

**Национальный исследовательский университет
«МЭИ»**

Институт радиотехники и электроники

Кафедра радиотехнических систем

Отчет о проделанной работе по НИР

ФИО студента: Тасканов В.Е.

Группа: ЭР-15-16

Дата: _____

Подпись: _____

ФИО преподавателя: Шатилов А.Ю.

Оценка: _____

Москва, 2021 г.

Содержание

| | |
|---|-----------|
| 1.Добавление расчета координат НС | 3 |
| 1.1. Алгоритм расчета для ГНСС Галилео | 4 |
| 1.2. Алгоритм расчета координат | 6 |
| 2. Реализация алгоритмов в программе | 9 |
| 2.1. Скачивание файла | 9 |
| 2.2. Обработка файла | 9 |
| 3. Пример расчета с использованием новых функций | 10 |

1.Добавление расчета координат НС

Алгоритм расчета координат в программе будет следующий:

- Скачиваем файл с данными альманаха,
- Обработываем файл,
- Рассчитываем координаты

Файл будет скачивать с официального сайта Галилео, по адресу: «<https://www.gsc-europa.eu/product-almanacs#current>», где далее следует выбор дата нужного альманаха, который содержится в файле в формате XML.

Скачав файл необходимо его оцифровать (перенести нужные данные в программу для реализации последующих алгоритмов).

1.1. Алгоритм расчета для ГНСС Галилео

В файле с расширением – “xml”, содержатся альманахи, записанные в виде:

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <!-- XML file generated by TCVPF -->
3 <signalData xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:noNamespaceSchemaLocation="XSD/INF_AlmanacData_v01.02.xsd">
4   <header>
5     <GAL-header>
6       <source>
7         <GAL-GMS-MOCF-GLAD>
8           <mission>GAL</mission>
9           <segment>TCVPF</segment>
10          <element>DSF</element>
11          <site>GES8</site>
12          <instance>1</instance>
13          <subsystem>CMOS</subsystem>
14        </GAL-GMS-MOCF-GLAD>
15      </source>
16      <destination>
17        <GAL-EXT-GLAD>
18          <mission>GAL</mission>
19          <segment>EXT</segment>
20          <element>any</element>
21        </GAL-EXT-GLAD>
22      </destination>
23      <issueDate>2021-10-08T09:38:51.0Z</issueDate>
24      <signalVersion>0.0</signalVersion>
25      <dataVersion>0.0</dataVersion>
26      <identifier>String</identifier>
27      <information>String</information>
28    </GAL-header>
29  </header>
30  <body>
31    <Almanacs>
32      <svAlmanac>
33        <SVID>01</SVID>
34        <almanac>
35          <apgRoot>0.025396625</apgRoot>
36          <acc>0.00030517578125</acc>
37          <deltaI>-0.000427246093750020383000842727483</deltaI>
38          <omega0>-0.572387695312518207657603852567</omega0>
39          <omegaDot>-1.86264514923107200935514487085e-09</omegaDot>
40          <w>-0.383636474609406918911957973251</w>
41          <m0>0.721008300781366129328375791374</m0>
42          <af0>-0.000490188598632800031675016416659</af0>
43          <af1>-7.27595761418300019611053179142e-12</af1>
44          <iod4</iod4>
45          <t0a>463200</t0a>
46          <vna2</vna2>
47        </almanac>
48      <svNavSignalStatus>
49        <statusE5a>0</statusE5a>
```

Рисунок 1 – Пример скаченного файла с расширением xml

В следующей таблице представлено описание различных параметров, включенных в альманах Галилео:

| Parameter | Field in XML file | Definition | Units |
|--------------------|-------------------------------------|--|-----------------|
| SVID | SVID | Satellite ID (1 constellation of 36 satellites) | dimensionless |
| $\Delta(a^{1/2})$ | aSqRoot | Difference with respect to the square root of the nominal semi-major axis (29 600 km) | meters 1/2 |
| e | ecc | Eccentricity | dimensionless |
| δ_i | deltai | Inclination at reference time relative to $i_0 = 56^\circ$ | semi-circles* |
| Ω_0 | omega0 | Right ascension | semi-circles* |
| $\dot{\Omega}$ | omegaDot | Rate of right ascension | semi-circles/s* |
| ω | w | Argument of perigee | semi-circles* |
| M_0 | m0 | Satellite mean anomaly at reference time | semi-circles* |
| af_0 | af0 | Satellite clock correction bias "truncated" | s |
| af_1 | af1 | Satellite clock correction linear "truncated" | s/s |
| IOD_a | iod | Almanac Issue Of Data | dimensionless |
| t_{0a} | t0a | Almanac reference time | s |
| WN_a | wna | Almanac reference Week Number. WNa term is a Modulo 4 binary representation of the Galileo System Time Week Number. | week |
| SV_{status}^{**} | statusE5a statusE5b statusE1B | Satellite signal health status | dimensionless |

1.2. Алгоритм расчета координат

Далее полученные значения подставляются в алгоритм расчета координат, который возьмем из ИКД GPS.

Следует учесть, что в полученном альманахе, дано значение разницы a между квадратным корнем из большой полуоси и квадратным корнем из номинальной большой полуоси, поэтому:

Большая полуось определяется, как:

$$\Delta(A^{1/2}) = A^{1/2} - A_{ном}^{1/2}$$

Где: $A_{ном} = 29\,600\,000\text{ м}$ - номинальное значение полуоси орбиты

А также следует учесть, что значение номера недели задан по модулю 4, для этого воспользуемся уже встроенной в программу расчета времени для Галилео алгоритмом, где дата отчета будет являться датой получения альманаха, получив значение недели, возьмем модуль 4 этого числа и сравним со значением альманаха.

1.1.2.1. Определим время, отсчитываемое от опорной эпохи эфемерид:

$$t_k = t - t_{oc}$$

1.1.2.2. Определим среднее движение:

$$n_0 = \sqrt{\frac{\mu}{A_0^3}}$$

1.1.2.3. Определим скорректированное среднее движение:

$$n_A = n_0 + \Delta n$$

1.1.2.4. Определим среднюю аномалию:

$$M_k = M_0 + n_A \cdot t_k$$

1.1.2.5. Решим уравнение Кеплера минимум 3-мя итерациями и определим E_k :

$$M_k = E_k - e_n \cdot \sin(E_k) \Rightarrow E_k = M_k + e_n \cdot \sin(E_k)$$

1.1.2.6. Определим истинную аномалию:

$$v_k = \arctg \left(\frac{\sqrt{1-e_n^2} \sin(E_k)}{(\cos(E_k) - e_n)} \right)$$

1.1.2.7. Определим скорректированный радиус орбиты спутника:

$$A_k = A_0 + \left(\dot{A} \right) t_k$$

$$r_k = A_k (1 - e_n \cos(E_k)) + \delta r_k$$

1.1.2.8. Определим аргумент широты:

$$\Phi_k = v_k + \omega$$

$$u_k = \Phi_k + \delta u_k$$

1.1.2.9. Определим координаты НС в орбитальной плоскости:

$$\begin{cases} x'_k = r_k \cdot \cos(u_k) \\ y'_k = r_k \cdot \sin(u_k) \end{cases}$$

1.1.2.10. Определим скорректированную долготу восходящего узла Ω_k определяется из соотношения:

$$\dot{\Omega} = \dot{\Omega}_{REF} + \Delta \dot{\Omega}$$

$$\Omega_k = \Omega_{0-n} + \left(\dot{\Omega} - \dot{\Omega}_e \right) t_{oe}$$

1.1.2.11. Определим скорректированное наклонение орбиты спутника

$$i_k = i_{0-n} + (\dot{i}_{0-n} - \dot{DOT}) t_k + \delta i_k$$

1.1.2.12. Определим координаты НС в геоцентрической системе координат:

$$\begin{cases} x_k = x'_k \cos \Omega_k - y'_k \cos i_k \sin \Omega_k \\ y_k = x'_k \sin \Omega_k + y'_k \cos i_k \cos \Omega_k \\ z_k = y'_k \sin i_k \end{cases}$$

2. Реализация алгоритмов в программе

2.1. Скачивание файла

Воспользуемся встроенной библиотекой “Urlmon”. Функция для скачивания – “URLDownloadToFileA”, где на входе задается ссылка на файл и название скаченного файла, а на выходе, если файл скачен получаем значение “S_OK”.

Для удобства использования в основном алгоритме программы функции – “URLDownloadToFileA”, создадим функцию “Downloadhttp”, где на входе задается ссылка на файл и название скаченного файла, а на выходе, если файл скачен получаем значение “1”.

2.2. Обработка файла

Для обработки файлов также создадим отдельную функцию “parserGalileo”, где на входе задается название файла, а также указатель на структуру “almanaxGalileo” в которую будут переданы значения альманаха.

Для алгоритма обработки файла воспользуемся библиотекой – “fstream”, в которой содержится класс “ifstream” – файловый ввод. Алгоритм обрабатывает последовательно каждое заданное значение, далее переносит полученные значения в массив значений – «almanaxGalileo».

Основная проблема данного алгоритма, что значения альманаха записываются без пробела и из-за этого в массив передаются символьные значения или строка, состоящая из названия параметра альманаха и его значения, для этого создадим еще одну функцию, только уже для обработки значения – “parserstruct”.

На вход функции “parserstruct” задается символьное значения, а также указатель на значение, которое будет обработано.

Все функции содержатся в файле – “parserGalileo.cpp”, а также существует заголовочный файл – “parserGalileo.h”, в котором хранятся применяемые классы и методы.

Далее импортируем функцию в основной алгоритм программы.

3. Пример расчета с использованием новых функций

The screenshot shows a software application window titled "Data app". It contains a table of Galileo satellite data and several input fields for calculation parameters.

Galileo (dropdown menu)

| | SISRE, m | SISVE, mm |
|----|----------|-----------|
| 1 | 0.149 | 0.709 |
| 2 | 0.088 | 0.239 |
| 3 | 0.075 | 0.368 |
| 4 | 0.135 | 0.722 |
| 5 | 0.105 | 0.260 |
| 6 | 0.000 | 0.000 |
| 7 | 0.072 | 0.372 |
| 8 | 0.129 | 0.585 |
| 9 | 0.080 | 1.145 |
| 10 | 0.000 | 0.000 |
| 11 | 0.195 | 0.068 |
| 12 | 0.126 | 1.824 |
| 13 | 0.156 | 0.086 |
| 14 | 0.182 | 1.221 |
| 15 | 0.097 | 0.208 |
| 16 | 0.000 | 0.000 |
| 17 | 0.000 | 0.000 |
| 18 | 0.171 | 1.506 |
| 19 | 0.289 | 0.845 |
| 20 | 0.000 | 0.000 |
| 21 | 0.111 | 0.207 |
| 22 | 0.000 | 0.000 |
| 23 | 0.000 | 0.000 |

Загрузить (button)

Время прогнозирования по UTC(+3)
 10.10.2021 (date picker)
 20:36:09 (time picker)

Введите значение высоты в метрах:
 55 (input field)

Введите значение В в градусах:
 55.768702 (input field)

Введите значение L в градусах:
 37.629380 (input field)

Обработка (button)

Значение СКО:
 СКО для x: 0.240 м
 СКО для y: 0.219 м
 СКО для z: 0.357 м
 СКО для D: 0.196, м СКО: 0.483 м

для отладки/test (button)

Рисунок 2 – Пример расчета