

ЧТО ТАКОЕ GPS?

Источник информации: <http://www.prin.ru>

GPS (Global Position System) - спутниковая радионавигационная система или, как она еще называется, глобальная система определения местоположения. Применяется для высокоточного определения координат и скорости объектов в любой точке земной поверхности, в любое время суток, в любую погоду, а также для точного определения времени. В последнее время GPS начинает находить применение в практике сейсморазведочных работ с целью привязки профилей и непосредственного позиционирования на них полевого оборудования.

Пять идей, лежащих в основе GPS

Во всех сегментах и элементах GPS используется оборудование, построенное на самых современных "высоких технологиях", но идеи в ее основе удивительно просты. Давайте рассмотрим из них пять наиболее важных.

1. Местоопределение по расстояниям до спутников.
2. Измерение расстояний до спутников.
3. Обеспечение точной привязки по времени.
4. Определение положения спутника в пространстве.
5. Компенсация погрешностей.

Идея первая: Местоопределение по расстояниям до спутников.

GPS основана на определении координат местоположения по расстояниям до спутников. Это означает, что наши координаты на земле вычисляются на основе измеренных системой расстояний до группы спутников в космосе. Спутники выполняют роль точно координированных точек отсчета.

Например, если мы знаем, что от нас до спутника А, скажем, 11000 км, то это значит, что мы находимся где-то на воображаемой сфере радиусом в 11000 км с центром, совпадающим со спутником А.

Если одновременно расстояние до спутника В составляет 12000 км, то это еще больше сократит пространство, где мы можем находиться. Так как единственная область, где мы будем на расстоянии 11000 км от спутника А и 12000 км от спутника В, есть линия пересечения двух сфер, т.е. окружность.

Затем, если мы произведем измерение дальности еще и до третьего спутника, то сможем свести возможное местоположение до двух точек. Эти две точки находятся там, где сфера радиусом в 13000 км пересекается с окружностью, получившейся от пересечения сфер с радиусами 11000 км и 12000 км.

Обычно, одна из двух точек - это неправдоподобное решение. Вычислители GPS-приемников снабжены различными устройствами, автоматически определяющими истинное местоположение из двух возможных.

Вместе с тем, если Вы точно знаете свою высоту, как например моряки, находящиеся на уровне моря, Вы можете исключить одно из спутниковых измерений. Одна из сфер на рисунках может быть заменена на сферу с центром в центре Земли и радиусом, равным радиусу Земли плюс высота.

Идея вторая: Измерение расстояния до спутника.

Удивительно, но идея, лежащая в основе измерения расстояния до спутника, есть всего-навсего старое равенство, с которым все мы встречались в школе: "расстояние есть скорость, умноженная на время движения". GPS работает, измеряя время, за которое радиосигнал доходит от спутника до нас, а затем по этому времени

вычисляет расстояние.

Радиоволны распространяются со скоростью света: 300 000 км в секунду. Если мы сможем точно определить момент времени, в который спутник начал посылать свой радиосигнал, и момент, когда мы получили его, мы будем знать, как долго он шел до нас. И тогда, умножая скорость распространения сигнала на время в секундах, получим расстояние до спутника.

Естественно, что наши часы должны быть весьма точны, так как свет распространяется непостижимо быстро. Если бы спутник находился прямо над головой, потребовалось бы всего около 0,06 секунды для прохождения радиосигнала от спутника до нас.

GPS строится с применением совершенного способа измерения времени, основанного на атомном стандарте частоты, который обеспечивает ход бортовых часов спутника с наносекундной точностью. А это 0,000000001 секунды!

Главной трудностью при измерении времени прохождения радиосигнала является точное выделение момента времени, в который сигнал передан со спутника. Для этого разработчики GPS обратились к разумной идее: синхронизировать спутники и приемники так, чтобы они генерировали один и тот же код точно в одно и то же время.

А далее, все, что нам остается сделать, так это принять код от спутника и посмотреть, как давно наш приемник сгенерировал тот же код. Выявленный таким образом сдвиг одного кода по отношению к другому будет соответствовать времени прохождения сигнала расстояния от спутника до приемника. Преимуществом использования кодовых посылок (кодовых последовательностей) является то, что измерения временного сдвига могут быть проведены в любой момент времени.

Как спутники, так и приемники генерируют очень сложные цифровые кодовые последовательности. Коды усложняются специально, чтобы их можно было бы надежно и однозначно сравнивать, а также по некоторым другим причинам. Так или иначе, коды настолько сложны, что они выглядят как длинный ряд случайных импульсов. В действительности они являются тщательно отобранными "псевдо-случайными последовательностями", которые повторяются каждую миллисекунду.

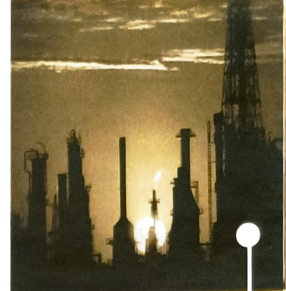
Идея третья: Обеспечение совершенной временной привязки.

Если спутник и приемник имеют расхождение шкал времени (выходят из синхронизации) даже на 0,01 с, измерение расстояния будет произведено с ошибкой в 2993 км!

По крайней мере одну сторону проблемы синхронизации часов обеспечить достаточно просто.

На борту спутников установлены атомные часы. Они исключительно точные и дорогие. Они стоят около 100000 долларов, и каждый спутник имеет их 4 штуки, чтобы можно было гарантировать, что во всяком случае хотя бы одни работают обязательно.

К счастью, существует способ обойтись в наших приемниках часами умеренной точности - секрет в том, чтобы произвести измерение дальности еще до одного спутника.



СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Он состоит в том, что если три точных измерения определяют положение точки в трехмерном пространстве, то четыре неточных позволят исключить относительное смещение шкалы времени приемника.

Конечно, GPS - трехмерная система, но принцип, который мы обсуждаем, для простоты изложения мы рассмотрим на плоскости, т.е. в двух измерениях.

Вот как это происходит. Предположим, часы приемника не так совершенны, как атомные. Их ход соответствует кварцевым часам, но они не вполне сверены с единым временем системы. Скажем, они отстают на одну секунду. Давайте посмотрим, как это скажется на вычислении нашего местоположения.

Предположим, что мы находимся в четырех секундах от спутника А, и в шести секундах от спутника В. На плоскости этих двух измерений было бы достаточно для привязки нашего местоположения к какой-либо одной точке фактического местоположения.

Если бы мы использовали приемник с часами, отстающими на секунду, он определил бы, что расстояние до спутника А составляет пять секунд, а до спутника В - семь секунд. В результате появятся две новые окружности, пересекающиеся уже в другой точке.

Давайте добавим еще одно измерение. В двухмерном варианте это означает использование третьего спутника.

Предположим, (если у нас совершенные часы) спутник С находится в восьми секундах от нашего истинного положения и все три окружности пересекаются в одной точке, так как они соответствуют истинным дальностям до трех спутников.

Если добавить одну секунду отставания ко всем трем измерениям, то новые окружности, соответствующие уже не истинным дальностям, а так называемым "псевдодальностям", не пересекутся в одной точке, а образуют некоторый треугольник, и вероятное местоположение окажется где-то внутри него.

Таким образом, не существует точки, которая может быть одновременно в 5, 7 и 9 секундах соответственно от точек А, В и С. Это физически невозможно.

При обработке ошибочных сигналов компьютер приемника начинает вычитание (или прибавление) некоторого (одного и того же для всех измерений) интервала времени, к измеренным им псевдодальностям. Он продолжает корректировать время во всех измерениях до тех пор, пока не найдет решение, которое "проводит" все окружности через одну точку.

Из сказанного следует, что при трехмерном местоопределении (т.е. при одновременном определении трех координат - долготы, широты и высоты точки над принятым в расчетах земным эллипсоидом) необходимо выполнить четыре измерения, чтобы исключить погрешность временной привязки часов приемника к единому системному времени.

Необходимость в 4-х измерениях самым существенным образом сказывается на проектировании GPS-приемников. Если необходимо выполнять непрерывное местоопределение в реальном масштабе времени, то следует использовать приемник, имеющий по крайней мере четыре канала измерений. То есть такой, у которого с каждым из четырех спутников постоянно работает отдельный канал приема и первичной обработки сигналов.

Идея четвертая: Определение положения спутника в космическом пространстве.

До сих пор во всех наших рассуждениях мы принимали, что знаем точно, где в космическом пространстве находятся спутники и, исходя из этого, можем вычислить наше местоположение по их координатам и расстояниям до них. Но как узнать, где в космическом пространстве располагается нечто,

двигающееся с большой скоростью и удаленное от нас на расстояние в 18000 км?

Англичане говорят: "Кому на месте не сидится, тот добра не наживает". Для высоколетящего спутника 18000-километровая высота является настоящим приобретением. Все на такой высоте находится полностью вне земной атмосферы. А это означает, что полет по орбите вокруг Земли будет описываться очень простой математикой. Подобно Луне, которая надежно вращается вокруг нашей старой планеты миллионы лет без каких-либо значительных изменений в периоде обращения, спутники GPS совершают такое же очень предсказуемое орбитальное движение вокруг Земли.

Орбиты известны заранее, а приемники имеют "альманах", размещаемый в памяти их компьютеров, из которого известно, где будет находиться каждый спутник в любой момент времени.

Чтобы сделать систему более совершенной движение спутников GPS находится под постоянным контролем специальных наземных станций слежения. Обращаясь вокруг планеты один раз за 12 часов, спутники GPS проходят над контрольными станциями дважды в сутки. Это дает возможность точно измерять их высоту, положение и скорость.

После того, как станции определили параметры движения спутника, они передают эту информацию обратно на спутник, заменяя ею в памяти бортового компьютера прежнюю. Далее эти небольшие поправки вместе с дальномерными кодовыми сигналами будут непрерывно передаваться спутником на Землю.

Спутники GPS передают не только псевдослучайный дальномерный код, но также и информационные сообщения о своем точном положении на орбите и о состоянии своих бортовых систем.

Все виды приемников GPS используют эту информацию вместе с информацией, заключенной в альманахе, для того, чтобы установить точное положение каждого спутника в космическом пространстве.

Идея пятая: Ионосферные и атмосферные задержки сигналов.

Но как бы совершенна ни была система, существуют два источника погрешностей, которые очень трудно избежать. Наиболее существенные из этих погрешностей возникают при прохождении радиосигналом ионосферы Земли - слоя заряженных частиц на высоте от 120 до 200 км.

Эти частицы существенным образом влияют на скорость распространения света, а следовательно, и на скорость распространения радиосигналов GPS. А это делает невозможными наши вычисления расстояний до спутников, поскольку они построены на предположении о том, что скорость распространения радиоволн строго постоянна.

Существуют два метода, которые можно использовать, чтобы сделать ошибку минимальной.

Во-первых, мы можем 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.

Таким образом, если мы сравним время распространения двух разночастотных компонент 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.