

НАВИГАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ

Малышева В. В., Яткина А. С.

научный руководитель канд. техн. наук, доцент СФУ Сушкин И. Н.

Физико-математический класс при СФУ

МАОУ «Общеобразовательное учреждение лицей №7»

ГЛОНАСС (Россия)

Глобальная Навигационная Спутниковая Система (ГЛОНАСС, GLONASS) — советская и российская спутниковая система навигации, разработана по заказу Министерства обороны СССР. Одна из двух функционирующих на сегодня систем глобальной спутниковой навигации.

Основой системы должны являться 24 спутника, движущихся над поверхностью Земли в трёх орбитальных плоскостях с наклоном орбитальных плоскостей $64,8^\circ$ и высотой 19 100 км. Принцип измерения аналогичен американской системе навигации NAVSTAR GPS. В настоящее время развитием проекта ГЛОНАСС занимается Федеральное космическое агентство (Роскосмос) и ОАО «Российские космические системы».

В настоящее время орбитальная группировка состоит из 26 спутников, но еще не обеспечивает 100-процентную доступность услуг ГЛОНАСС на территории страны, однако количество видимых над горизонтом в России спутников ГЛОНАСС, как правило, равняется трем или более. По заявлениям продавцов навигационного прибора Glospace, для определения местоположения достаточно трех видимых спутников ГЛОНАСС, а четвертый дает уточнение о высоте. Отсюда нетрудно сделать вывод, что для ориентирования наземных пользователей (водителей авто, туристов и т. д.) система вполне пригодна прямо сейчас, хотя при самолетовождении еще могут возникать определенные трудности.

GPS - Global Positioning System (США)

GPS — спутниковая система навигации, обеспечивающая измерение расстояния, времени и определяющая местоположение. Позволяет в любом месте Земли (не включая приполярные области), почти при любой погоде, а также в космическом пространстве вблизи планеты определить местоположение и скорость объектов. Система разработана, реализована и эксплуатируется Министерством обороны США.

Основной принцип использования системы — определение местоположения путём измерения расстояний до объекта от точек с известными координатами — спутников. Расстояние вычисляется по времени задержки распространения сигнала от посылки его спутником до приёма антенной GPS-приёмника. То есть, для определения трёхмерных координат GPS-приёмнику нужно знать расстояние до трёх спутников и время GPS системы. Таким образом, для определения координат и высоты приёмника используются сигналы как минимум с четырёх спутников.

Совместное использование сигналов ГЛОНАСС и GPS.

Одним из важнейших направлений совершенствования и развития спутниковой радионавигации является совместное использование сигналов ГЛОНАСС и GPS. Основные цели этого процесса - повышение точности и надежности (доступности, непрерывности обслуживания и целостности) навигационных определений.

Совместное использование ГЛОНАСС и GPS:

- позволяет существенно улучшить точностные и надежностные характеристики каждой системы.
- поддерживается интенсивной разработкой аппаратуры потребителей, принимающей и обрабатывающей сигналы обеих систем.

Применение навигационных спутниковых систем.

Несмотря на то, что изначально проект GPS был направлен на военные цели, сегодня всё чаще используются в гражданских целях. GPS-приёмники продают во многих магазинах, торгующих электроникой, их встраивают в мобильные телефоны, смартфоны и КПК. Потребителям также предлагаются различные устройства и программные продукты, позволяющие видеть своё местонахождение на электронной карте; имеющие возможность прокладывать маршруты с учётом дорожных знаков, разрешённых поворотов и даже пробок; искать на карте конкретные дома и улицы, достопримечательности, кафе, больницы, автозаправки и прочие объекты инфраструктуры.

Основное применение навигационных спутниковых систем:

- Геодезия: с помощью GPS определяются точные координаты точек и границы земельных участков
- Картография: GPS используется в гражданской и военной картографии
- Навигация: с применением GPS и ГЛОНАСС осуществляется как морская, так и дорожная навигация
- Спутниковый мониторинг транспорта: с помощью GPS и ГЛОНАСС ведётся мониторинг за положением, скоростью автомобилей, контроль за их движением
- Сотовая связь: первые мобильные телефоны с GPS появились в 90-х годах. В некоторых странах, например США это используется для оперативного определения местонахождения человека, звонящего 911. В России в 2010 году начата реализация аналогичного проекта — Эра-глонасс.
- Тектоника, Тектоника плит: с помощью GPS ведутся наблюдения движений и колебаний плит
- Активный отдых: есть разные игры, где применяется GPS, например, Геокэшинг и др.
- Геотегинг: информация, например фотографии «привязываются» к координатам благодаря встроенным или внешним GPS-приёмникам.

Определение координат потребителя

Местоопределение по расстояниям до спутников

Координаты местоположения вычисляются на основе измеренных дальностей до спутников. Для определения местоположения необходимо провести четыре измерения. Трёх измерений достаточно, если уметь исключать неправдоподобные решения какими-то другими доступными способами. Ещё одно измерение требуется по техническим причинам.

Измерение расстояния до спутника

Расстояние до спутника определяется путем измерения промежутка времени, который требуется радиосигналу, чтобы дойти от спутника до нас. Как спутник, так и приемник генерируют один и тот же псевдослучайный код строго одновременно в общей шкале времени. Определим, сколько времени потребовалось сигналу со спутника, чтобы дойти до нас, путем сравнения запаздывания его псевдослучайного кода по отношению коду приемника.

Обеспечение совершенной временной привязки

Точная временная привязка - ключ к измерению расстояний до спутников. Спутники точны по времени, поскольку на борту у них - атомные часы. Часы приемника могут и не быть совершенными, так как их уход можно исключить при помощи тригонометрических вычислений. Для получения этой возможности необходимо произвести измерение расстояния до четвертого спутника. Необходимость в проведении четырех измерений определяет устройство приемника.

Определение положения спутника в космическом пространстве.

Для вычисления своих координат нам необходимо знать как расстояния до спутников, так и местонахождение каждого в космическом пространстве. Спутники GPS движутся настолько высоко, что их орбиты очень стабильны и их можно прогнозировать с большой точностью. Станции слежения постоянно измеряют незначительные изменения в орбитах, и данные об этих изменениях передаются со спутников.

Ионосферные и атмосферные задержки сигналов.

Существуют два метода, которые можно использовать, чтобы сделать ошибку минимальной. Во-первых, можно предсказать, каково будет типичное изменение скорости в обычный день, при средних ионосферных условиях, а затем ввести поправку во все наши измерения. Но, к сожалению, не каждый день является обычным. Другой способ состоит в сравнении скоростей распространения двух сигналов, имеющих разные частоты несущих колебаний. Если сравнить время распространения двух разночастотных компонентов сигнала GPS, то сможем выяснить, какое замедление имело место. Этот метод корректировки достаточно сложен и используется только в наиболее совершенных, так называемых "двухчастотных" приемниках GPS.

Многолучевость.

Еще один тип погрешностей - это ошибки "многолучевости". Они возникают, когда сигналы, передаваемые со спутника, многократно переотражаются от окружающих предметов и поверхностей до того, как попадают в приемник.

Геометрический фактор уменьшения точности

Хорошие приемники снабжают вычислительными процедурами, которые анализируют относительные положения всех доступных для наблюдения спутников и выбирают из них четырех кандидатов, т.е. наилучшим образом расположенные четыре спутника.

Результирующая точность GPS

Результирующая погрешность GPS определяется суммой погрешностей от различных источников. Вклад каждого из них варьируется в зависимости от атмосферных условий и качества оборудования. Кроме того, точность может быть целенаправленно снижена Министерством обороны США в результате установки на спутниках GPS так называемого режима S/A ("Selective Availability"- ограниченный доступ). Этот режим разработан для того, чтобы не дать возможному противнику тактического преимущества в определении местоположения с помощью GPS. Когда и если этот режим установлен, он создает наиболее существенную компоненту суммарной погрешности GPS.

Таким образом:

Ионосфера и атмосфера Земли вызывают задержки сигнала GPS, которые можно пересчитать в ошибки местоопределения. Некоторые из этих ошибок могут быть устранены математически и путем моделирования. Другие источники ошибок - это часы спутников, приемники, и многолучевость. Не наилучшее взаимное расположение спутников в небе приводит к увеличению всех компонент суммарной погрешности местоопределения.