

引文格式: 王君刚,王解先,陈俊平,等. U-Blox 6 接收机解码与定位测试[J].测绘通报,2015(11):24-27.DOI:10.13474/j.cnki.11-2246.2015.0338

## U-Blox 6 接收机解码与定位测试

王君刚<sup>1,2</sup>,王解先<sup>1,3</sup>,陈俊平<sup>2</sup>,杨赛男<sup>2</sup>

(1. 同济大学测绘与地理信息学院,上海 200092; 2. 中国科学院上海天文台,上海 200030;  
3. 现代工程测量国家测绘地理信息局重点实验室,上海 200092)

### The Decoding of U-Blox 6 and Positioning Test

WANG Jungang, WANG Jiexian, CHEN Junping, YANG Sainan

**摘要:** U-Blox 接收机的原始数据以自定义的 UBX 协议存储,使用时需要将其解码到标准 RINEX 格式。本文介绍了 U-Blox 6 接收机原始数据的数据包结构和解码原理,对实测数据成功进行了解码;并介绍了 GPS 定位的数学模型,对消参数法进行了详细的分析,对解码后的数据进行了静态/动态伪距单点定位和差分定位。定位结果显示,采用站间单差后点位误差减小 50%,运动点位轨迹更加平滑,说明站间单差能显著提高定位精度。

**关键词:** GPS 原始数据;解码;UBX;单点定位;单差;消参数法

中图分类号: P228.4

文献标识码: B

文章编号: 0494-0911(2015)11-0024-04

## 一、引言

GPS 接收机接收到的原始数据以二进制存储,不同类型接收机的原始观测数据格式都不同,这为 GPS 数据处理带来不便,因此引进与接收机无关的数据交换格式(receiver independent exchange format, RINEX)对于 GPS 数据的通用性与实用性都有着重要意义。RINEX 格式的数据被绝大多数数据处理软件所支持,是 GPS 领域应用极为广泛的数据格式。

GPS 接收机一般都有随机软件,可将其自定义的原始数据格式转换为标准的 RINEX 格式,供用户使用。在快速定位时,需要实时获取接收机的观测数据,而多数接收机并无实时提供标准 RINEX 格式数据的功能,用户只能得到原始的观测数据,并在此基础上进行解码使用,因此有必要研究 GPS 接收机原始观测数据的解码。GPS 数据解码的相关研究较多,包括对原始观测数据的研究<sup>[1-2]</sup>、对星历的解码<sup>[3]</sup>、DGNSS 差分电文的解码算法<sup>[4]</sup>,以及对 RTCM<sup>[5-9]</sup>格式差分信息的解码。

作为市面上一种较为流行的 GPS 接收机,U-Blox 以其高精度、高灵敏的特性成为导航定位的常用接收机,其最新版本为 U-Blox 6。U-Blox 接收机能够接收 GPS 导航数据、观测数据及差分信息,原始数据以自定义的 UBX 协议格式存储,数据处理时需要先将其解码为通用 RINEX 格式。本文以 U-Blox 6 接收机为例,介绍了其原始观测数据格式和解码过程,并利用解码后的数据进行了静态/动态伪距单点定位和差分定位,对定位结果精度进行了分析。

## 二、UBX 解码

根据 UBX 协议,可以从原始的二进制数据中解码出需要的信息。下面介绍 UBX 基本结构和解码原理。

### 1. UBX 包结构

根据 UBX 协议,每条记录由记录头、CLASS 和 ID、长度、内容(Payload)及校检码组成,一条 UBX 观测数据记录结构如图 1 所示。

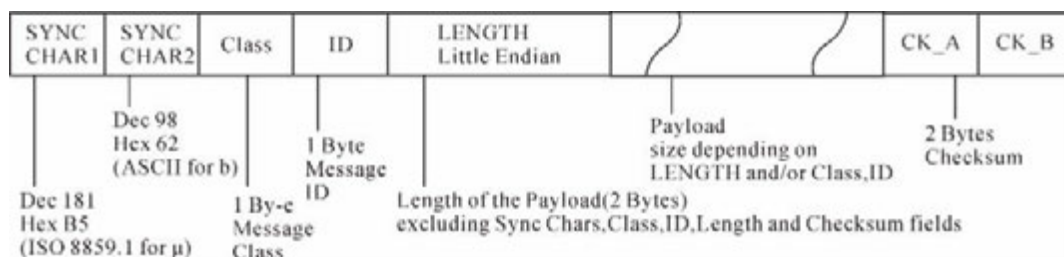


图 1 UBX 数据包结构

收稿日期: 2014-11-10

作者简介: 王君刚(1990—),男,硕士生,主要研究方向为 GNSS 定位。E-mail: wangjungang2009@yeah.net

由图 1 可知,每条记录以十六进制的 B5 和 62 开头,第 3 位是 Class,U-Blox 6 共有 9 种 Class,第 4 位是 ID。Message ID 后是 2 Bytes 的数据长度,其存储按照低字节序(little endian)存储。每条记录的最后一位是校检码 CK\_A 和 CK\_B,校检机制为:

```

CK_A=0,CK_B=0
For( I=0, J<N, I++)
{
    CK_A=CK_A+Buffer[I]
    CK_B=CK_B+CK_A
}

```

校检长度为 Class 全 Payload。

解码时,将读取到的二进制转换为十六进制,如果有两相连数据为 B5 和 62,可判断是一条记录的开头,由 Class 与 ID 判断其数据类型,根据相应类型的协议进行解码。每条记录都要进行校检码的校检,校检成功才能说明该条记录是有效的。

### 2. 原始观测数据结构

UBX 一个历元的原始观测数据结构见表 1。

表 1 UBX 观测数据结构

| Header    | ID        | Length( Bytes) | Payload | Checksum  |
|-----------|-----------|----------------|---------|-----------|
| 0xB5 0x62 | 0x02 0x10 | 8+24×numSV     | 略       | CK_A CK_B |

即一条观测数据以十六进制的 B5、62 开始,其 Class 和 ID 分别为十六进制的 02、10,长度为 8+24×numSV,其中 numSVn 表示本历元的卫星个数。具体内容(Payload)见相应说明书<sup>[10]</sup>。

## 三、GPS 定位模型

GPS 定位主要包括差分模型和非差分模型。差分能消除部分误差,减少待估参数个数,而非差分模型有利于质量控制,能更方便地对误差进行模型化<sup>[11]</sup>。下面将介绍伪距单点定位和差分定位的数学模型,以及消参数法的原理。

### 1. 伪距单点定位模型

某历元  $i$ 、测站  $k$  对卫星  $j$  的观测方程为

$$P_k^j + v_k^j = \sqrt{(X^j - X_k)^2 + (Y^j - Y_k)^2 + (Z^j - Z_k)^2} + c(\delta t_k - \delta t^j) + \text{Trop}_k^j + \text{Ion}_k^j + \varepsilon_k^j \quad (1)$$

式中,  $P_k^j$  表示伪距观测值;  $v_k^j$  为残差项;  $(X^j, Y^j, Z^j)$  为卫星坐标;  $(X_k, Y_k, Z_k)$  为接收机坐标;  $\delta t^j, \delta t_k$  分别为卫星、接收机钟差;  $\text{Trop}_k^j, \text{Ion}_k^j$  分别为对流层延迟、电离层延迟;  $\varepsilon_k^j$  为其他误差改正项<sup>[12]</sup>,包括相对论效应改正、地球自转效应改正等。对式(1)线性化,组成误差方程<sup>[13-15]</sup>,由 4 颗卫星的观

测值即可解算测站坐标。

### 2. 伪距差分定位模型

GPS 伪距差分系统由一台基准站 GPS 接收机和一台或多台流动接收机组成,基准站接收机安置在已知点上。由于基准站坐标已知,可计算相应的其他改正项发送给流动站,从而提高流动站的定位精度。若不发送实时改正数,可以事后将基准站与流动站的数据一起处理,采用差分定位的方式计算流动站坐标<sup>[16]</sup>。

测站  $k, t$  对卫星  $j$  的站间单差观测方程为

$$\Delta P_{k,t}^j + v = \Delta d_{k,t}^j + c\Delta t_{k,t} + \Delta \text{Trop}_{k,t}^j + \Delta \text{Ion}_{k,t}^j + \Delta \varepsilon_{k,t}^j \quad (2)$$

式中,  $\Delta P_{k,t}^j$  为测站  $k, t$  对卫星  $j$  的伪距观测值之差;  $\Delta d_{k,t}^j$  为卫星到两测站距离之差;  $\Delta t_{k,t}$  为接收机钟差之差。可以看出,站间单差消除了卫星钟差项,还能减小卫星轨道误差。此外,当测站距离较近时,大气环境相似,  $\Delta \text{Trop}_{k,t}^j, \Delta \text{Ion}_{k,t}^j$  比较小,能够进一步提高定位精度。

### 3. 消参数法

动态定位时对每个历元迭代计算坐标解与接收机钟差,误差方程维数为  $4 \times n$ ,  $n$  为观测的卫星个数。静态定位需要将所有历元的观测数据一起构成法方程进行解算,由于每个历元都有一个接收机钟差参数需要估计,误差方程维数会很大。下面将介绍消参数法,以减少内存开销。

由观测方程式(1)或式(2),可得第一个历元的法方程为

$$\begin{bmatrix} N_{11} & N_{12} \\ N_{21} & N_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{x}_1 \\ \hat{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中,  $\hat{x}_1$  为测站坐标;  $\hat{x}_2$  为接收机钟差。将  $\hat{x}_2$  消去后的法方程为

$$(N_{11} - N_{12}N_{22}^{-1}N_{21})\hat{x}_1 = U_1 - N_{12}N_{22}^{-1}U_2 \quad (4)$$

此时法方程只有坐标项,迭代至收敛即可。

静态解需要将每个历元的法方程叠加求得整体解。由于每个历元最后一次迭代的初值均不一样,法方程叠加时需要将其统一。已知两个历元迭代后的法方程为

$$\left. \begin{aligned} N^{(1)}\hat{x}^{(1)} &= U^{(1)}, \quad \hat{x}^{(1)} + X_0^{(1)} = X \\ N^{(2)}\hat{x}^{(2)} &= U^{(2)}, \quad \hat{x}^{(2)} + X_0^{(2)} = X \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

式中,  $N^{(1)}, N^{(2)}$  为最后一次迭代的法方程系数阵;  $X_0^{(1)}, X_0^{(2)}$  为最后一次迭代的初值;  $X$  为坐标真值。将第二个法方程的初值与第一个法方程统一,即

$$N^{(2)}\hat{x}^{(1)} = U^{(2)} - N^{(2)}(X_0^{(1)} - X_0^{(2)}), \quad \hat{x}^{(1)} + X_0^{(1)} = X \quad (6)$$

此时,可以将其直接与第一个法方程叠加。将每个历元的法方程都统一到第一个历元的法方程,叠加可求得所有历元的整体解。

#### 四、算例分析

对某实测数据解码,然后进行伪距单点定位和差分定位分析,并分析定位结果。观测数据主要包括基站、静止测站 A 和运动测站 B,测站均位于美国。观测时间为 2014-02-05,各测站的观测时段见表 2。

表 2 各测站观测时段

| 测站 | 基站          | A 站         | B 站         |
|----|-------------|-------------|-------------|
| 时段 | 18:20—19:30 | 18:13—18:49 | 19:23—19:27 |

##### 1. 解 码

按照 U-Blox 6 说明文档的协议规定对观测数据解码,将解码数据以 RINEX2.1 格式输出,其中一个历元的数据如图 2 所示。

```

14 2 5 19 14 2 0000000 0 12G 6G 3G32G27G19G18G14G31G11G 1G21G22
23798764.602 0 8805728.311 0 -3934.143 0
23395714.585 0 8424906.427 0 -3736.754 0
23340130.563 0 9081257.530 0 1204.796 0
23102659.450 0 26137278.932 0 -3856.118 0
22547423.483 0 18140556.532 0 -2129.817 0
23640358.279 0 8636713.970 0 -3190.044 0
20540937.820 0 5943058.853 0 -1731.077 0
23676587.025 0 4208028.678 0 2469.253 0
22680664.813 0 2016960.797 0 1505.314 0
24668010.013 0 -37834.798 0 2385.310 0
25034281.567 0 29562130.715 0 -4503.708 0
21381488.529 0 6746472.674 0 -2268.198 0

```

图 2 由 U-Blox 6 解码出的观测数据

可以看出,观测数据有 P1、L1 和 D1 三种类型,本历元共 12 颗可见卫星。

##### 2. 伪距单点定位

由原始数据解码出相应的观测数据文件,包括

静态测站和动态测站。对基站和测站 A 进行伪距静态单点定位,采用前文所述的消参数法,改正项包括地球自转改正和相对论改正。坐标结果见表 3。然后以基站为已知点,以其静态单点定位的坐标值为坐标真值,对测站 A 进行静态伪距差分定位,坐标解见表 3。

表 3 基站及测站 A 坐标解算值 m

| 测站        | X                | Y                | Z               |
|-----------|------------------|------------------|-----------------|
| 基站        | -2 701 392.096 5 | -4 368 000.171 6 | 3 769 972.886 5 |
| 测站 A 单点定位 | -2 701 388.488 6 | -4 367 999.807 5 | 3 769 972.081 7 |
| 测站 A 差分定位 | -2 701 389.925 8 | -4 368 000.778 6 | 3 769 971.716 4 |

对测站 A 分别进行动态伪距单点定位和动态伪距差分定位,以相应的静态坐标解为真值,统计其标准差与中误差,结果见表 4。两种方式(单点定位和站间单差)动态定位的坐标时间序列图如图 3 所示。由表 4 及图 3 可知,采用差分定位后点位误差减小约 50%,而且点位中误差与标准差很接近,这说明系统性误差也减小了,因此差分定位能显著提高定位精度。这是因为站间单差消除了卫星的钟差项与轨道误差,而且测站距离很近,对流层延迟、电离层延迟基本被消除掉。

表 4 测站 A 动态定位结果 m

| 测站 A | 标准差     |         |         | 中误差     |         |         |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|      | N       | E       | U       | N       | E       | U       |
| 单点   | 2.127 9 | 1.147 8 | 3.136 8 | 2.195 7 | 1.184 3 | 3.452 2 |
| 差分   | 1.037 7 | 0.569 6 | 1.576 4 | 1.037 8 | 0.569 6 | 1.577 3 |

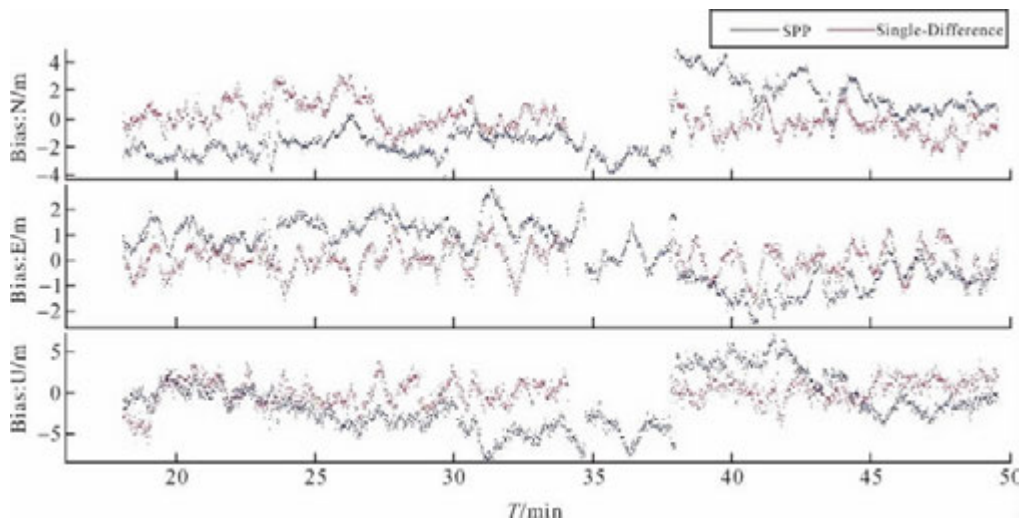


图 3 测站 A 的伪距单点定位和差分定位坐标序列

分别采用伪距单点定位和伪距差分的形式,对测站B进行动态定位,其坐标轨迹如图4所示。图中左侧为坐标水平运动轨迹,右侧为高程轨迹。从图中可以看出,差分后的运动轨迹比动态单点定位轨迹平滑许多,从而进一步验证了差分定位能改善定位精度的结论。

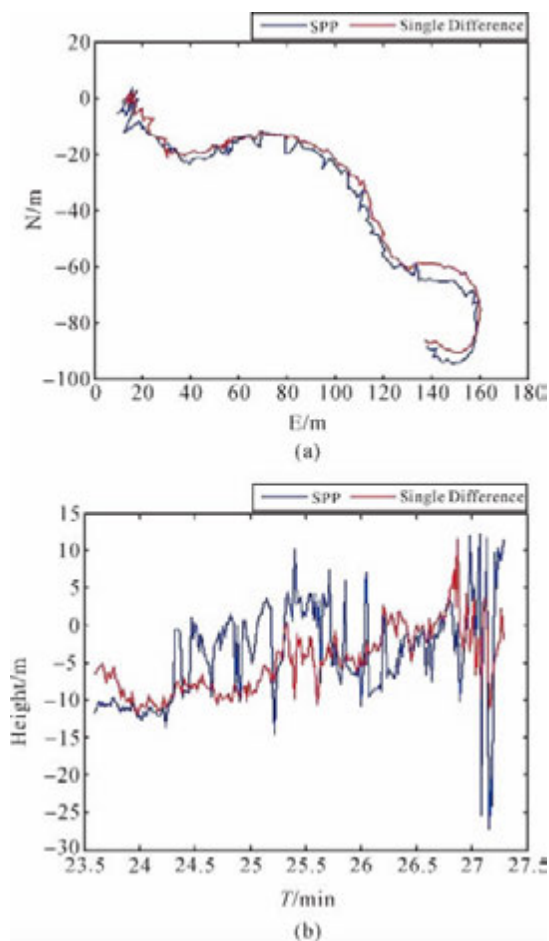


图4 测站B坐标轨迹

## 五、结束语

本文介绍了U-Blox6接收机的数据格式,给出了解码的相关算法,实现了原始观测数据的解码。针对伪距单点定位和差分定位,介绍了相应的数学模型及静态定位整体解的消参数法。通过原始数据的解码验证了解码算法的正确性,采用解码后的观测数据进行了静态/动态伪距单点定位和差分定位。定位结果显示,与非差单点定位相比,采用站间单差

后,动态定位的点误差减少约50%,且运动轨迹更为平滑,因此站间单差能显著提高定位精度。

## 参考文献:

- [1] 张光炬,王解先. GPS原始数据解码为RINEX的方法[J]. 光学仪器,2007,29(6): 27-31.
- [2] 贾蓉,王解先. NovAtel OEM4主板的GPS原始数据解码[J]. 现代科学仪器,2010(1): 54-57.
- [3] 郑祎,王解先. GPS卫星预报星历的解码及卫星预报[J]. 工程勘察,2000(3): 52-55.
- [4] 邹进贵,陈健. DGNSS差分电文解码算法研究[J]. 测绘通报,2013(7): 5-7.
- [5] 朱静然,潘树国,孔丽珍. DGPS数据格式RTCM3.1介绍及编解码方法[C]//第四届中国卫星导航学术年会电子文集. 北京: [s.n.],2013.
- [6] 孙良玉,刘春,吴杭彬. GPS虚拟参考站RTCM传输电文的分析与解码[J]. 全球定位系统,2008,33(5): 52-57.
- [7] 李良,张小超,赵化平. GPS差分RTCM数据实时编解码算法及实现[J]. 计算机工程与应用,2006,42(11): 209-211.
- [8] 史小雨,程鹏飞,蔡艳辉,等. 差分GPS数据通信格式RTCM 3.1及其解码算法的实现[J]. 测绘通报,2012(6): 4-6,67.
- [9] 严新生,过静璐,朱小冬,等. RTCM SC-104差分电文解码[J]. 工程勘察,2007(6): 61-65.
- [10] u-blox 6 Receiver Description [EB/OL]. [2014-02-06]. <http://www.u-blox.com/>.
- [11] 柳响林,刘经南,王新洲. 单历元GPS非差相对定位模型的研究[J]. 测绘通报,2003(3): 5-8,36.
- [12] 裴霄,王解先. GPS伪距单点定位的精度分析及改进[J]. 海洋测绘,2012,32(1): 5-7.
- [13] 王解先,季善标,易玉丹. GPS动态伪距单点定位精度与GDOP的关系[J]. 工程勘察,1998(6): 50-52,45.
- [14] 王解先. GPS精密定轨定位[M]. 上海: 同济大学出版社,1997.
- [15] 王解先,徐志京. 三种坐标间转换的雅可比矩阵数值导数计算方法[J]. 大地测量与地球动力学,2004,24(4): 19-23.
- [16] 杨永平,兰孝奇,夏开旺. GPS相位平滑伪距差分定位技术的试验研究[J]. 工程勘察,2006(2): 52-56.