

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧНОСТИ НАВИГАЦИИ В СИСТЕМЕ GPS

Трапезон К. А., к. т. н, доц.; Литовш В. Н., магистрант;
Гумен Т. Ф., ст. преп.

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

В наиболее популярной на сегодня навигационной системе GPS оценка точности определения координат объектов основывается на использовании статистической теории решений, поскольку два основных параметра, от которых зависит точность, изменяются во времени.

Найдено, что точность определения местоположения зависит от совокупности действующих на систему навигации ошибок и взаимного геометрического положения спутников и приемника и задается произведением двух параметров — эквивалентной погрешности измерения дальности абонентом (User Equivalent Range Error, *USERE*) и показателя снижения точности, обусловленного геометрическими факторами (Geometrical Dilution Of Precision, *GDOP*):

$$T = USERE \times GDOP.$$

Следует отметить, что *USERE* определяет величину погрешности измеряемой приемником дальности до каждого спутника.

На основе проведенных измерений найдено, что значение погрешности измерения дальности напрямую зависит от:

- особенностей распространения радиоволн в тропосфере и ионосфере;
- неточности эфемеридной информации;
- нестабильности частоты спутникового опорного генератора;
- влияния помех, внутренних шумов приемника.

Эта погрешность распределяется случайным образом и может быть с определенной долей вероятности представлена гауссовским распределением вероятности.

Математически *USERE* выражается как корень квадратный из суммы квадратов всех действующих на систему ошибок. Мгновенная погрешность для каждого спутника будет разной и зависит главным образом от угла возвышения спутника на момент измерения, а также от актуальности навигационных корректирующих данных, переданных спутнику сегментом управления [1].

Анализ *GDOP* показал, что этот коэффициент принимает наименьшее значение при оптимальном выборе созвездия навигационных спутников (рис. 1). Такому алгоритму выбора для получения максимальной точности определения координат удовлетворяет расположение, при котором один из

спутников знаходиться в зеніті, а три інших розполагаються як можна ближче к горизонту, образуя равносторонний трикутник [2].

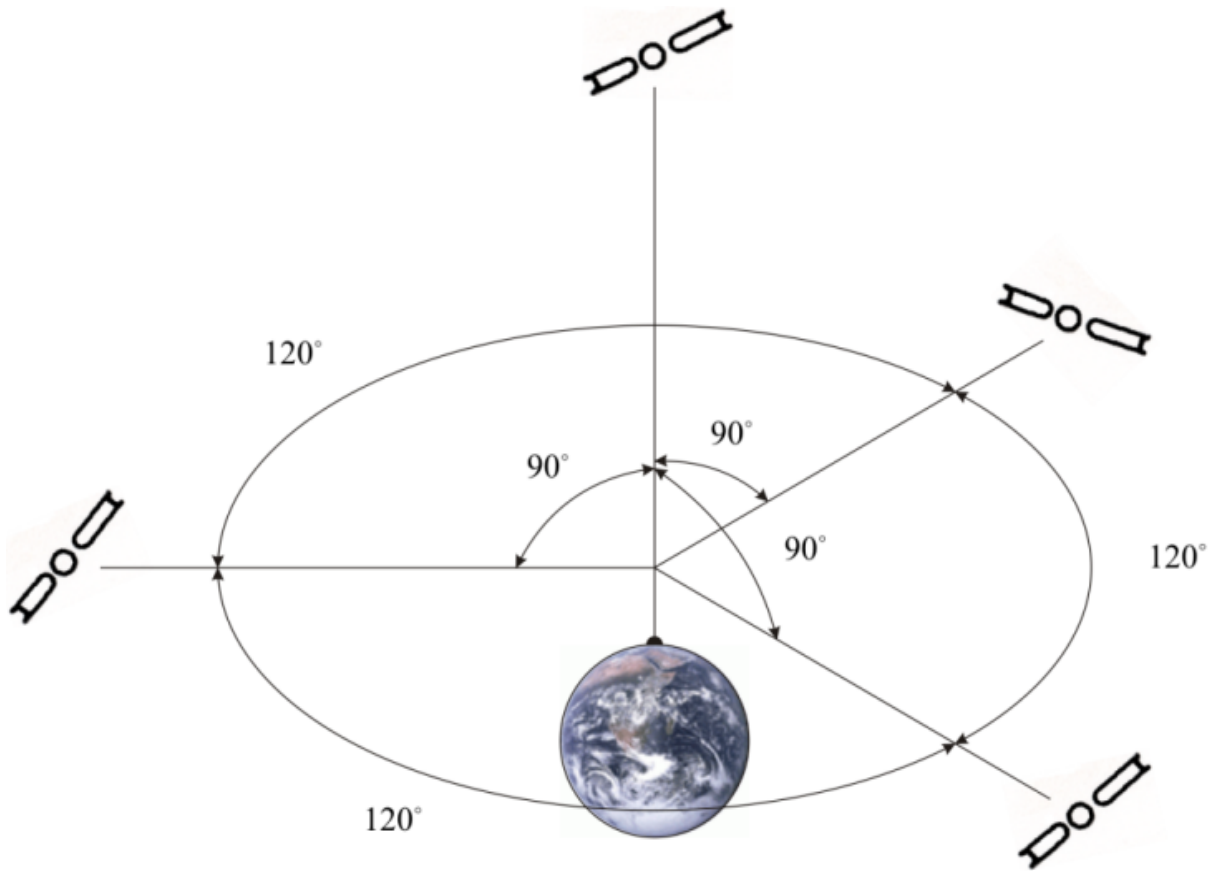


Рисунок 1. Оптимальное расположение спутников для получения высшей точности определения координат

На практике используется ряд коэффициентов DOP , которые являются подклассом $GDOP$ и имеющие особое физическое значение для координат местоположения. К ним относят: показатель снижения точности определения местоположения в пространстве (Position Dilution Of Precision, $PDOP$), в горизонтальной (Horizontal Dilution Of Precision, $HDOP$) и вертикальной плоскости (Vertical Dilution Of Precision, $VDOP$), а также показатель снижения точности, обусловленной нестабильностью временной шкалы (Time Dilution Of Precision, $TDOP$). Эти параметры связаны соотношениями:

$$\begin{aligned}GDOP^2 &= PDOP^2 + TDOP^2, \\PDOP^2 &= HDOP^2 + VDOP^2.\end{aligned}$$

Так как приемник может отслеживать только сигналы спутников, находящиеся над уровнем горизонта, $VDOP$ всегда больше, чем $HDOP$, и точность вертикальной составляющей меньше, чем горизонтальной. $VDOP$ может быть улучшен с помощью применения вспомогательных средств, например, так называемых псевдоспутников, которые располагаются на Земле и передают аналогичные спутниковым сигналам.

Найдено по результатам проведенных измерений, что геометрический показатель снижения точности зависит от количества рабочих спутников.

Из 24 спутников в любое время в зоне видимости пользователя находятся от 5 до 11 спутников (при условии, что здания или особенности местности не закрывают их). Если видны восемь спутников, то *GDOP* обычно не превышает трех. Однако при рабочем созвездии из 24 спутников, если из зоны видимости уходят несколько спутников, *GDOP* существенно ухудшается.

В итоге, в системе GPS при штатном состоянии спутниковой группировки показатель снижения точности *PDOP* не должен превышать шести в 99,9 % случаев, в любой точке земного шара, в любое время. Данные о величине *PDOP* могут быть определены без выполнения измерений местоположения, когда известны приблизительные координаты приемника. Программное обеспечение навигационных приемников, как правило, может предсказывать геометрию движения спутников в таких ситуациях [1].

Литература

1. Громаков Ю. А. Технологии определения местоположения в GSM и UMTS— М.: Эко-Тренд, 2005. — 144 с.: ил.
2. Синякин А. К. Физические принципы работы GPS/ГЛОНАС [Текст]: монография / А. К. Синякин, А. В. Кошелев. — Новосибирск: СГГА, 2009. — 110 с.

Анотація

Наведено математичні особливості розрахунку точності вимірювання координат об'єкту у випадку використання навігаційної системи GPS. Визначено параметри та фактори, які дозволяють провести корегування отриманих координат програмними засобами. Знайдено оптимальну кількість супутників, які необхідно захопити приймачу за для досягнення потрібної точності визначення координат об'єкту. Отримані рекомендації для розробки у майбутньому алгоритму коректної роботи навігаційної системи GPS.

Ключові слова: навігація, точність, розташування, супутник, приймач.

Аннотация

Показаны математические особенности расчета точности измерения координат объекта при использовании навигационной системы GPS. Определены параметры и факторы, которые позволяют провести коррекцию полученных координат программным способом. Найдено оптимальное число спутников, которые необходимо захватить приемников для достижения требуемой точности определения координат объекта. Получены предпосылки для разработки в будущем алгоритма корректной работы навигационной системы GPS.

Ключевые слова: навигация, точность, местоположение, спутник, приемник.

Abstract

The mathematical features of calculation of exactness of measuring of coordinates of object are shown at the use of navigation system GPS. Parameters and factors that allow to conduct the correction of the got coordinates a programmatic method are certain. The optimal number of companions that must be taken receivers for the achievement of the required exactness of determination of coordinates of object is found. Pre-conditions are got for development in the future of algorithm of correct work of navigation system GPS.

Keywords: navigation, exactness, location, satellite, receiver.