Визуализация трассировки спутниковых навигационных систем и зон видимости

I

Работа с картой:

1. Экспортирование карты мира map.jpg;
2. Расчет коэффициента перехода от *км* к *пикселам*;
3. Изображение сетки широт и долгот на карте. Добавить подписи со значениями;
4. Добавить в проект возможность выбора шага сетки (в *град*.) и варианты отобразить/скрыть сетку.

II

Реализация невозмущенного кеплеровского движения:

$$M = n(t - t_0) + M_0,$$

$$E - e \sin E = M,$$

$$\operatorname{tg} \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \operatorname{tg} \frac{E}{2},$$

$$r = \frac{a(1-e^2)}{1 + e \cos v},$$

$$u = v + \omega,$$

$$\left.\begin{aligned} x &= r(\cos u \cos \Omega - \sin u \sin \Omega \cos i), \\ y &= r(\cos u \sin \Omega + \sin u \cos \Omega \cos i), \\ z &= r \sin u \sin i. \end{aligned}\right\}$$

1. Тестирование.

III

Навигационная система:

1. Определяемся с выбором навигационной системы (**Galileo, Цикада, NAVSAT, IRNSS, Бэйдоу, GPS, ГЛОНАСС**) (7 слайд);
2. Определяем начальные значения элементов орбиты каждого из спутников системы;
3. Пишем процедуру перехода от элементов орбиты к векторам положения и скорости и обратно;
4. Тестирование.

IV

Трассировка движения спутников:

1. Процедура перехода от календарной к юлианской дате;
2. Процедура вычисления звездного времени s;
3. Вычисление матрицы поворота $R_z(s)$;
4. Вычисление сферических координат;
5. Переход от сферических координат к пикселам;
6. Визуализация трасс спутников на карте.

V

Создание интерфейса проекта:

1. Создание меню программы;
2. Выбор навигационной системы;
3. Выбор числа спутников на орбите и количество орбит системы;
4. Выбор цвета орбиты спутника;
5. Отображение и скрытие трасс спутников;

V

6. Отображение статичной картины расположения спутников на заданный момент времени и анимационной. Кнопки *Стоп* и *Плэй*;
7. Тестирование.

VI

Построение зон видимости КА навигационной системы (под руководством Александровой А. Г.).

система спутников Galileo

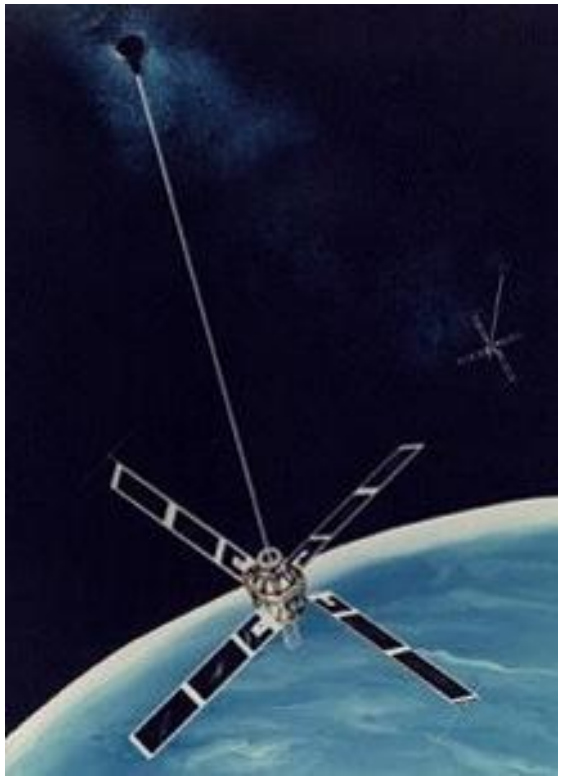
- e=0;
- *i*=56
- a=23222км
- Ω=0, 120, 240
- С равномерным распределением 9 спутников на орбите (ω)

СНС «Цикада» 1967 год

- 4 спутника
- Круговые орбиты высотой 1000 км,
- *i*=83;
- плоскости орбит наклонены на 45° друг к другу.
- равномерное распределение плоскостей орбит вдоль экватора (Ω)

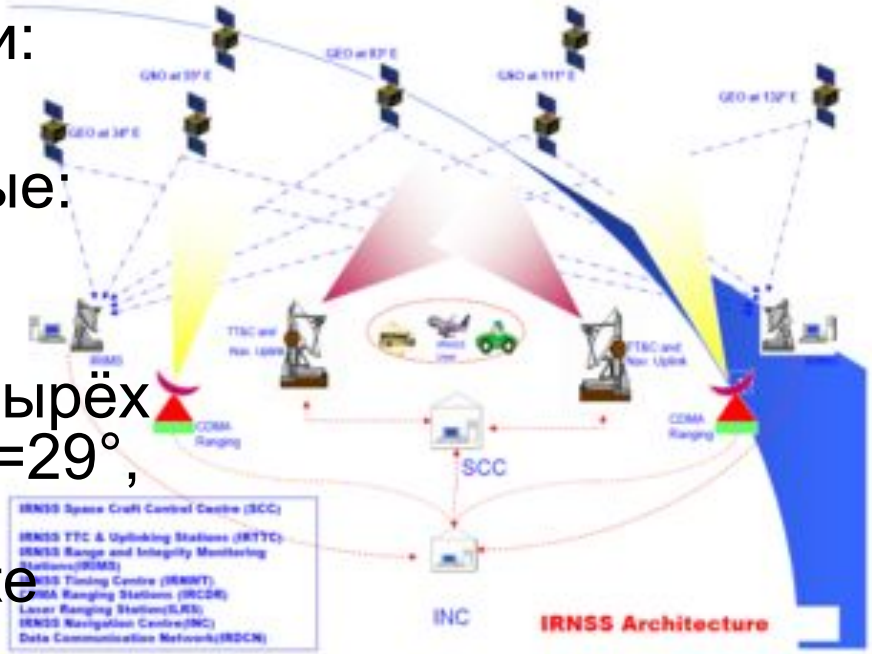
Transit (**NAVSAT** *Navy Navigation Satellite System*) —1958 год

- 6 спутников на круговых околоземных орбитах (высотой около 1000 км) с равномерным распределением плоскостей орбиты вдоль экватора. (Ω).
- *i*=64,8

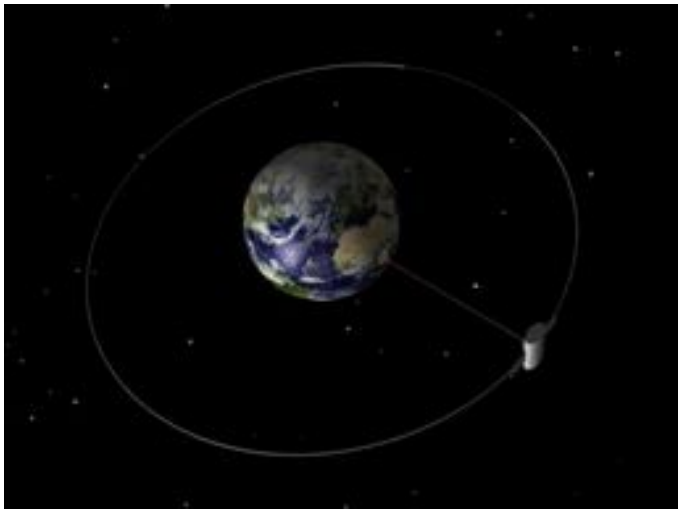


группировка спутников IRNSS

- (Индийская навигационная спутниковая система) со следующими параметрами:
- количество спутников 7,
- три из них геостационарные: a=42000,0 км, i=0, e=0, λ=34, 83, 132.
- Параметры остальных четырёх спутников: a=18753,1 км, i=29°, e=0,63323, две орбиты пересекают экватор в точке λ=55 и две λ=111



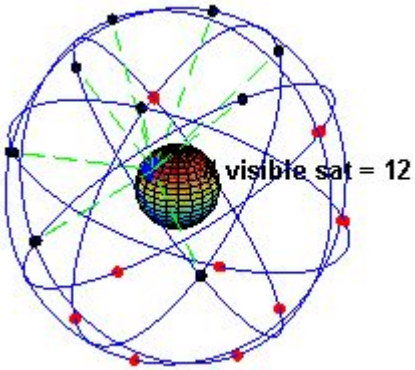
Навигационная система «Бэйдоу» (Компасс)



- Структура: 5 спутников на геостационарной орбите (ГСО),
- 3 спутника в трех плоскостях (высота 35 786 км, наклонение 55 град) и
- 27 спутников в трех плоскостях на средних орбитах (высота 21 500 км, наклонение 55 град).

Навигационная система GPS

- Круговая орбитаКруговая орбита с высотой порядка 20200 км. является орбитой суточной кратности с периодом обращения 11 часов 58 минут; таким образом, спутник совершает два витка вокруг Земли за одни звёздные суткиКруговая орбита с высотой порядка 20200 км. является орбитой суточной кратности с периодом обращения 11 часов 58 минут; таким образом, спутник совершает два витка вокруг Земли за одни звёздные сутки (23 часа 56 минут). Наклонение орбитыКруговая орбита с высотой порядка 20200 км. является орбитой суточной кратности с периодом обращения 11 часов 58 минут; таким образом, спутник совершает два витка вокруг Земли за одни звёздные сутки (23 часа 56 минут). Наклонение орбиты (55°) является также общим для всех спутников системы. Единственным отличием орбит спутников является долгота восходящего узла, или точка, в которой плоскость орбиты



Навигационная система ГЛОНАСС

- Основой системы должны являться 24 спутникаОсновой системы должны являться 24 спутника, движущихся над поверхностью ЗемлиОсновой системы должны являться 24 спутника, движущихся над поверхностью Земли в трёх орбитальных плоскостях с наклоном орбитальных плоскостей