Доп. Раздел «Позиционирование по GPS».

Еще каких-то 15-20 лет назад, при поездке в любую точку человек брал с собой бумажную карту местности. Независимо от того, направлялся он в соседний район или в другую страну. Прошло время, и теперь в любой носимой технике, вплоть до часов, есть свой собственный навигатор, который покажет вам маршрут в любую точку мира.

Это все стало возможно только благодаря GNSS (Global Navigation Satellite System) - спутниковой системе навигации. Именно о ней зайдет речь в данном разделе методического пособия.

Если говорить о спутниковой навигации, в первую очередь каждый начнет думать о GPS - американской системе спутниковой навигации. Более того, даже в Pioneer Station в режимах навигации указана именно GPS. Это не совсем корректно, так как для жителей России, тем более учащихся военного образования, важнее знать российскую систему спутниковой навигации - ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система). Однако обо всем по порядку.

Исторически так сложилось, что практически все достижения науки делались в военных целях, в той или иной цели. Последние пару веков задачи точной навигации поднимались именно в военных предприятиях. Во вторую мировую войну повсеместно использовалась радионавигация для более точного бомбометания. Не вдаваясь в подробности, где-то стояла большая антена, которая транслировала радиоволну по азимуту в направлении цели бомбометания. На эту волну настраивались бомбардировщики и летели по ней. Самое большое развитие этот метод получил во время бомбардировки Англии, что привело к «Войне лучей» - Англия догадалась, что к чему, и стала заглушать радиосигнал всеми возможными методами.

После этого, прошло 20 лет, в 1957 году СССР запустил первый искусственный спутник Земли, что заложило монумент для будущей эры спутниковой навигации.

В течение 10 лет после запуска, во время Холодной войны, СССР и США развивали теоретическую базу для навигации по спутникам, что давало бы критическое преимущество во всех методах ведения боя: ракеты наводились бы точнее, самолеты летали безопаснее, флот мог базироваться ближе к стратегическим объектам.

Первой навигационной системой считается система Transit. Это американская система, спроектированная ВМФ США. Спутников было 10 (5 рабочих + 5 резервных), находились они на орбите 600 км, и летали со скоростью около 28000 км/ч. Это невероятно большая скорость для такой низкой орбиты, но она была необходима из-за необычного способа расчета координаты, о котором вы уже слышали. Приемник на земле позиционировался с помощью эффекта Доплера (необходима разница между скоростью света и скоростью движения спутника). Была известна орбита движения спутника, и по разнице в частоте сигнала могла определяться координата на земле с погрешностью до 100 м (здесь и далее стоит заметить, что на всех военных системах навигации есть зашифрованный режим передачи данных с более точным расчетом координаты).

Прежде чем говорить о более поздних и современных системах навигации, необходимо рассмотреть общий план работы спутниковой навигации.

Для работы системы необходимо сразу несколько параметров:

* Приемник, который принимает сигнал с нескольких спутников
* Данные о точном положении всех спутников
* Очень точные часы на каждом устройстве, для синхронизации по времени

На математике вас учат решать уравнения. Уравнения разного вида, с разным количеством переменных. И уникальность решения системы уравнений в том, что решение системы у нас будет всегда только в том случае, если числе систем больше или равно числу неизвестных. Так как координаты 3 (высота, долгота, широта), необходимо 3 или более систем уравнений.Изображение

Каждый спутник это некая сфера сигнала вокруг Земли. При пересечении двух сфер образуется плоскость. При пересечении трех сфер образуется дуга. И только пересечение четырех сфер даст какую-либо точку.

Соответственно, для минимальной работы спутниковой навигации необходимо минимум 4 спутника.

Каждые два часа обновляется общий журнал значений положений всех спутников системы, данный журнал хранится на каждом спутнике, и называется «альманах». Также каждые полчаса обновляются отклонения спутников от альманаха, и эти отклонения называются «эфемериды».

Для расчета положения необходимо точное значение в конкретный момент времени, этот момент времени рассчитывается самым точным доступным прибором, доступным человечеству - атомными часами.Изображение

Атомные часы устроены достаточно интересно. В их основе лежит какой-либо атом, стабильный под воздействием различного излучения: водород, цезий, рубидий и некоторые другие. Атом колеблется с некоторой постоянной частотой, которою считывают. Параллельно с этим используется кварцевый осциллятор - это генератор колебаний, используемый в большинстве микросхем. Значения осциллятора постоянно сверяются с значением колебаний атома, что позволяет добиться погрешности 1с в несколько десятков миллионов лет (самые точные часы имеют погрешность 1с в 15 млрд лет, погрешность меньше 17 знака после запятой).

Такая точность необходима из-за скорости спутника. В среднем скорость спутника навигации составляет около 14000 км/ч. Погрешность в долю секунды может вылиться в десятки метров ошибки в расчете.

Но часы нужны еще и на принимающем устройстве, для синхронизации, однако мы не можем вставить атомные часы в каждый телефон, поэтому в электронике используются просто кварцевые осцилляторы, точность которых со временем падает.

На фото используемый кварцевый осциллятор, генерирующий 16 МГц колебаний в секунду (16 млн). Именно такие генераторы используются в наших коптерах и большей части техники.

Теперь, когда нам известны все координаты спутников в конкретный момент времени, достаточно вспомнить теорему косинусов, и составить несколько треугольников. Где одна из сторон будет расстоянием между спутниками, а две остальные до приемника. Таким образом можно получить систему уравнений с одним решением. Этот метод называется «триангуляция», и он постоянно используется во всех высокоточных геодезических расчетах последние 200 лет.

Для полной навигации по земному шару необходимы 24 спутника (6 орбит, по 4 спутника на каждую орбиту)

После такого теоретического ужаса следует перейти к истории создания и развития систем спутниковой навигации.

Самой популярной системой навигации является система GPS. Она разрабатывалась, учитывая все недостИзображениеИзображениеатки Transit и прочих систем навигации. Зарождением GPS считают 1973 год, когда в Пентагоне стало обсуждаться создание оборонной навигационной спутниковой системы. Первый запуск спутника произошел в 1978 году, и затем за 15 лет были запущены все 24 спутника (финальный запуск 24-го спутника произошел в 1994 году). Общая стоимость вышла около 5 миллиардов долларов (эквивалентно 9 миллиардам на текущий курс).

Спутники находятся на высоте 20180 км, и на данный момент на орбите 31 спутник.

Пентагон не скрывал, что GPS используется в первую очередь в военных целях, однако предоставляли доступ к системе и гражданскому населению, в первую очередь, гражданской авиации. Однако, качество навигации для гражданских судов был сильно урезан. Также, Пентагон имел возможность отключить регион или страну от системы навигации, что происходило во время войн в 1990-х в Индии (Каргильская война).

В 1983 году произошла трагедия, когда над Сахалином был сбит Boeing 747, и погибло 269 человек. Основная версия в том, что из-за неточности координат Boeing сошел с курса, и пилоты не выполнили его корректировку. После этого события прошло еще 17 лет, и в 2000 году Билл Клинтон подписал указ об отключении выборочной доступности данных в гражданских целях. Так ли это на самом деле, неизвестно.

Именно из-за возможности остаться без системы навигации в случае войны, крупные страны стараются получить собственную систему спутниковой навигации.

Следующей по популярности является российская разработка ГЛОНАСС. Первый запуск спутника произошел в 1982 году, и полностью развернута система была к 1995 году (для навигации по всей территории России требуются только 18 спутников, полное покрытие России было произведено к 1993 году). На развертывание системы было потрачено около 2,5 млрд долларов (эквивалентно 4,5 млрд на текущий курс).

Однако, из-за недостатка финансирования в нулевых, а также плохому качеству спутников, к 2001 году на орбите осталось только 6 рабочих спутников. Поэтому в 2001 году была принята федеральная целевая программа «Глобальная навигационная система», по которой полное покрытие Земли было развернуто к 2010 году (26 спутников).

Спутники находятся на орбите 19400 км. Одним из немногих преимуществ перед GPS является постоянный наклон спутника (наклон спутников GPS постоянно варьируется в зависимости от положения Земли), что ускоряет расчет положения.

ГЛОНАСС разработана Министерством Обороны, и также имеет зашифрованный канал с более точной передачей данных.

Современные системы спутниковой навигации имеют точность около 3-6 метров. Однако, современные модули GPS принимают сигналы и от GPS, и от ГЛОНАСС. Использование обеих этих систем увеличивает точность до 0.5-1.5 метров.

Помимо прочего, существуют две системы - Галилео (Евросоюз) и Байду (Китай). Эти две системы созданы относительно недавно, китайская до сих пор осуществляет покрытие только Тихоокеанского региона.

Большая часть использования квадрокоптера Геоскан Пионер происходит в помещении, это связано с ограничивающими законами и особенностями погоды в России. Однако6 полеты на улице возможны.

Для полетов на улице потребуется модуль GPS.

В Pioneer Station потребуется выставить систему навигации GPS. Координаты автономного полета локальные, точка 0,0 находится в точке взлета коптера, y направлен на север, x - на восток.

В начале попробуйте полетать в ручном режиме с удерживанием по GPS. Для этого необходимо выставить на пульте тумблер B в среднее положение (не забудьте выставить в Pioneer Station навигацию по GPS).

Перед полетом, модуль GPS должен гореть зеленым светодиодом, это будет говорить о том, что он нашел достаточное число спутников (необходимо подождать некоторое время перед полетом).

После этого попробуйте запустить скрипты полета по звезде из методического пособия по программированию (урок 11), изменив координаты по высоте на 10 метров.