

УДК 528

КАК РАБОТАЮТ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ GPS И ГЛОНАСС

HOW GPS AND GLONASS NAVIGATION SYSTEMS WORK

Федотова Екатерина Андреевна

студент,
Кубанский государственный
технологический университет
Kati14fedotova@mail.ru

Аннотация. В данной статье будет рассказано о том, как спутниковые системы навигации могут определить ваше местоположение, а точнее, место положение вашего приемника. Всегда, все что относилось к высокоточным определениям местоположения передвижных предметов, оставалось уделом «привилегированных» систем; эти системы использовались только в мореплавании, воздушной авиации и при картографировании. Создание GPS и ГЛОНАСС главным образом поменяло ситуацию. На сегодняшний день системы GPS/ГЛОНАСС прочно закрепились в нашей жизни, а определение местоположения стало примитивной услугой мобильной связи.

С самого начала гарантируемая точность определения местоположения у данных систем была приблизительно 100 м. Но после того, как в 2000 г. главный провайдер услуг GPS (Министерство обороны США) отказался от режима избирательного доступа, точность определения координат увеличилась почти на порядок. Заметим, что применение режима дифференциальных поправок увеличивает точность еще в несколько десятков раз. Казалось бы, на сегодняшний день все категории потребителей навигационной информации довольны, но активно продолжают работы по европейскому проекту глобальной навигационной спутниковой системы (Global Navigation Satellite System – GNSS), создаваемой по инициативе ЕС и Европейского космического агентства.

Ключевые слова: GPS, ГЛОНАСС, навигационные спутниковые системы, сигнал, спутники, местоположение, координаты.

Fedotova Ekaterina Andreevna
Student,
Kuban state technological university
Kati14fedotova@mail.ru

Annotation. This article will tell you how satellite navigation systems can determine your location, or rather, the location of your receiver's location. Always, all that pertained to high-precision definitions of the location of mobile objects remained the lot of "privileged" systems; these systems were used only for navigation, for air aviation and for mapping. The creation of GPS and GLONASS mainly changed the situation. To date, GPS / GLONASS systems are firmly entrenched in our lives, and location determination has become a primitive mobile communication service.

From the outset, the guaranteed positioning accuracy of these systems was approximately 100 m. However, after the main GPS service provider (US Department of Defense) abandoned the selective access mode in 2000, the accuracy of determining the coordinates increased by almost an order of magnitude. We note that the application of the differential correction regime increases the accuracy by a few tens of times. It would seem that to date all categories of consumers of navigation information are satisfied, but the work on the European project of the Global Navigation Satellite System (GNSS), initiated by the EC and the European Space Agency, and is actively continuing.

Keywords: GPS, GLONASS, navigation satellite systems, signal, satellites, location, coordinates.

Мы рассматриваем 2 системы спутниковой навигации, которые сейчас широко распространены и активно используются, а таких есть просто огромное количество устройство с чипами для приема и обработки сигналов – это **GPS** и **ГЛОНАСС**. Подобные системы разрабатываются сейчас в Китае, Европе, Индии, Юго-Западной Азии, хотя чисто технически достаточно одной такой системы для обслуживания всех абонентов в любой точке планеты. При этом может возникнуть вопрос: для чего все стремятся создать собственную навигационную систему, если можно обойтись одной?

Созданная Министерством Обороны США, GPS откажет или просто станет доступной для авторизированных пользователей путем кодирования радиосигнала, и тогда у других стран не останется альтернатив, равных по точности и скорости определения координат, но есть и положительная сторона – объединив системы разных стран, можно будет повысить точность определения координат до нескольких сантиметров, при учете, что на данный момент этот параметр для гражданских нужд колеблется в пределах нескольких метров [1].

А теперь о принципе работы **GPS** (**Global Positioning Systems**). При определении местоположения используется трехмерная система координат. WGS 84, которая охватывает всю планету и имеет погрешность менее 2 сантиметров, а также систему из 32

спутников. Они вращаются по орбите в шести плоскостях. В каждой плоскости по 4–6 спутников на высоте 20350 километров, передвигающихся со средней скоростью равной 14000 км/ч. При этом в любой точке планеты в зоне приема GPS навигатора будет как минимум 4 спутника. Спутники постоянно транслируют радиосигнал на разных частотах и в трех диапазонах $L1 = 1,57542$ ГГц, $L2 = 1,22760$ ГГц, $L5 = 1,17645$ ГГц. Эти сигналы могут быть приняты обычной антенной в зоне прямой видимости и использованы для вычисления местоположения. Каждый спутник имеет на борту очень точные атомные часы, которые синхронизируются с такими же на Земле. Синхронизация должна происходить потому, что в сутки из-за релятивистского и гравитационного времени часы на спутнике начинают отставать на 38 микросекунд и синхронизация решает эту проблему. Зачем нужна такая высокая точность на спутниках? Причина кроется в самом принципе определения местоположения приемника, он заключается в измерении разницы между временем передачи и временем приема, то есть вычисляется время за которое сигнал от спутника дойдет до абонента [2, 3, 4].

Расстояние равно произведению скорости света на разность моментов приема сигнала потребителя и момента его синхронного излучения от спутников (рис. 1) [5].

a_j - МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ J-ТОГО СПУТНИКА
 t_j - МОМЕНТ ПРИЕМА ВРЕМЕНИ СИГНАЛА ОТ J-ГО СПУТНИКА ПО ЧАСАМ ПОТРЕБИТЕЛЯ

$$|x - a_j| = c(t_j - \tau)$$

τ - НЕИЗВЕСТНЫЙ МОМЕНТ ВРЕМЕНИ СИНХРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СИГНАЛА ВСЕМИ СПУТНИКАМИ ПО ЧАСАМ ПОТРЕБИТЕЛЯ
 c - СКОРОСТЬ СВЕТА
 x - НЕИЗВЕСТНОЕ ТРЕХМЕРНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЯ

Рисунок 5 – Формула для вычисления расстояния

Для вычисления координат приемника на местности необходимо знать точные координаты спутников, от которых мы принимаем сигналы, а так как они постоянно перемещаются и их координаты меняются, это становится довольно сложной задачей. Поэтому для оперативного просчета и уменьшения вычислительной мощности, размеров и стоимости аппаратуры вычисление максимально возможного объема данных было возложено на наземный комплекс управления, в котором, по результатам наблюдения за спутниками, просчитывается прогноз параметров их орбиты в зафиксированные моменты времени. Эти спрогнозированные результаты орбиты называются **эфемеридами** [6, 7].

Набор сведений, применяемых для поиска видимых спутников, выбора оптимального созвездия и содержащих данные о текущем состоянии навигационной системы в целом, включая зарубленные эфемериды называются **альманахами**. Датчики, находящиеся на спутнике в непрерывном режиме передают навигационные сообщения, содержащие эфемериды с метками времени и альманахом [8].

Пользовательская аппаратура принимает такое навигационное сообщение и, опираясь на заложенный в памяти, предыдущий альманах максимально быстро и точно определяет собственные координаты. Чем больше спутников будет в зоне потребителей, тем выше точность расчета. Существует влияние ионосферы и тропосферы, где скорость сигнала замедляется. Сигнал имеет свойство отражаться от поверхности, что приводит к увеличению расстояния, которое доходит до приемника. Это и вызывает погрешность в результатах, а также существуют помехи и наводки на сигнал. Поэтому приходится решать сразу несколько задач [9].

Данная информация актуальна и для ГЛОНАСС, за исключением некоторых отличий: наклонение орбиты спутников, количество орбитальных областей, частота радиосигнала и некоторые другие параметры [10].

Анализ функциональных характеристик ГЛОНАСС и GPS осуществляется в ИАЦ КВНО в режиме постоянной службы на принципе измерений полной сети станций путем собственных программных средств, подготовленных специалистами ИАЦ КВНО, что способствует систематически изменять программное обеспечение, создавая более новые модели и средства обработки [11, 12, 13].

Результаты оценок, которые обновляются от 5 минут до 1 суток показаны на технологическом сайте ИАЦ КВНО, нацеленном, в основном, на подготовленных потребителей в области анализа функциональных характеристик космических навигационных систем. Из-за большого объема сбор данных и вся переработка выполняются в автоматическом режиме с периодическим операторским контролем [14].

Литература:

1. URL : https://www.youtube.com/watch?v=o_udfcofIng
2. Рудик Е.А., Гура Д.А. Проведение топографической съемки с применением спутниковых систем и электронных тахеометров : сборник трудов конференции: Науки о земле на современном этапе / Материалы IV Международной научно-практической конференции. – 2012. – С. 118–120.
3. Гура Д.А., Муриев Т.А. Google earth как эволюция картографии : в сборнике: Транспорт: наука, образование, производство / труды международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 33–37.
4. Гура Д.А., Везубов Е.А. Мобильному миру – мобильные сканирующие системы : сборник трудов конференции: Науки о земле на современном этапе / VIII Международная научно-практическая конференция. – 2013. – С. 56–58.
5. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/GPS>
6. URL : <http://www.13min.ru/it/kak-rabotaet-navigacionnaya-sistema-gps-i-glonass/>
7. Желтко Ч.Н., Бердзенишвили С.Г., Гура Д.А., Олейникова Л.А., Пастухов М.А., Шевченко Г.Г. Фотограмметрия и дистанционное зондирование территорий : учебное пособие. – Краснодар, 2016.
8. URL : <http://www.studfiles.ru/preview/2016078/>
9. Корелов С.Н., Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Желтко Ч.Н., Желтко С.Ч., Бердзенишвили С.Г., Нелюбов Ю.С. Геодезические работы при ведении кадастра : методические указания к практическим занятиям для студентов всех форм обучения специальности 120303 Городской кадастр и направления 120700.62 Землеустройство и кадастры. – Краснодар, 2011.
10. Бердзенишвили С.Г., Гура Д.А., Желтко Ч.Н., Кравченко Э.В. Картография / ФГБОУ ВПО КубГТУ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2014. – 66 с.
11. Желтко Ч.Н., Бердзенишвили С.Г., Корелов С.Н., Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Пастухов М.А. Учебная геодезическая практика : методические указания по организации и контролю учебной практики для студентов всех форм обучения направлений 120700 Землеустройство и кадастры, 130500 Нефтегазовое дело, 270800 Строительство, 271101 Строительство уникальных зданий и сооружений. – Краснодар, 2013. – Часть 3: Решение геодезических задач.
12. URL : https://www.glonass-iac.ru/GLONASS/technical_characteristics.php
13. Грибкова И.С., Логинова П.А., Андриянова З.С., Чеботова А.А., Саид А.Н., Раздора Д.А. Геодезические приборы и технологии при строительстве автомобильных дорог // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2016. – № 2. – С. 128–132.
14. Ключин Е.Б., Гайрабеков И.Г., Ваганов И.А. Спутниковые методы измерений в геодезии : учебное пособие. – М., 2013. – Ч. 2.

References:

1. URL : https://www.youtube.com/watch?v=o_udfcofIng
2. Rudik E.A., Gura D.A. Carrying out survey using satellite systems and electronic tacheometers: collection of works of a conference: Sciences about the earth on Present stages / Materials IV of the International scientific and practical conference. – 2012. – P. 118–120.
3. Gura D.A., Muriyev T.A. Google earth as evolution of cartography : in the collection: Transport: science, education, productions / works of the international scientific and practical conference. – 2016. – P. 33–37.
4. Gura D.A., Verezubov E.A. To the mobile world – the mobile scanning systems : collection of works of a conference: Sciences about the earth at the present stage / the VIII International nauch-but-practical conference. – 2013. – P. 56–58.
5. URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/GPS>

6. URL : <http://www.13min.ru/it/kak-rabotaet-navigacionnaya-sistema-gps-i-glonass/>
7. Zheltko Ch.N., Berdzenishvili S.G., Gura D.A., Oleynikov L.A., Pastukhov M.A., Shevchenko G.G. Photogrammetry and remote sensing of the territories: manual. – Krasnodar, 2016.
8. URL : <http://www.studfiles.ru/preview/2016078/>
9. Korelov S.N., Gura D.A., Shevchenko G.G., Zheltko Ch.N., Zheltko S.Ch., Berdzenishvili S.G., Nelyubov Yu.S. Geodesic operations when guiding the inventory : methodical instructions to a practical training for students of all forms of education of specialty 120303 the City inventory and the Land management directions 120700.62 and inventories. – Krasnodar, 2011.
10. Berdzenishvili S.G., Gura D.A., Zheltko Ch.N., Kravchenko E.V. Kartografiya / FGBOU VPO KubGTU. – Krasnodar : Izdatelsky Dom – Yug, 2014. – 66 p.
11. Zheltko Ch.N., Berdzenishvili S.G., Korelov S.N., Gura D.A., Shevchenko G.G., Pastukhov M.A. Educational geodesic practice : methodical instructions for the organization and monitoring of educational practice for students of all forms of education of the Land management directions 120700 and inventories, 130500 Oil and gas case, 270800 Construction, 271101 Construction of unique buildings and constructions. – Krasnodar, 2013. – Part 3: Decision of geodesic tasks.
12. URL : https://www.glonass-iac.ru/GLONASS/technical_characteristics.php
13. Gribkova I.S., Loginova P.A., Andriyanova Z.S., Chebotova A.A., Said A.N., Razdora D.A. Geodesic instruments and technologies in case of construction of highways // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2016. – No. 2. – P. 128–132.
14. Klyushin E.B., Gayrabekov I.G., Vaganov I.A. Satellite methods of measurements in geodesy : manual. – M, 2013. – P. 2.