



开源GNSS数据下载工具GAMP II – GOOD快速入门指南

周 锋

山东科技大学

E-mail: zhouforme@163.com

2021-06-25





提 要



- 概述
- GNSS数据获取
- GAMP II – GOOD入门
- GAMP II – GOOD源码解析
- GAMP II – GOOD二次开发



概述(1/5)



■ 问题三连? ? ?

- 我们最先接触到GNSS数据是什么时候?

本科课程设计、毕业设计、研究生刚入学导师或高年级同门指导做一些GNSS数据解算等

- 我们为什么要下载这些数据文件?

导师或学长告知GNSS解算会用到

- 我们刚开始GNSS数据下载是怎么做的?

登录网站、FTP工具、导师或学长提供的软件（如RTKLIB）或脚本（如PANDA、GAMIT、BERNESE、GAMP软件自带脚本）



概述(2/5)



- 我们最开始接触的GNSS

提供位置、速度、时间信息，车载导航、手机导航等

- 进一步了解

通过手机导航，我们了解到伪距单点定位，认识了伪距观测方程：

$$P_{r,j}^s = \rho_r^s + t_r - t^s + T_r^s + I_{r,j}^s + \varepsilon_{r,j}^s$$

$$\rho_r^s = \sqrt{(X^s - X_r)^2 + (Y^s - Y_r)^2 + (Z^s - Z_r)^2}$$

涉及到外部数据有：观测值、广播星历



概述(3/5)



• 深入理解

通过自动驾驶、GNSS相关课程学习、研究生选择GNSS相关研究方向等，我们了解到实时动态定位（RTK）、精密单点定位（PPP）与PPP-RTK，进一步认识了伪距与载波相位观测方程

$$\begin{cases} P_{r,j}^s = \rho_r^s + t_r - t^s + T_r^s + I_{r,j}^s + (d_{r,j} + d_j^s) + \varepsilon_{r,j}^s \\ L_{r,j}^s = \rho_r^s + t_r - t^s + T_r^s - I_{r,j}^s + \lambda_j N_{r,j}^s + \lambda_j (\varphi_{r,j} + \varphi_j^s) + \xi_{r,j}^s \end{cases}$$

涉及到的外部数据有：观测值、广播星历、精密星历、精密钟差、对流层延迟产品（可选）、电离层延迟产品（可选）、（差分）码偏差（DCB、OSB）、载波相位UPD产品（可选）等



概述(4/5)

- 更进一步

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{r,j}^s = \rho_r^s + t_r - t^s + T_r^s + I_{r,j}^s + (d_{r,j} + d_j^s) + \\ \quad d\text{APC}(\alpha, e, j) + d \text{Tid}_r^s + \varepsilon_{r,j}^s \\ L_{r,j}^s = \rho_r^s + t_r - t^s + T_r^s - I_{r,j}^s + \lambda_j N_{r,j}^s + \lambda_j (\varphi_{r,j} + \varphi_j^s) + \\ \quad d\text{APC}(\alpha, e, j) + d \text{Tid}_r^s + \xi_{r,j}^s \end{array} \right.$$

涉及到的额外外部数据有：天线相位中心改正、海潮负荷形变改正、极移参数等



概述(5/5)



- 数据获取是基础
- 软件实现是核心
- 结果分析是关键



GNSS数据获取(1/10)



■ GNSS数据分类

- 观测值文件 (yyo、 yyd、 crx)

CDDIS: <https://gdc.cddis.eosdis.nasa.gov/pub/gnss/data/daily>

IGN: <ftp://igs.ign.fr/pub/igs/data>

WHU: <ftp://igs.gnsswhu.cn/pub/gps/data/daily>

- 广播星历 (yyg、 yyn、 yyp、 rnx)

CDDIS: <https://gdc.cddis.eosdis.nasa.gov/pub/gnss/data/daily>

IGN: <ftp://igs.ign.fr/pub/igs/data>

WHU: <ftp://igs.gnsswhu.cn/pub/gps/data>

- 码偏差 (DCB、 BSX)

CODE DCB:

CODE: <ftp://ftp.aiub.unibe.ch/CODE>

MGEX BSX:

CDDIS: <https://gdc.cddis.eosdis.nasa.gov/pub/gnss/products/bias>

IGN: <ftp://igs.ign.fr/pub/igs/products/mgex/dcb>

WHU: <ftp://igs.gnsswhu.cn/pub/gps/products/mgex/dcb>



GNSS数据获取(2/10)



■ GNSS数据分类

- IGS 精密星历 (sp3、eph) 、钟差 (clk、clk_05s、clk_30s) 、EOP
CDDIS: <https://gdc.cddis.eosdis.nasa.gov/pub/gnss/products>
IGN: <ftp://igs.ign.fr/pub/igs/products>
WHU: <ftp://igs.gnsswhu.cn/pub/gps/products>
- MGEX 精密星历 (sp3) 、钟差 (clk) 、EOP
CDDIS: <https://gdc.cddis.eosdis.nasa.gov/pub/gnss/products/mgex>
IGN: <ftp://igs.ign.fr/pub/igs/products/mgex>
WHU: <ftp://igs.gnsswhu.cn/pub/gps/products/mgex>
- IGS SINEX解 (snx)
CDDIS: <https://gdc.cddis.eosdis.nasa.gov/pub/gnss/products>
IGN: <ftp://igs.ign.fr/pub/igs/products>
WHU: <ftp://igs.gnsswhu.cn/pub/gps/products>



GNSS数据获取(3/10)



■ GNSS数据分类

● 对流层延迟 (yyzpd、TRO)

IGS TROP:

CDDIS: <https://gdc.cddis.eosdis.nasa.gov/pub/gnss/products/troposphere/zpd>

IGN: <ftp://igs.ign.fr/pub/igs/products/troposphere>

WHU: <ftp://igs.gnsswhu.cn/pub/gps/products/troposphere/new>

CODE TROP:

CODE: <ftp://ftp.aiub.unibe.ch/CODE>

● 电离层延迟 (yyi、yyI) 、 ROTI

CDDIS: <https://gdc.cddis.eosdis.nasa.gov/pub/gnss/products/ionex>

IGN: <ftp://igs.ign.fr/pub/igs/products/ionosphere>

WHU: <ftp://igs.gnsswhu.cn/pub/gps/products/ionex>

● 天线相位中心改正 (atx)

IGS ANTEX: <https://files.igs.org/pub/station/general>



GNSS数据获取(4/10)

■ GNSS数据格式说明

- 观测值文件 (yyo、yyd、crx)

RINEX 2.xx: <https://files.igs.org/pub/data/format/rinex211.txt>

RINEX 3.xx: <https://files.igs.org/pub/data/format/rinex305.pdf>

- 广播星历 (yyg、yyn、yyp、rnx)

RINEX 2.xx: <https://files.igs.org/pub/data/format/rinex211.txt>

RINEX 3.xx: <https://files.igs.org/pub/data/format/rinex305.pdf>

- 码偏差 (DCB、BSX)

SINEX_BIAS: https://files.igs.org/pub/data/format/sinex_bias_100.pdf



GNSS数据获取(5/10)



■ GNSS数据格式说明

- IGS 精密星历 (sp3、eph) 、钟差 (clk、clk_05s、clk_30s) 、EOP

精密星历: <https://files.igs.org/pub/data/format/sp3d.pdf>

精密钟差: https://files.igs.org/pub/data/format/rinex_clock304.txt

地球自转参数: <https://files.igs.org/pub/data/format/erp.txt>

- MGEX 精密星历 (sp3) 、钟差 (clk) 、EOP

精密星历: <https://files.igs.org/pub/data/format/sp3d.pdf>

精密钟差: https://files.igs.org/pub/data/format/rinex_clock304.txt

地球自转参数: <https://files.igs.org/pub/data/format/erp.txt>

- IGS SINEX解 (snx)

SINEX 2.02:

https://www.iers.org/SharedDocs/Publikationen/EN/IERS/Documents/ac/sinex/sinex_v202_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2



GNSS数据获取(6/10)



■ GNSS数据分类

- 对流层延迟 (yyzpd、TRO)

SINEX_TRO: https://files.igs.org/pub/data/format/sinex_tro_v2.00.pdf

- 电离层延迟 (yyi、yyI)、ROTI

IONEX: <https://files.igs.org/pub/data/format/ionex1.pdf>

- 天线相位中心改正 (atx)

ANTEX: <https://files.igs.org/pub/data/format/antex14.txt>



GNSS数据获取(7/10)

■ GNSS数据下载

通过网页下载（可能跨平台；手动；效率异常低下）

/pub/igs/data/campaign/mge

+

← → ↻ ① 不安全 | ftp://igs.ign.fr/pub/igs/data/campaign/mgex/daily/rinex3/2019/001/

/pub/igs/data/campaign/mgex/daily/rinex3/2019/001/ 的索引

[上级目录]

名称	大小	修改日期
19001.status	2.0 kB	2019/4/27 上午8:00:00
19d/		2019/1/1 上午8:00:00
19f/		2019/1/1 上午8:00:00
19g/		2019/1/1 上午8:00:00
19h/		2019/1/1 上午8:00:00
19l/		2019/1/1 上午8:00:00
19m/		2019/1/1 上午8:00:00
19n/		2019/1/1 上午8:00:00
19p/		2019/1/1 上午8:00:00
19q/		2019/1/1 上午8:00:00
19s/		2019/1/1 上午8:00:00
ABMF00GLP_R_20190010000_01D_30S_MO.crx.gz	1.8 MB	2019/1/2 上午8:00:00
ABMF00GLP_R_20190010000_01D_CN.rnx.gz	16.1 kB	2019/1/2 上午8:00:00
ABMF00GLP_R_20190010000_01D_EN.rnx.gz	78.1 kB	2019/1/2 上午8:00:00
ABMF00GLP_R_20190010000_01D_GN.rnx.gz	30.4 kB	2019/1/2 上午8:00:00
ABMF00GLP_R_20190010000_01D_RN.rnx.gz	31.5 kB	2019/1/2 上午8:00:00
AGGO00ARG_R_20190010000_01D_30S_MO.crx.gz	2.1 MB	2019/1/2 上午8:00:00
AJAC00FRA_R_20190010000_01D_30S_MO.crx.gz	1.7 MB	2019/1/2 上午8:00:00
AJAC00FRA_R_20190010000_01D_CN.rnx.gz	25.9 kB	2019/1/2 上午8:00:00
AJAC00FRA_R_20190010000_01D_EN.rnx.gz	77.1 kB	2019/1/2 上午8:00:00



GNSS数据获取(8/10)



■ GNSS数据下载

通过FTP工具下载（可能跨平台；手动；效率低下）

igs.ign.fr - FileZilla

文件(F) 编辑(E) 查看(V) 传输(T) 服务器(S) 书签(B) 帮助(H)

主机(H): igs.ign.fr 用户名(U): 密码(W): 端口(P): 快速连接(Q)

状态: 不安全的服务器, 不支持 FTP over TLS.
状态: 已登录
状态: 读取"/pub/igs/data/campaign/mgex/daily/rinex3/2019/001"的目录列表...
状态: 列出"/pub/igs/data/campaign/mgex/daily/rinex3/2019/001"的目录成功

本地站点: C:\Users\Zhouforme\ 远程站点: /pub/igs/data/campaign/mgex/daily/rinex3/2019/001

文件名	文件大...	文件类型	最近修改	文件名	文件...	文件类...	最近修改	权限	所有者...
.gmt		文件夹	2019/11/2...	19s		文件夹	2019/1/1	drwxr...	ftp ftp
.ipython		文件夹	2019/4/19...	19001.status	2,029	STATU...	2019/4/...	-rw-r-...	ftp ftp
.matplotlib...		文件夹	2019/5/2 ...	ABMF00GLP_...	1,875...	360压...	2019/1/2	-rw-r-...	ftp ftp
.vscode		文件夹	2019/11/2...	ABMF00GLP_...	16,445	360压...	2019/1/2	-rw-r-...	ftp ftp
3D Obj...		文件夹	2019/10/3...	ABMF00GLP_...	79,949	360压...	2019/1/2	-rw-r-...	ftp ftp
AppData		文件夹	2019/5/22...	ABMF00GLP_...	31,143	360压...	2019/1/2	-rw-r-...	ftp ftp
Applicat...		文件夹		ABMF00GLP_...	32,221	360压...	2019/1/2	-rw-r-...	ftp ftp

10 个文件和 33 个目录。大小总计: 6,921,418 字节

服务器/本地文件 方向 远程文件 大小 优先... 状态

列队的文件 传输失败 成功的传输

队列: 空



GNSS数据获取(9/10)



■ GNSS数据下载

通过代码实现下载（可跨平台；自动化；效率高；代码实现繁琐）

```
D:\Python_proj\PyGNSS-Tools>python main_gnss_download.py
Help on module main_gnss_download:

NAME
    main_gnss_download

DESCRIPTION
    Download the data files for GNSS precise point positioning (PPP) processing
    from CDDIS, CODE, and IGN archives

Usage: python main_gnss_download.py <yyyy> <doy> [ndays] [dir_path] [type] [ac] [site_list_path]

OPTIONS:
    <yyyy>          - 4-digit year [Required]
    <doy>            - Day of year [Required]
    [ndays]         - Number of consecutive days of data to retrieve [Optional, default "1"]
    [dir_path]      - Target directory for GNSS downloading [Optional, default D:\data for Windows; /home/fzhou/data for Linux or Macintosh]
    [type]          - Production type, orb/nav/navm/navh/dcb/dcbm/ion/snx/eop/obs/obsm/obsh/ztd/ztdc/ppp/all [Optional, default "all"]
    [ac]            - GNSS Analysis Center, it can be 'cod', 'emr', 'esa', 'gfz', 'grg', 'igr', 'igs', 'jpl', 'mit',
                    - 'com', 'gbm', 'grm', 'jax', 'sha', 'wum', 'isc', 'isr', 'cnt', 'igc' [Optional, default "igs"]
    [site_list]     - Path of site_list, absolute path [if type = 'obs', 'obsm' or 'obsh', you can indicate site_list or not]
                    - If you indicate site_list, the observations are downloaded according to the site_list
                    - Otherwise, all the observations in the ftp directory will be downloaded

EXAMPLES: python main_gnss_download.py 2017 001
           python main_gnss_download.py 2017 001 10
           python main_gnss_download.py 2017 001 10 D:\data orb igs
           python main_gnss_download.py 2017 001 10 /home/fzhou/data orb gbm
           python main_gnss_download.py 2017 001 10 D:\data eop igs
           python main_gnss_download.py 2017 001 10 /home/fzhou/data obs
           python main_gnss_download.py 2017 001 10 /home/fzhou/data obsm /home/fzhou/work/site_list.txt
           python main_gnss_download.py 2017 001 10 /home/fzhou/data obsh /home/fzhou/work/site_list.txt
```

-- More --



GNSS数据获取(10/10)



还有更简单、高效、快捷的途径吗？



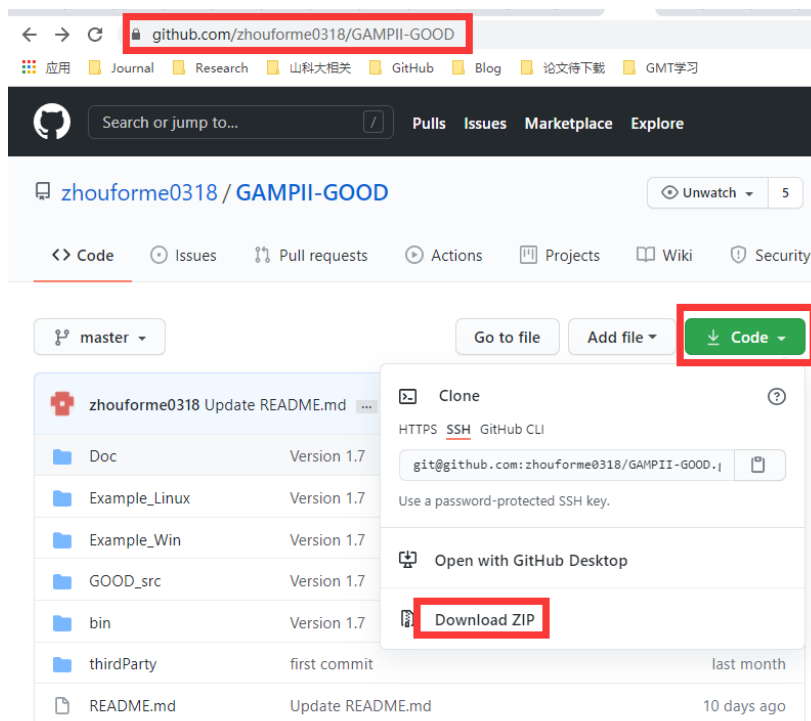
GAMP II – GOOD入门(1/4)

■ 如何获取GAMP II - GOOD

开源GNSS数据下载软件GAMP II – GOOD (Gnss Observations and prOducts Downloader)

下载地址:

<https://github.com/zhouforme0318/GAMPII-GOOD>





GAMP II – GOOD入门(2/4)



■ 支持下载的GNSS数据类型

- IGS观测值 (RINEX 2.xx, 短文件名): 多用于GPS定轨、估钟、PPP算法验证等
- MGEX观测值 (RINEX 3.xx, 长文件名): 多用于多系统GNSS定轨、估钟、PPP算法验证等
- 科廷科技大学短基线CORS观测值 (RINEX 3.xx, 长文件名): 多用于短基线RTK算法验证
- 澳大利亚地球科学局 (GA) 观测值 (RINEX 3.xx, 长文件名): 多用于BDS-2/3 UPD估计、PPP算法验证等
- 香港CORS观测值 (RINEX 3.xx, 长文件名): 多用于海潮、GNSS水汽、电离层延迟建模等
- 广播星历: yyg, yyn, yyp等: 多用于SPP、RTK解算所需的卫星坐标与钟差计算
- IGS与MGEX各家分析中心最终、快速与超快精密轨道和钟差产品: 多用于PPP解算所需的卫星轨道和钟差计算
- 地球自转参数: 多用于计算极潮改正
- IGS SINEX周解: 多用作参考坐标
- CODE或MGEX差分码偏差: 多用于改正伪距硬件延迟
- 全球电离层图 (GIM): 全球电离层延迟产品
- ROTI: 多用于电离层不规则体和闪烁研究
- CNES离线实时轨道、钟差、相位小数偏差产品: 用于实时PPP算法验证、实时PPP模糊度固定等
- IGS天线相位中心改正 (ANTEX): 用于卫星和接收机天线相位中心改正



GAMP II – GOOD入门(3/4)



■ 如何运行GAMP II - GOOD

- 解压GAMP II-GOOD-master.zip，将解压后的文件夹放在某个盘符下，比如D盘，将run_GAMP_GOOD.exe可执行程序与gamp_good.cfg配置文件放在同一个目录下，所在目录为D:\GAMP II-GOOD-master\bin\Win，编辑配置文件中下载数据目录路径、第三方软件目录路径、下载时间段、需要下载哪些数据、对应观测值或对流层延迟下载的测站列表文件（site.list）路径等。
- 利用WIN+R打开运行对话框，输入cmd打开DOS终端界面，通过DOS界面cd进入D:\GAMP II-GOOD-master\bin\Win，然后输入 “run_GAMP_GOOD gamp_good.cfg”。
- 查看数据下载情况是否正常。如果不确定哪些数据没有下载成功，可以重新运行 “run_GAMP_GOOD gamp_good.cfg”，已经下载的会提示下载成功，未成功下载的将重新下载。



GAMP II – GOOD入门(4/4)



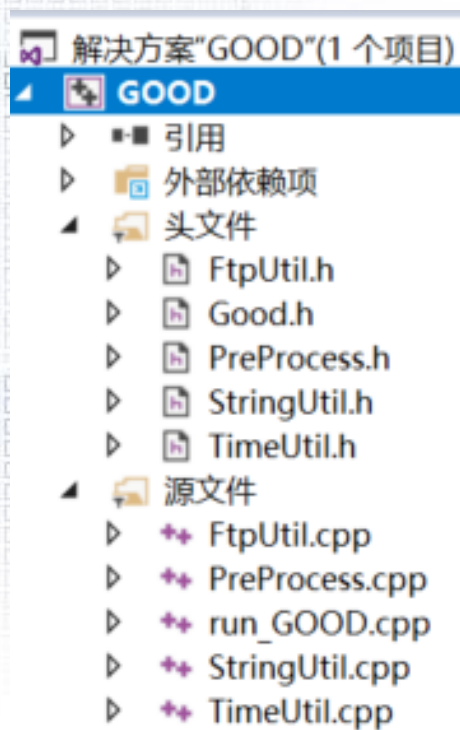
■ 可能存在的问题



解决办法： 将64位的msvcp140.dll库下载拷贝到系统盘C:\Windows\System32，即可运行



GAMP II – GOOD源码解析



- 主程序run_GOOD.cpp
GOOD入口，用于读取配置文件参数，将配置文件传给下一级，一般无需改动
- 时间转换函数TimeUtil.cpp
通过定义时间结构体`gtime_t{int mjd; double sod}`作为中间媒介进行时间转换和传递，一般无需改动
- 字符串操作函数StringUtil.cpp
字符串截取、转换等操作，一般无需改动
- 配置文件读取函数PreProcess.cpp
全局控制变量、FTP下载选项的初始化，配置文件读取等
- 数据下载核心模块FtpUtil.cpp
FTP下载模块入口 “**FtpDownload**”，其它为相应的子程序实现不同GNSS数据下载



GAMP II – GOOD二次开发(1/2)



■ 扩展配置文件

- 添加下载目录

类似 "obsDir = D:\data\obs"

- 添加下载控制选项

类似 "getObs = 0 daily all 02 2"



GAMP II – GOOD二次开发(2/2)



■ 扩展源码

- 扩展Good.h主头文件

扩展结构体`prcopt_t`加入新的下载目录，扩展`ftpopt_t`加入下载控制选项

- 扩展PreProcess.cpp

扩展`init`函数实现新下载的初始化，扩展`ReadCfgFile`函数以兼容配置文件新增加的部分。如果是观测值下载的扩展，还需要扩展`run`函数，建立年积日对应的子目录

- 扩展FtpUtil.cpp

扩展`FtpDownload`函数以添加相应的子函数对应新下载，接着添加新下载对应的函数即可



谢谢