

SignalSim 输入信息 XML 规范文档

Version 1.2

1. 文档介绍

一个通用的 GNSS 模拟信号源，其生成参数包括信号起始的时间，接收机起始位置、速度，接收机轨迹，卫星星历（历书）等。信号源可以生成从接收机参考定位信息（如 NMEA 格式输出）、原始观测量输出（如 RINEX 的 .o 文件）、基带观测量输出（需要有相配合的本地跟踪环路）、数字中频输出等。

本文档定义了 GNSS 信号源通用格式说明。与 GNSS 信号源生成相关的参数以 XML 的格式进行组织。信号源的 XML 文件包含一个 XML 头说明，一个可选的注释行，以及一个以 `SignalSrc` 为标签的数据体作为根元素。根元素有且只有一个。

XML 的头说明的格式是：<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

注释行的格式是：<!-- your comment -->

根元素中包含若干子元素，子元素的内容为模拟信号生成需要的数据内容。子元素的格式在后续各节中说明。

2. 起始时间

起始时间的设定标签为：

```
<Time type="[GPS|GLONASS|BDS|Galileo|UTC]">body</Time>
```

其中 `type` 的属性默认为 GPS。

当属性为 GPS 或 BDS 或 Galileo 时，`body` 含有的子标签为两个，分别是 `<Week>` 和 `<Second>` 分别表示相应卫星系统的周数和周内秒数。如：

```
<Time type="BDS">
  <Week>749</Week>
  <Second>594707.3</Second>
</Time>
```

当属性为 GLONASS 时，`body` 含有的子标签为三个，分别是 `<LeapYear>`、`<Day>` 和 `<Second>` 分别表示闰年数，天数和天内秒数。如：

```
<Time type="GLONASS">
  <LeapYear>7</LeapYear>
  <Day>138</Day>
  <Second>703.3</Second>
</Time>
```

当属性为 UTC 时，`body` 含有的子标签为六个，分别是 `<Year>`、`<Month>`、`<Day>`、`<Hour>`、`<Minute>` 和 `<Second>` 分别表示年月日时分秒数。如：

```
<Time type="UTC">
```

```
<Year>2020</Year>
<Month>5</Month>
<Day>16</Day>
<Hour>21</Hour>
<Minute>11</Minute>
<Second>43.3</Second>
</Time>
```

3. 接收机轨迹

接收机轨迹的设定标签为：

```
<Trajectory name="trajectory name">body</Trajectory>
```

如果缺省 **name** 的属性，则该轨迹为匿名轨迹。接收机轨迹可以有多个，其中最多有一个匿名轨迹。

接收机轨迹包含以下的子标签<InitPosition>、<InitVelocity>、<TrajectoryList>，分别用来设置初始位置，初始速度和轨迹列表。其中轨迹列表一定要在初始位置和速度之后。

InitPosition 的格式为：

```
<InitPosition type="[LLA|ECEF]">body</InitPosition>
```

用于指定起始位置，其中 **type** 的缺省值为 **LLA**。当指定经纬高的起始位置时，需要三个子标签<Longitude>、<Latitude>和<Altitude>，如果不指定高度，则高度为 **0**。经度的格式是<Longitude type="[d|dm|dms|rad]">longitude</Longitude>，分别表示经度的格式是度、度分、度分秒和弧度。缺省为 **d** 表示以度为单位的浮点度数，**dm** 是 0~3 位的度加两位整数部分的浮点分，**dms** 是 0~3 位的度加两位的分加两位整数部分的浮点秒，**rad** 表示弧度。前面加+或-的符号或者后面加 **E** 或 **W** 都可以。所以下面的都是合法表示：

```
<Longitude type="d">121.06542W</Longitude>
```

```
<Longitude type="dm">-12103.9252</Longitude>
```

```
<Longitude type="dms">1210355.512W</Longitude>
```

纬度与经度的格式相同，区别是度为 0~2 位，后缀为 **N** 或 **S**。

当指定 **ECEF** 坐标为起始位置时，需要三个子标签<x>、<y>、<z>，表示以米为单位的 **ECEF** 坐标。

InitVelocity 的格式为：

```
<InitVelocity type="[SCU|ENU|ECEF]">body</InitVelocity>
```

用于指定初始速度，其中 **type** 的缺省值为 **SCU**（速度及方向）。当初始速度指定 **SCU** 时，需要三个子标签<Speed>、<Course>和<Up>分别代表水平速度、速度方向（从正北顺时针转过的角度）和垂直速度。

其中水平速度的格式是：<Speed unit="[mps|kph|knot|mph]">speed</Speed>，分别表示单位为 **m/s**、**km/h**、节或者英里每小时，缺省为 **m/s**。

方向的格式是：<Course unit="[degree|rad]">course</Course>，分别表示单位为度或弧度，缺省为度。

垂直速度的格式与水平速度格式相同。

当初始速度指定 ENU 时，需要三个子标签<East>、<North>和<Up>，分别代表东向，北向和垂直的速度，格式与水平速度格式相同。

当初始速度指定 ECEF 时，需要三个子标签<x>、<y>和<z>，分别代表 x，y 和 z 的速度，格式与水平速度格式相同。

在 SCU 和 ENU 格式下，如果没有<Up>子标签，则表示垂直速度为 0。

TrajectoryList 表示了接收机运行的动态轨迹，包含了若干轨迹类型，分别表示了分段的运行轨迹，后续的每一个子标签是有序的，子标签出现的顺序决定了轨迹排列的顺序。

动态轨迹的设定标签为：

<TrajectoryList>body</TrajectoryList>

子标签的类型可以是以下类型：

<Const>、<ConstAcc>、<VerticalAcc>、<Jerk>、<HorizontalTurn>。下面分别对各种轨迹类型进行说明。

3.1 匀速直线运动

匀速直线运动轨迹以<Const>标签表示，只包括一个子标签，格式是：
<TimeSpan>time</TimeSpan>表示以秒为单位的持续时间。

3.2 匀加速直线运动

匀加速直线运动的轨迹以<ConstAcc>标签表示，包含三个子标签中的两个，分别是：

- ✓ <TimeSpan>time</TimeSpan>表示以秒为单位的持续时间。
- ✓ <Acceleration>acceleration</Acceleration>表示以 m/s² 为单位的加速度，正值表示加速，负值表示减速。
- ✓ <Speed>speed</Speed>表示以 m/s 为单位的末速度。
- ✓ 如果指定了加速度和末速度，则自动忽略加速度的符号。

3.3 垂直加速运动

垂直加速运动的轨迹以<VerticalAcc>标签表示，包含三个子标签中的两个，分别是：

- ✓ <TimeSpan>time</TimeSpan>表示以秒为单位的持续时间。
- ✓ <Acceleration>acceleration</Acceleration>表示以 m/s² 为单位的垂直加速度，正值表示加速，负值表示减速。
- ✓ <Speed>speed</Speed>表示以 m/s 为单位的垂直末速度。
- ✓ 如果指定了加速度和末速度，则自动忽略加速度的符号。垂直加速运动仅改变垂直速度，水平速度不受影响。

3.4 变加速直线运动

变加速直线运动的轨迹以<Jerk>标签表示，包含三个子标签中的两个，分别是：

- ✓ <TimeSpan>time</TimeSpan>表示以秒为单位的持续时间。
- ✓ <AccRate>rate</AccRate>表示以 m/s^3 为单位的加加速度，正值表示加速度增加，负值表示加速度减小。
- ✓ <Acceleration>acceleration</Acceleration>表示以 m/s^2 为单位的末加速度。
- ✓ 如果指定了加加速度和末加速度，则自动忽略加速度的符号。

3.5 水平转弯

水平转弯的轨迹以<HorizontalTurn>，包含三类子标签中的任意两类，分别是：

- ✓ <TimeSpan>time</TimeSpan>表示以秒为单位的持续时间。
- ✓ <TurnAngle>angle</TurnAngle>表示以度为单位转过的角度，正值表示顺时针旋转（方向角增加），负值表示逆时针旋转（方向角减小）。

第三类从以下三个子标签中任选一个。

- ✓ <Acceleration>acceleration</Acceleration>表示以 m/s^2 为单位的水平加速度，正值表示顺时针旋转（方向角增加），负值表示逆时针旋转（方向角减小）。
- ✓ <AngularRate>rate</AngularRate>表示以 degree/s 为单位的旋转角速度，正值表示顺时针旋转（方向角增加），负值表示逆时针旋转（方向角减小）。
- ✓ <Radius>radius</Radius>表示以米为单位的旋转半径，正值表示顺时针旋转（方向角增加），负值表示逆时针旋转（方向角减小）。

如果选择了转弯角度以及第三类子标签中的任一个，则第三类子标签的符号忽略，转弯方向由转弯角度的符号决定。

匀加速和变加速直线运动如果衔接在水平转弯轨迹之后，则以旋转后的末端速度作为起始值开始直线运动。

4. 星历参数

星历参数的设定标签为：

<Ephemeris [source="file" [type="RINEX"]]>body</Ephemeris>

指定星历参数。当数据源为文件时，星历参数从文件中读入，**body** 表示输入文件的文件名，可以是绝对路径，也可以是相对于当前文件的相对路径。可以指定多个星历参数标签，所有的星历文件中的内容会合并在一起。

目前支持输入文件的格式是 **RINEX3** 格式。

5. 结果输出文件

结果输出文件的设定标签为：

`<Output type="[position|observation]" format="[ECEF|LLA|NMEA|KML|RINEX]">body</Output>`

可以设定输出文件的内容和格式。如果 `type` 是“position”，则输出接收机位置，以 ECEF 坐标或者经纬高的文本文件或者 NMEA0183 格式或 KML 文件表示。如果 `type` 是“observation”，则输出原始观测量，以 RINEX3 文件表示。结果输出包含以下的子标签：

`<Interval unit="[s|ms]">interval</Interval>`表示以秒或者毫秒为单位的输出间隔。如果没有指定，则缺省输出间隔为 1 秒。输出间隔的分辨率为 1 毫秒，如果设置的间隔不是整毫秒，则会四舍五入到最近的整毫秒数。

`<Name>name</Name>`表示输出文件的文件名，路径可以是绝对路径也可以是相对于当前文件的相对路径。

`<ConfigParam>body</ConfigParam>`表示配置参数，可以有以下的子标签：

- ✓ `<ElevationMask unit="[degree|rad]">mask</ElevationMask>`表示卫星的仰角截断角度。
- ✓ `<MaskOut system="[GPS|GLONASS|BDS|Galileo]">svid</MaskOut>`表示去掉相应标号的卫星。System 缺省为 GPS。

`<SystemSelect system="[GPS|GLONASS|BDS|Galileo]" freq="[FreqID]">enable</SystemSelect>`表示在输出原始观测量的时候选择相应的卫星系统和频点输出。如果没有指定则只输出 GPS L1/CA。上述配置中，FreqID 可选择以下频点：

- ✓ GPS: L1、L2、L5
- ✓ BDS: B1C、B1I、B2I、B3I、B2a、B2b
- ✓ Galileo: E1、E5a、E5b、E6
- ✓ GLONASS: G1、G2

如果没有指定 `freq`，则输出主频点（L1/B1C/E1/G1）。如果 `freq` 与 `system` 不匹配则忽略此标签。

6. 信号功率配置

信号功率配置用`<PowerControl>`标签表示，包含两个子标签：`<PowerParam>`用于设定信号功率配置的全局参数，`<SignalPower>`用于设定特点卫星的信号功率。

`<PowerParam>`包含以下三个子标签：

- ✓ `<NoiseFloor>noise</NoiseFloor>`表示以 dBm/Hz 为单位的噪底。对于天空的本底噪声而言，噪底为-174dBm/Hz。考虑到射频前端的插入损耗，可以进行适当调整。如整体射频链路的 noise figure 为 2dB，则可以设为-172dBm/Hz。此参数主要目的是对以 dBm 为单位的信号功率和以 dBHz 为单位的载噪比互相进行转换。
- ✓ `<InitPower unit="[dBHz|dBm|dBW]">power</InitPower>`用于设置默认信号功率，其中单位缺省为 dBHz。

✓ `<ElevationAdjust>adjust</ElevationAdjust>`表示是否根据仰角进行信号功率调整。如果为 `false`，则不进行调整，如果为 `sin2`，则根据仰角额外增加 $25 \times (1 - \sqrt{\sin(El)})$ dB 的功率衰减。

`<SignalPower system="[GPS|GLONASS|BDS|Galileo]" svid="svid">`指定特定卫星或不特定卫星的信号功率。如果指定 `system`，则指定特定的卫星系统，默认为 `GPS`；如果指定 `svid`，则指定该系统的特定卫星，默认为该系统的全部卫星。包含以下两个子标签：

✓ `<Time unit="[s|ms]">time</Time>`指定了改变卫星信号接收功率的起始时刻，单位可以是秒或者毫秒。

✓ `<Power unit="[dBHz|dBm|dBW]">power</Power>`指定了该时刻接收到的卫星信号功率，如果 `power` 为 `default` 或者 `-1`，则恢复卫星信号到默认功率。

以上的`<Time>`和`<Power>`标签可以重复多组，用于设定一颗或全部卫星在不同时刻的功率变化。

在上述功率设定中，如果设定了特定的卫星信号功率，则不会根据仰角进行功率调整，如果设定为默认值，则根据 `adjust` 的设定决定如何根据仰角调整信号功率。

7. 延时配置

延时配置用于模拟系统间、频率间的延时参数。延时配置的设定标签为：

`<DelayConfig system="[GPS|GLONASS|BDS|Galileo]">body</DelayConfig>`

包含下列子标签：

✓ `<SystemDelay unit="[s|ns]">value</SystemDelay>`表示系统时与 `GPS` 时之间的差异，缺省为 0 或者历书中的参数。如果系统指定为 `GPS`，则忽略此标签

✓ `<ReceiverDelay freq="[FreqID]" unit="[s|ns]">value</ReceiverDelay>`表示接收机射频前端各个频点的群延时相对 `L1` 频点群延时。如果指定频点为 `L1` 频点（包含 `B1/E1` 等）或非本系统的频点，则忽略此标签

✓ `<ISC freq="[FreqID]" svid="svid" unit="[s|ns]">value</ISC>`表示星上频率间延时修正项，缺省为 0 或者星历中的参数。如果指定频点为 `L1` 频点（包含 `B1/E1` 等）或非本系统的频点，则忽略此标签

上述配置中，`FreqID` 可选择以下频点：

✓ `GPS`: `L1`（无效）、`L2`、`L5`

✓ `BDS`: `B1I` 或 `B1C`（无效）、`B2I`、`B3I`（所有时延从以 `B3I` 为基准更改到以 `B1I/B1C` 为基准）、`B2a`、`B2b`

✓ `Galileo`: `E1`（无效）、`E5a`、`E5b`、`E6`

✓ `GLONASS`: `G1`（无效）、`G2`

8. 基带配置

基带配置用于模拟基带跟踪程序，本节的说明为临时设定，未来会进行修改。基带配置的设定标签为：

```
<BasebandConfig system="[GPS|GLONASS|BDS|Galileo]">body</BasebandConfig>
```

包含下列子标签：

- ✓ <ChannelNumber>number</ChannelNumber>表示通道个数
- ✓ <CorrelatorNumber>number</CorrelatorNumber>表示每个通道的相关器个数
- ✓ <NoiseFloor>noise</NoiseFloor>表示噪底的方差 (σ)

9. 通道初始参数

通道初始参数用于初始化通道配置，本节的说明为临时设定，未来会进行修改或废弃（如搭建了完整的基带控制程序后，本节的配置参数就不再需要了）。通道初始参数的设定标签为：

```
<Channellnit system="[GPS|GLONASS|BDS|Galileo]" svid="value" enable="[auto|true]">body</Channellnit>
```

如果属性中没有指定卫星系统，则该初始配置应用于所有通道，如果指定了卫星系统，则应用于该系统所有卫星（不指定 svid 属性）或特定 SVID 的卫星（指定 svid 属性）。如果指定了 svid 属性，则属性 enable 可以设定为可见星分配通道（auto）或强制分配通道（true），缺省值为 auto。

通道初始参数包含下列子标签：

- ✓ <CorrelatorInterval>interval</CorrelatorInterval>表示相关器间隔的倒数，缺省值为 2
- ✓ <PeakCorrelator>cor</PeakCorrelator>表示峰值相关器位置，缺省值为 4
- ✓ <InitFreqError>freq</InitFreqError>表示初始频率差，缺省值为 0
- ✓ <InitPhaseError>phase</InitPhaseError>表示初始相位差，缺省值为 0
- ✓ <InitCodeError>code</InitCodeError>表示初始码片误差，缺省值为 0
- ✓ <IntermediateFreq>freq</IntermediateFreq>表示中频频率
- ✓ <SNR unit="ratio">value</SNR>表示以倍数为单位的信噪比

通道初始参数可以有多组，每一组会覆盖前一组的配置，因此可以为所有通道指定统一的参数，然后为某些卫星指定特别的参数。