

第一次大作业 P1: 卫星位置计算

聂浩 (2013011280)

2016 年 6 月 20 日

1 以 GPS 或其它导航系统为例, 通过查阅文献等方式, 调研其星历有效期, 星历更新方式 (给出参考文献)

; 目前, GPS 卫星星历的提供方式有广播星历、超快速星历 (IGU 星历)、快速星历 (IGR 星历) 和精密星历 (IGS 星历) 4 种类型。

在实际的接收机应用中一般使用广播星历, 广播星历, 是通过卫星发射的含有轨道信息的导航电文, 每个卫星广播的星历每 2h 更新一次, 即有效时间为两小时, 或在用户距离误差 (URE) 超过规定限值时更新, 其精度大约为 3m^1 。

其他的三种星历由 IGS 组织 (International GPS service) 发布²发布, 其中 IGS 星历的精度最高, 发布约在 12d 后, 采样间隔 15min, 每周更新。

2 根据其 ICD 文档编写卫星轨道计算程序, 并下载一段星历, 计算卫星在其有效期内的卫星位置;

使用星历为 shao1520.16n³, 其为 2016 年 5 月 31 日的星历, 计算中选取 2:00:00, 10 号卫星的星历参数, 所得结果为 $[-12443.60, 10746.30, -20825.70]$, 单位为 km, 对应 wgs84 的 ecef 坐标系。

根据精确星历 igs18992.sp3⁴可以读出此时卫星的精确位置为 $[-12464.247088, 10697.922314, -20838.267391]$ 。可见存在一定的误差

计算代码如下, 执行方式为 `sat(2,0)`。

sat.m

```
1 function p=sat(h,m)
2
3 mu=3.986005e14;
4 Omega_e=7.2921151467e-5;
5 t=(h*60+m)*60+172800-3.470480442047e-05;
6 %GPS ICD-GPS-200D的算法?
7 data=[ 9.8000000000000e+01 -1.215625000000e+01 4.510545025162e-09 8.560021623488e-01;
```

¹IGS 超快速星历预推 GPS 卫星轨道精度分析, 张耀文, 贾小林, 杨志强

²GPS 星历、在轨描述和位置算法, 刘基余

³下载自 <ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/data/daily/2016/152/16n/>

⁴下载自 <ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/products/1889/>

```

8      -5.103647708893e-07 1.535527291708e-03 1.173838973045e-05 5.153689140320e+03;
9      1.800000000000e+05 4.097819328308e-08 -1.246393642921e+00 -1.303851604462e-08;
10     9.592314829730e-01 1.494375000000e+02 -2.715739289762e+00 -8.019262605905e-09;
11     -3.117987019532e-10 0.000000000000e+00 1.899000000000e+03 0.000000000000e+00;
12     2.000000000000e+00 0.000000000000e+00 2.328306436539e-09 9.800000000000e+01;
13 ];
14 A=(data(2,4))^2;
15 t_oe=data(3,1);
16 delta_n=data(1,3);
17
18 M_0=data(1,4);
19 e=data(2,2);
20 omega=data(4,3);
21 C_rs=data(1,2);
22 C_uc=data(2,1);
23 C_us= data(2,3);
24 C_ic= data(3,2);
25 C_is= data(3,4);
26 C_rc= data(4,2);
27 i_0=data(4,1);
28 idot=data(5,1);
29 Omega_0=data(3,3);
30 Omega_dot=data(4,4);
31
32 t_k=t-t_oe;
33 n_0=sqrt(mu/A^3);
34
35
36 while t_k>302400
37     t_k=t_k-604800;
38 end
39 while t_k<-302400
40     t_k=t_k+604800;
41 end
42 n=n_0+delta_n;
43 M_k=M_0+n*t_k;
44 %解出E_k
45 syms x;
46 E_k=solve(x-e*sin(x)==M_k);
47 v_k=atan(sqrt(1-e^2)*sin(E_k)/cos(E_k-e));
48 %v_k=solve(((exp(1)+cos(x))/(1+exp(1)*cos(x)))==E_k);
49
50 Phi_k=v_k+omega;
51
52
53 delta_u_k=C_us*sin(2*Phi_k)+C_uc*cos(2*Phi_k);
54 delta_r_k=C_rs*sin(2*Phi_k)+C_rc*cos(2*Phi_k);
55 delta_i_k=C_is*sin(2*Phi_k)+C_ic*cos(2*Phi_k);
56
57 u_k=Phi_k+delta_u_k;
58 r_k=A*(1-e*cos(E_k))+delta_r_k;
59 i_k=i_0+delta_i_k+t_k*idot;
60
61 X_kt=r_k*cos(u_k);
62 y_kt=r_k*sin(u_k);

```

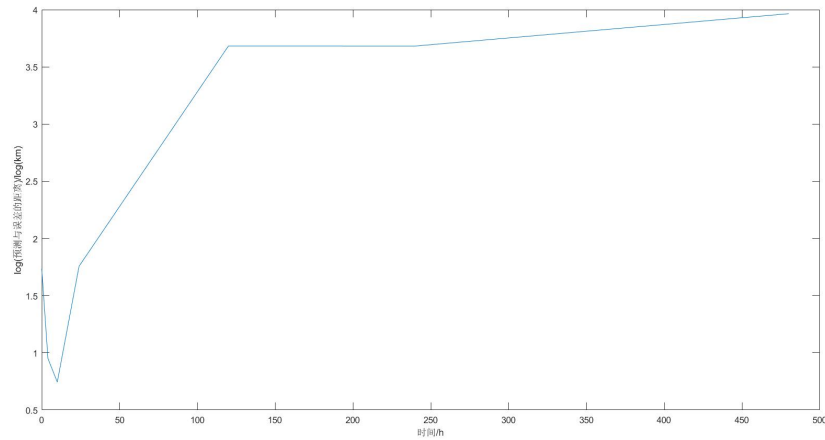


图 1: 时间与预测误差

```

63
64 Omega_k=Omega_0+(Omega_dot-...
65     Omega_e)*t_k-Omega_e*t_oe;
66
67 x_k=X_kt*cos(Omega_k)-y_kt*cos(i_k)*sin(Omega_k);
68 y_k=X_kt*sin(Omega_k)+y_kt*cos(i_k)*cos(Omega_k);
69 z_k=y_kt*sin(i_k);
70 p=[x_k y_k z_k]/1000;
71 return;

```

3 星历有效性分析：假定星历有效期为 T (小时)，试计算 $2T$ 、 $5T$ 、1天、5天、10天、20天以后（或以前）卫星位置，并分别与利用有效期内星历计算所得卫星位置进行比较，通过定量比较，分析星历有效性

由于目前在6月5日之后的igs数据无法查询到,故用igu数据代替,根据igs18992.sp3,igs18993.sp3,igu19001_00.sp3读出10号卫星的位置,将利用上一问的方法得到的数据与实际位置进行比较,计算其之间的距离,得到如图1,各个时间节点的误差距离分别为 [54.08,8.92,5.54,57.20,4819.60,4809.80,9223.29], 单位为 km,可以看出,在 $5T$ 内误差基本在同一数量级内,在 $1d$ 后误差迅速扩大,使得预测失去意义。

代码如下

```

draw.m
1 clear;clc;close all;
2 p=[];
3 p=[p;sat(2,0);sat(6,0);sat(12,0);sat(26,0);sat(122,0);sat(242,0);sat(482,0)];
4
5

```

```
6 %星历读取到的数据
7 correct=[-12464.247088 10697.922314 -20838.267391;
8 23756.944904 10777.055815 -5201.877751;
9 10735.644405 -23652.617744 -5351.094308;
10 -12641.067303 10069.779640 -21045.135460;
11 -13455.578414 7528.175042 -21600.590457;
12 -14687.695788 4368.669458 -21676.485377;
13 -15430.511841 2739.834258 -21430.517438;];
14
15 %距离
16 e=sum((p-correct).^2,2).^0.5;
17 plot([0 4 10 24 120 240 480],log10(e));
18 xlabel('时间/h');
19 %因为差距过大转换成对数坐标
20 ylabel('log(预测与误差的距离)/log(km)');
```