- ①波特率:4800~115 200 b/s,可根据需要设定,默认值为 115 200 b/s;
- ②数据位:8 bit (d7=0);
- ③停止位:1 bit;
- ④校验位:无。

北斗 ZDA 标准接口协议定义的数据链路层要求,在串行数据中的通用语句标识符用 ZDA 标识 UTC 时间、日期和本地时区等。数据域中所有的字段都为 ASCII 可显示字符范围内字符,其定义的数据帧格式如下:

\$BDZDA,x,hhmmss.ss,xx,xx,xxxx,,xx,xx,hhmmss.ss,x.x,x,a*hh<CR><LF>

字段中以字符“\$”作为整个数据帧的起始符,以字符“,”作为分隔符,以字符“*”作为数据域结束符,字符“*”后 2 个字符为校验和,校验采用数据域亦或运算得到。数据域中各字段的内容如表 1 所示。

例如,\$BDZDA,2,020345.00,08,09,2021,-08,00,000.00,0.0,0,Y*25,其表示为北斗信号接收机返回 ZDA 信息,根据卫星无线电导航业务(RNSS)定时结果可知,当前 UTC 时间为 02:03:45,日期为 2021 年 9 月 8 日,当前时区为东八区,转换成北京时间为 2021 年 9 月 8 号 10:03:45,时间精度未检测,卫星状态锁定,TOD 串行数据的校验和为 0x25。

1.2 移动 ZDA 标准接口的 TOD 数据帧

《中国移动高精度时间同步 1PPS+TOD 接口规范》标准 QB-B-016-2010 中所定义的 TOD 信息物理层信号要求如下:

- ①波特率:默认值为 9600 b/s;
- ②数据位:8 bit,空闲帧为高电平;
- ③停止位:1 bit;
- ④校验位:无。

表 1 北斗 ZDA 标准接口协议各字段详细说明表

编号	内容	取值范围	说明
1	数据帧帧头字符串	BDZDA	固定值 BDZDA 标示本数据帧为北斗 TOD 数据
2	模式指示	1~9	1:RDSS 定时结果 2:RNSS 定时结果
3	UTC 时间	—	小时:分钟:秒
4	日	1~31	—
5	月	1~12	—
6	年	—	以 1970 年开始作为纪元年
7	本地时区	00~±13	通过 UTC 时间和本地时区的运算,即可得到本地时间。默认北京时间为东八区,数值为-8
8	本地时区分分钟差	00~59	
9	定时修正时刻	—	—
10	修正值	—	—
11	时间精度	0~3	0:未检测 1:0~10 ns 2:10~20 ns 3:大于 20 ns
12	卫星锁定状态	Y/N	Y:卫星锁定 N:信号失锁

注:RDSS 为卫星无线电测定业务。

移动 ZDA 标准接口中定义的 TOD 数据链路层数据帧格式如图 1 所示。移动 ZDA 标准接口定义的时间信息中各字段的内容如表 2 所示。包含有时间信息的消息,其定义的消息类型为固定值 0x01,消息编号为固定值 0x20,消息域长度为固定值 16,消息数据域的 16 Byte 的详细结构如表 3 所示。

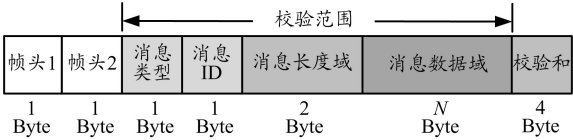


图 1 移动 ZDA 标准接口 TOD 链路层数据帧示意图

表 2 移动 ZDA 标准接口 TOD 时间信息详细说明表

编号	含义	长度/Byte	说明
1	帧头 1	1	以固定字符“C”表示,十六进制值 0x43
2	帧头 2	1	以固定字符“M”表示,十六进制值 0x4D
3	消息类型	1	消息类型规定了 TOD 消息的基本分类
4	消息 ID	1	消息 ID 定义了具体 TOD 消息的编号
5	消息域长度	2	消息域长度计算的有效范围只包括消息数据域,不包含帧头、消息类型、消息编号、消息长度域和帧校验序列域
6	消息数据域	N	实际的消息数据内容
7	校验和	1	采用循环冗余校验(CRC)校验算法,校验范围从消息类型开始到消息数据域结束,不包含帧头和校验和

表 3 移动 ZDA 标准接口数据域详细结构说明表

字节偏移量/Byte	数据长度/Byte	含义	说明
0	4	周内秒数	GPS 时间周内秒
4	4	Reserved	保留,默认值全 0
8	2	周数 Week	GPS 时间周数
10	1	Leap Second	闰秒数,GPS-UTC 为 GPS 时间相对于 UTC 的秒偏差量
11	1	秒脉冲状态	0x00=正常 0x01=原子钟-同步保持 0x02=不可用 0x03=高稳晶振-同步保持 0x04=其他设备-同步保持
12	1	Tacc	PPS 抖动量级(0~255 ns)以 15 ns 为单位
13	1	保留	默认值为 0
14	1	保留	
15	1	保留	

注:GPS 为全球定位系统。

以数据帧 43 4D 01 20 00 10 00 03 B4 0A 00 00 00 08 26 12 00 FF 00 00 00 C4 为例说明各字段表示的含义:

- ①43 4D 为帧头 1 和帧头 2;
- ②01 20 为时间信息消息类型 0x 01, 消息 ID 为固定值 0x20;
- ③00 10 为消息域长度 0x0010,十进制值为 16;
- ④00 03 B4 0A 为周内秒 0x0003B40A,十进制值为 242698;
- ⑤00 00 00 00 为保留值;
- ⑥08 26 为周数 0x0826,十进制值为 2086;
- ⑦12 为 GPS 相对 UTC 的偏差时间 0x12,十进制值为 18,表明当前 GPS 比 UTC 快 18 s;
- ⑧00 表示脉冲状态正常;
- ⑨FF 无意义;
- ⑩00 00 00 为保留值;
- ⑪C4 为 CRC 校验和 0xC4。

1.3 差异对比

北斗 ZDA 标准接口中定义的 TOD 信息与移动 ZDA 标准接口中定义的 TOD 信息的主要差异情况如表 4 所示。

2 软件设计

为了实现北斗 ZDA 标准接口的 TOD 信息与移动

表 4 北斗 ZDA 标准接口与移动 ZDA 标准接口差异对比表

接口	TOD 信息差异种类			
	数据帧格式	串行通信速率	校验和	时间表达方式
北斗 ZDA 标准接口	ASCII 可显示字符范围内字符	115 200 b/s	亦或运算	以 1970 年 1 月 1 日, UTC 标准计时,字符串直接显示 UTC 时间,本地时间可通过时区计算得到
移动 ZDA 标准接口	以十六进制数据编码方式显示	9600 b/s	CRC 运算	以 1980 年 1 月 6 日 GPS 时间纪元计时,以周和周内秒数表示时间,无法直接看出当前时间

ZDA 标准接口 TOD 信息的转换,本文以 Unix 时间戳作为时间信息表达中间媒介,对 2 种不同协议标准的 ZDA 进行转换。

2.1 Unix 时间戳

在 PC 系统中,Unix 时间戳是从 1970 年 1 月 1 日(UTC/GMT 的午夜)开始所经过的不考虑闰秒的总秒数。

2.2 北斗 ZDA 标准接口的 TOD 信息转 Unix 时间戳

北斗 ZDA 标准接口中定义的 TOD 信息以 ASCII 可识别字符形式标示了当前时间的时/分/秒、日/月/年信息;将该信息调整顺序后,即可得到 UTC 标准的年/月/日、时/分/秒的 ZDA。

在字符串 UTC 时间转 Unix 时间戳时,需要注意闰年对秒时间的影响。当出现闰年时,2 月会多出 1 天时间。UTC 时间转 Unix 时间戳算法流程如图 2 所示。

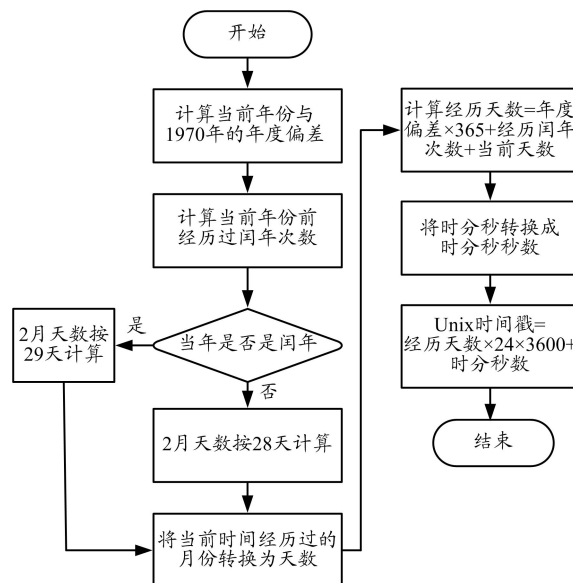


图 2 UTC 时间转 Unix 时间戳算法流程图

例如, 将 2021-09-06 23:01:49 转换成 Unix 秒数, 为 1630940509 s。

2.3 Unix 时间戳转移动 ZDA 标准接口的 TOD 信息

移动 ZDA 标准接口的 TOD 信息以 GPS 时间信息的方式表示, 其中 GPS 时由 GPS 卫星搭载的原子钟作为基准, 与国际原子时(TAI)保持 19 s 的固定常数差, GPS 时在 1980 年 1 月 6 日 0 时与 UTC 保持一致。由于 TAI 与 UTC 时间的计时基准不同, 截止到 2021 年 9 月, TAI 比 UTC 时间快 37 s、固定偏差快 19 s, 故目前 GPS 时比 UTC 时间快 18 s。

GPS 时以 1980 年 1 月 6 日 0 时作为其计时的纪元起点, 其 0 s 与 UTC 秒时间的偏差值为 10 年 6 天, 其中经历了 1972 和 1976 这 2 个闰年, 转换成秒时间为

$$N_{\text{GPS}} = (365 \times 10 + 2 + 6 - 1) \times 24 \times 60 \times 60 = 315\,964\,800(\text{s}) \quad (1)$$

由 TAI 与 UCT 时间的时钟基准不同, 经过长时间的运行后, TAI 时间与 UTC 时间将产生偏差积累, 该偏差值大到一定程度后, 一般每半年由国际标准组织公布进行闰秒调整。由于该偏差值存在可变性, 在将 Unix 时间戳转换成 GPS 时, 需要设计可配置的输入参数 Leap Second。

实际的 GPS 时秒数 N_{GPS} 为

$$N_{\text{GPS}} = N_{\text{UTC}} - 315\,964\,800 + \text{Leap Second}(\text{s}) \quad (2)$$

以 2021-09-06 23:01:49 为例, 当前的闰秒偏差为 +18 s, 其 $N_{\text{UTC}} = 1\,630\,940\,509$ s, 则

$$N_{\text{GPS}} = 1\,630\,940\,509 - 315\,964\,800 + 18 = 1\,314\,975\,727(\text{s}) \quad (3)$$

对应的周数 N_{week} 为

$$N_{\text{week}} = N_{\text{GPS}} \% (7 \times 24 \times 60 \times 60) = 2174(\text{s}) \quad (4)$$

对应的周内秒 N_{sec} 为

$$N_{\text{sec}} = N_{\text{GPS}} / (7 \times 24 \times 60 \times 60) = 140\,527(\text{s}) \quad (5)$$

3 试验验证

3.1 功能验证

实验硬件平台以国产芯片 GD32F103 作为核心处理器, 该芯片拥有最多 4 个独立的异步串行接口, 设计串口 1 为调试配置串口, 可输出程序执行过程中的调试信息, 也可进行系统参数设置(如闰秒值配置); 串口 2 为北斗 ZDA 标准接口 TOD 信号输入接口, 波特率配置为 115 200 b/s; 串口 3 为移动 ZDA 标准接口 TOD 信号输出接口, 波特率配置为 9600 b/s, 其硬件设计框图如图 3 所示。

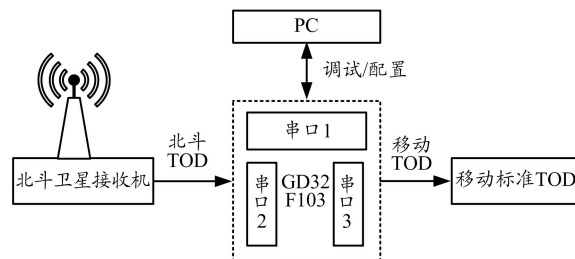


图 3 北斗 ZDA 接口转移动 ZDA 接口硬件设计示意图

3.2 性能验证

将硬件转换单板拷机 1 h(3600 个转换点), 记录每秒脉冲(PPS)信号到达时 TOD 相对 PPS 信号的延时时间, 结果如图 4 所示。可以看出, 数据转换时间在 32.0~32.4 ms 之间, 硬件单板工作稳定可靠, 软件协议运行正常, 时间抖动在技术协议要求的指标范围内。

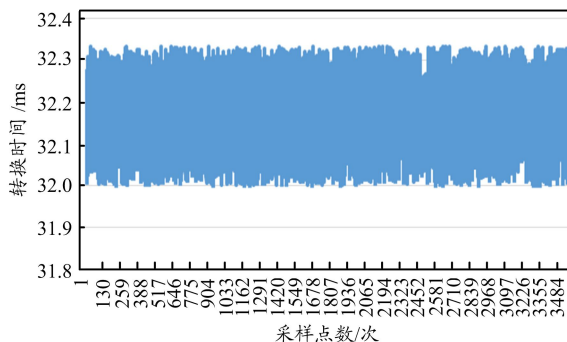


图 4 长时间 TOD 信息转换结果稳定性统计图

4 结束语

本文针对北斗卫星导航系统输出的北斗 ZDA 标准接口的 TOD 和移动 ZDA 标准接口的 TOD 时间格式不兼容问题, 设计了北斗 ZDA 标准接口的 TOD 信息到移动 ZDA 标准接口的 TOD 信息的转换方案。通过测试, 本协议可正确识别北斗卫星接收机输出的时间, 并在 1.5 ms 内完成北斗 ZDA 标准接口的 TOD 信息到移动 ZDA 标准接口的 TOD 信息的转换。在长时间稳定性测试下, 转换后的高精度时间可在以国产交换芯片为核心处理单元的骨干网中实现稳定传输。

参考文献:

- [1] 王睿. 北斗/GPS 综合授时技术研究与应用[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2018.
- [2] 中国移动通信集团公司. 中国移动高精度时间同步 1PPS+TOD 接口规范, QB-B-016-2010[S]. 北京: 中国移动通信集团公司, 2011: 5.
- [3] 杨玉婷. GPS/北斗授时系统软件的设计与实现[D]. 重庆: 重庆大学, 2013.