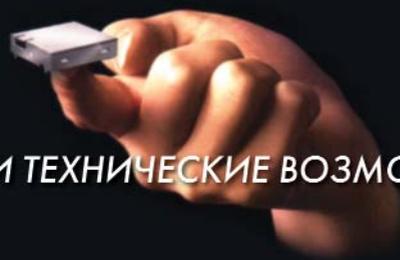


МОДУЛИ GPS

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, КЛАССИФИКАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ



А.Адамович
oem@agp.ru

Trimble – признанный гранд индустрии GPS одним из первых на рынке еще в начале 90-х годов наладил производство OEM GPS-приемников. Его модули серии SvecSix CM3, выпуск которых начался в 1994 году, стали признанным промышленным стандартом. Как компания-новатор, Trimble постоянно инвестирует крупные средства в исследования и разработки. Сегодня эта фирма – поставщик широчайшего спектра решений на основе GPS-технологий, от сложнейших геодезических VRS RTK-систем с высочайшим уровнем точности, дифференциальных навигационных систем для высокоточного земледелия и кораблевождения до недорогих массовых OEM-модулей для навигации и систем временной синхронизации. Предлагая столь широкий спектр решений, Trimble год от года остается флагманом рынка, а ее продукция – эталоном надежности и передовых технологий.

С 1997 года официальным дистрибьютором продукции фирмы Trimble Navigation выступает компания ЗАО "НПП Навгеоком". За это время она содействовала множеству российских разработчиков в освоении GPS-технологий Trimble. Опыт в этой области позволяет российской компании гарантировать успешную адаптацию GPS-технологий под специфические задачи заказчиков, квалифицированную техническую и правовую поддержку для всех ее клиентов.

О СИСТЕМЕ GPS

Вкратце коснемся принципов построения самой системы GPS. Спутниковая радионавигационная система (СРНС) NAVSTAR еще при своем создании в конце 80-х годов прошлого века вобрала в себя все передовые технологии того времени. За почти двадцатилетний период развития система отошла от изначально основного, военного назначения и получила широчайшую популярность во многих областях деятельности человека. Сегодня у GPS миллионы пользователей, и число абонентских устройств продолжает быстро расти.

Созданная как всепогодная, непрерывно и повсеместно доступная СРНС GPS NAVSTAR состоит из космического и наземного сег-

ментов. В полностью развернутую орбитальную группировку системы входят 24 основных и 3–4 запасных космических аппарата (КА). Они размещены в шести орбитальных плоскостях с наклоном к экватору 53–56°. Высота близких к круговым орбит – около 20 тыс. км от поверхности Земли. На каждой орбитальной плоскости расположено по 4 спутника, период их обращения – 11 часов 56 минут. Каждый спутник оснащен тремя комплектами рубидиевых часов и излучает дальномерные кодированные сигналы на двух несущих частотах – L1=1575,42 МГц и L2=1227,60 МГц. Мощность передатчиков – 50 и 8 Вт, соответственно, поляризация излучения – RHCP (right-hand circular polarization – правая круговая поляризация). Каждому КА системы присвоен уникальный идентификатор (PRN), необходимый для кодового разделения сигналов (CDMA, как в системе IS-95) от КА, работающих на общих частотах (частоты излучения всех КА одинаковы). Такое решение существенно упрощает аналоговую часть приемного тракта, но накладывает высокие требования на вычислительную часть абонентской аппаратуры.

Наземный сегмент системы полностью контролирует МО США. Он состоит из пяти станций слежения за спутниками, четырех станций связи и центра, контролирующего и управляющего всем наземным сегментом системы. Станции слежения непрерывно контролируют движение КА и передают данные в единый центр управления, где вычисляют уточненные элементы спутниковых орбит и коэффициенты поправок спутниковых шкал времени. Эти данные поступают по каналам станций связи на КА не реже, чем один раз в сутки.

В основе определения координат лежит принцип спутниковой трилатерации. Координаты объекта на поверхности Земли могут

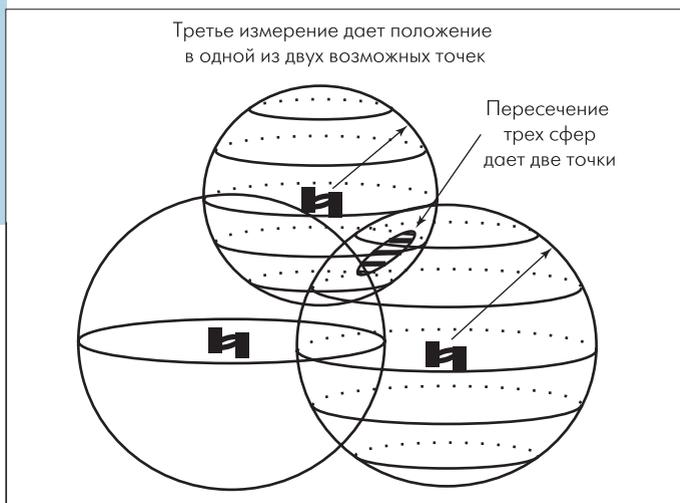


Рис. 1. Принцип определения местоположения по трем спутникам (трилатерация)

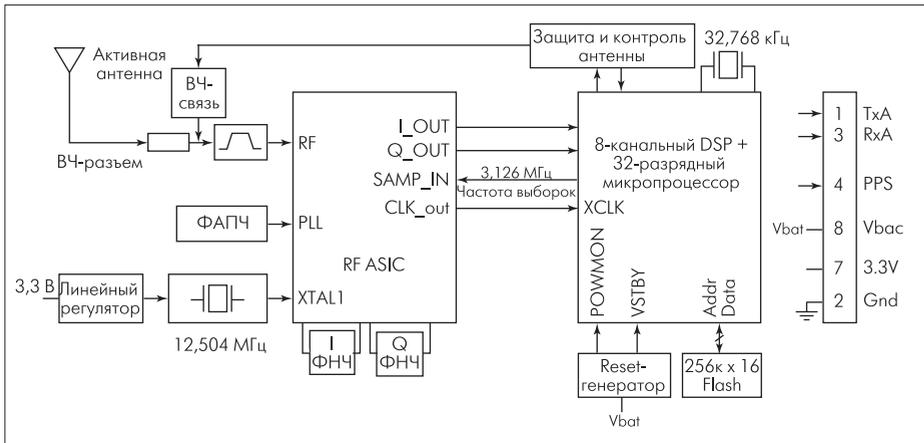


Рис.2. Структурная схема модуля Lassen SQ

быть вычислены по измерениям расстояний от группы спутников. Так как положение КА в космосе известно и расчетные значения параметров своих орбит спутники передают вместе с дальномерным кодом, КА для объекта на поверхности Земли являются пунктами с известными в любой момент времени координатами. Если расстояние от одного КА известно, тогда можно описать сферу заданного радиуса вокруг него. Если известно расстояние и до второго спутника, то искомая точка местоположения будет где-то на окружности, образованной пересечением двух сфер. Сфера от третьего спутника определяет две точки на этой окружности (рис.1). Теперь остается только выбрать правильную точку – одну из них всегда можно отбросить, так как у нее или слишком высокая скорость перемещения, или она находится излишне высоко над Землей или под ее поверхностью. Таким образом, координаты любой точки вблизи поверхности Земли можно вычислить, измеряя расстояние до трех спутников.

Приемная аппаратура распознает и идентифицирует сигналы КА на основе PRN и определяет задержку распространения сигнала в пространстве, а следовательно – и расстояние до КА. Часы приемной аппаратуры синхронизируются с часами на КА методом последовательных приближений величины поправок, вносимых в ход часов приемника, процессор добивается минимизации расхождения сфер дальностей вплоть до пересечения их в одной точке.

Как и в любой сложной системе, в спутниковые измерения вкрадываются ошибки, причем от влияния некоторых из них достаточно сложно избавиться. Задержки в распространении сигналов при прохождении ионосферы и тропосферы отчасти компенсируются в математической модели ионосферы, заложенной в ПО приемника. Гораздо труднее предотвратить ошибки, связанные с многолучевым распространением сигналов, а вклад этого фактора в ошибки местоопределения – наибольший. Ранее существовал еще один источник ошибок – это избирательный доступ (Selective Availability или SA), искусственное снижение точности спутникового сигнала, вводимое МО США. Это приводило к тому, что погрешность полученных координат с помощью GPS увеличивалась до 100 метров. Однако с 1 мая 2000 года по решению Президента США избирательный доступ был отключен. Именно этот момент в истории GPS и стал той переломной точкой, после которой начался взрывной рост числа коммерческих пользователей системы.

В аналогичной отечественной СРНС ГЛОНАСС число действующих КА недостаточно, а их распределение по орбитам далеко от равномерного. Кроме того, в отличие от GPS, в ГЛОНАСС применено не кодовое, а частотное разделение каналов, что приводит к значительному усложнению и удорожанию приемной аппаратуры. Не-

достаточное финансирование отечественных космических программ, к сожалению, не позволяет рассматривать систему ГЛОНАСС как самостоятельную или альтернативную основу для круглосуточного позиционирования или систем синхронизации времени.

ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ АППАРАТУРЫ

Так как мы рассматриваем именно GPS-модули, введем их классификацию:

Встраиваемые GPS модули (GPS-сенсоры) – платы, содержащие основные узлы GPS-приемника, в том числе навигационный процессор, имеющие порты

ввода/вывода для управления, диагностики и выдачи навигационной и временной информации по стандартным протоколам, таким как NMEA. Эти устройства предназначены для установки в качестве дочерних плат на основные платы устройств и рассчитаны на использование внешнего БП и непосредственное соединение с портами контроллера без дополнительного преобразования RS-232–TTL.

Кратко рассмотрим архитектуру типичной приемной GPS-системы на примере модуля Trimble Lassen SQ (рис.2, 3). Он включает



Рис.3. Модуль Lassen SQ

две специализированные ИС – патентованную высокочастотную ИС приемника (RF ASIC) Colossus PMB3330, выпускаемую Trimble совместно с компанией Infineon Technologies, и GPS-процессор S1K500F00c2, производимый по заказу Trimble компанией Epsom. ИС приемника работает на частоте L1 (1575,42 МГц) и преобразует код свободного доступа (C/A) сигнала GPS в выходную цифровую последовательность для дальнейшей обработки процессором. Спутниковые сигналы поступают с антенного элемента на полосовые фильтры и усиливаются антенным малошумящим усилителем (МШУ). В приемнике реализована схема двухстадийного понижающего преобразования несущей. Сначала GPS-сигналы переносятся на промежуточную частоту 175,43 МГц. При этом опорным генератором для смесителя служит высокостабильный 12,504-МГц кварцевый генератор (он же обслуживает опорный генератор навигационного процессора). Далее происходит понижающее преобразование несущей частоты до 84 кГц. Затем сигналы разлагаются на кваратурные составляющие (I и Q),

обрабатываются внешними НЧ-фильтрами и направляются оцифрованными I- и Q-потоками в GPS-процессор.

GPS-процессор реализует функции коррелятора спутниковых каналов, вычисляет навигационные данные и управляет операциями ввода-вывода. Его ядром является 32-разрядный микропроцессор семейства C33 компании Epson. Навигационный процессор управляет работой каналов обработки GPS-сигналов, распределяя их в периоде захвата сигналов и слежения. Процессор отслеживает восемь самых высокостоящих над горизонтом КА и выбирает наиболее оптимальную их комбинацию для наилучшего навигационного решения и реализует корреляционную обработку их сигналов. На этапе предварительной обработки отслеживаются доплеровские смещения частот сигналов GPS-спутников.

Кроме обработки сигналов навигационный процессор собирает данные эфемерид для каждого спутника, альманах системы и управляет функциями ввода/вывода через последовательный канал UART. Также он реализует функции часов реального времени (RTC), контролирует цепи питания и защиты антенны, цепи основного и резервного питания. Программное обеспечение записано производителем в 4-Мбит РПЗУ. Такая архитектура позволяет создать GPS-модуль с низким энергопотреблением, высокой точностью формирования временных шкал и импульса 1 PPS (односекундный импульс) и обеспечить необходимую точность определения местоположения.

У некоторых встраиваемых модулей нет навигационного процессора (только ВЧ-приемник и DSP-коррелятор) – они предназначены для работы с внешним вычислителем в составе так называемой Host-архитектуры. Такие модули применяют в системах, где необходимо минимальное энергопотребление и имеются достаточные вычислительные ресурсы. К тому же, применение таких решений подразумевает достаточно большой объем производства. Компания Trimble первой предложила подобное решение – First GPS Architecture. Сегодня она поставляет модуль M-Loc MPM, основанный на двух ИС – приемнике PMB3330 и корреляторе PMB2500 (фирменное название – IO DSP) с управляющим RISC-ядром. Обращают на себя внимание его энергопотребление (43 мВт) и габариты 25 x 25 мм (с учетом экрана). Данное решение было лицензировано многими OEM-производителями GPS-модулей. Отметим, что технология First GPS Architecture стала основой для таких продуктов Trimble, как рассмотренный выше Lassen SQ и Lassen PT (фактически Host-архитектура реализована в СБИС GPS-процессора в однокристалльном варианте).

Антенный модуль с встроенным МШУ обычно является внешним элементом таких GPS-приемников, но появляются и гибридные решения, объединенные с антенной в один модуль. Все приемники данного класса либо вообще не имеют корпуса, либо помещены в металлический защитный экран для предотвращения проблем с электромагнитной совместимостью при разработке устройств.

GPS-сенсоры со стандартными интерфейсами составляют отдельный класс. Обычно они выполнены в едином корпусе с GPS-антенной, имеют внешнее питание, оснащены интерфейсами RS-232, USB ("GPS-мыши") или интерфейсами портативных компьютеров – PC-Card, Compact Flash, SD. Эти бытовые приемники прочно заняли место в числе модных аксессуаров для персональных компьютеров и "наладонников". В последнее время некоторые производители начали выпуск GPS-приемников с беспроводными интерфейсами, такими как Bluetooth или IrDA. Они оснащены автономным питанием и встроенной памятью для записи навигационной информации и должны еще больше расширить круг пользователей GPS-аппаратуры.

Системы GPS-тайминга и временной синхронизации приобретают все более широкое распространение. Так как часы внутри приемника GPS после первого местоопределения с высокой точностью (± 50 – 100 нс) синхронизированы с часами спутников GPS, а шкала времени системы GPS соотнесена со шкалой всемирного координированного времени UTC, то любой GPS-приемник можно рассматривать как источник высокоточной синхронизационной информации в любой точке Земли. Это простое и недорогое решение позволяет синхронизировать процессы измерений, поддерживать единое время в пространственно разнесенных системах и т.д. с недостижимой ранее точностью. Одним из отличий специализированных систем временной синхронизации является режим предопределенного времени, позволяющий получать высокоточную временную информацию при наличии только одного видимого КА.

Уже сейчас GPS-модули Acutime 2000 компании Trimble нашли свое применение во многих важных пространственно разнесенных системах, таких как системы управления воздушным движением (УВД), размещенных на десятках гражданских аэропортов по всей территории России. Множество компаний – системных интеграторов – выбрали решения Trimble Acutime Synchronization Kit при проектировании автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) для своих клиентов, в числе которых – крупные предприятия РАО ЕЭС. Миниатюрные модули серии Lassen используют как источник единого времени в системах катодной защиты и диагностики трубопроводов. В комплект оборудования многих систем связи, таких как CDMA, генератор опорных частот и источник высокоточной временной синхронизации на основе GPS входит как один из основных узлов системы. По своим характеристикам GPS-часы Trimble Thunderbolt GPS Disciplined Clock (рис.4) соответствуют рубидиевому эталону частоты, но их цена на порядок ниже, чем у сложнейшего аналога, при гораздо большей надежности. Провайдеры услуг связи и владельцы крупных территориально разнесенных вычислительных сетей используют серверы синхронизации NTP



Рис.4. Модуль Thunderbolt GPS Disciplined Clock

класса Stratum 1 на основе Trimble Acutime Synchronization Kit, ввода лишь высокоточный источник времени в свою существующую инфраструктуру вместо дополнительных дорогостоящих специализированных временных серверов.

Гибридные устройства "GPS + GSM/GPRS + контроллер". Сегодня рынок систем телематики и мониторинга подвижных объектов переживает подлинный бум. Большинство крупных производителей GPS-аппаратуры совместно с лидерами телекоммуникационной индустрии подготовили в этом году свои GPS/GSM-решения. Так, недавно компания Siemens анонсировала малогабаритный OEM-модуль XT55, фирма Falcom планирует поставлять этот модуль под своей маркой. Французская компания Wavecom обещает порадовать своих покупателей совмещенным GPS/GSM модулем Q2501. Гранд аналоговой сотовой связи корпорация Benefon предлагает свой телематический модуль – TrackBox, основанный на мобильном телефоне Benefon ESC!. На этом фоне ярким событием стало объявление о начале серийного производства новой разработки Trimble – модуля TrimTrac, совместившего в себе передовые технологии GPS-приемника с повышенной чувствительностью, единого процессора для GPS- и GSM-трактов со сверхниз-



Рис.5 Модуль Trimble TrimTrac

ким энергопотреблением, компактного корпуса со встроенной GPS/GSM-антенной и питанием от четырех батареек типа AA (рис.5).

О ВЫБОРЕ GPS-АППАРАТУРЫ

В последние два—три года число компаний-производителей на рынке OEM GPS-оборудования выросло в несколько раз, что резко

обострило конкуренцию и значительно снизило цены на продукцию. К сожалению, далеко не все игроки ведут честную игру, и за низкими ценами можно не рассмотреть некоторые весьма значимые факторы, влияющие на подбор надежного поставщика оборудования. Следует с особым вниманием изучать многообещающие заявления с выдающимися характеристиками тех или иных изделий. В GPS-измерениях правильные обозначения и вероятностные характеристики для большинства параметров имеют очень большое значение, и отсутствие этих характеристик делает сравнение устройств разных производителей некорректным.

Некоторые производители GPS-модулей делают ставку на архитектуру приемников с 14–16 спутниковыми каналами, привлекая пользователя магией чисел. Но, к сожалению, на средних широтах в видимой части небосвода в дневное время в среднем наблюдается лишь 7–9 спутников, пригодных для точного решения навигационной задачи (рис.6). Поэтому большее число каналов коррелятора не даст заметного выигрыша в работе.

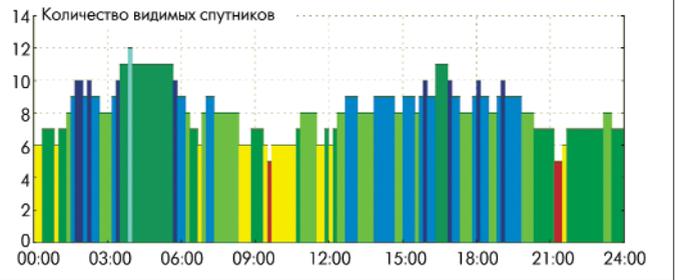


Рис.6. Видимость спутников GPS на широте Москвы

То же самое можно сказать по поводу реализации алгоритмов обработки сигналов WAAS/EGNOS в новейших OEM-платах некоторых производителей. Какой смысл использовать дифференциальную поправку от геостационарного спутника при движении по городу, где видимость последнего предсказать практически невозможно?

В принципе, практически все основные параметры оборудования различных производителей, предлагаемого на рынке, можно считать одинаковыми, погрешность такого допущения не превышает 3–5%. И тогда перед разработчиком, планирующим производство промышленного уровня, встает выбор не технический, а скорее, стратегический. Кто сможет стать надежным поставщиком GPS-подсистемы для нашей разработки, кто сможет предложить поставку проверенного решения и через год, у кого гарантирована повторяемость параметров модулей от партии к партии и 100% выходной контроль? За ответами на подобные вопросы стоит обращаться к специалистам.