

Спутниковые системы ГЛОНАСС и GPS

Екатерина Самкова

В статье рассмотрены основные принципы работы спутниковых навигационных систем, а также дана картина состояния рынка ГЛОНАСС в России и за рубежом и перспективы его развития

Спутниковые навигационные системы (СНС) появились в конце XX века. За время своего существования они дорабатывались и видоизменялись. Так, американская GPS (Global Positioning System — система глобального позиционирования) основана на системе Timation (1964 г.) и изначально называлась NAVSTAR, а предшественником российской ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система) стала «Цикада» (1967 г.). Системы навигации были предназначены только для военных и спецслужб, однако впоследствии они стали выходить и на гражданский рынок. Тем не менее обе СНС остаются стратегическими в своих странах.

Системы GPS и ГЛОНАСС разрабатывались с учетом следующих общих требований: глобальность, непрерывность работы и круглосуточная доступность, помехозащищенность, компактность аппаратуры потребителя, независимость от метеорологических условий, рельефа местности, а также от степени подвижности объекта и т.д.

Все СНС имеют одинаковую структуру. Она состоит из трех основных сегментов (космический сегмент, сегмент управления и сегмент потребителя) и ряда вспомогательных элементов, таких как каналы связи, средства вывода спутников на орбиту и пр. Рассмотрим сегменты спутниковых систем более подробно.

СЕГМЕНТЫ СНС

Любая спутниковая навигационная система не может работать без спутников и наземных станций, принимающих и обрабатывающих сигнал. Также неотъемлемой частью СНС является приемная аппаратура потребителя, которая обрабатывает информацию о местонахождении и скорости движения пользователя. Таким образом, можно выделить три сегмента, составляющих основу СНС.

Космический сегмент

К космическому сегменту относятся спутники, выведенные на орбиту Земли. От их взаимного расположения и от параметров передаваемых ими сигналов зависит точность позиционирования и стабильность функционирования СНС. Для определения координат необходимо нахождение в зоне видимости хотя бы трех-пяти космических аппаратов (КА). На практике орбитальная структура строится таким образом, чтобы в зоне связи устройств большинства потребителей постоянно находилось более шести спутников. Это нужно для обеспечения выбора оптимального созвездия спутников. Для повышения надежности СНС имеется несколько резервных КА, которые могут быть оперативно выведены на орбиту взамен вышедших из строя. Действующие аппараты в случае необходимости можно перегруппировать по команде с наземной станции управления.

Основное назначение навигационного спутника — формирование и излучение сигналов, по которым вычисляется местоположение потребителя и определяется исправность самого аппарата. Излучаемые КА сигналы содержат дальномерную и служебную составляющие. Дальномерная составляющая используется потребителями непосредственно для опреде-

ления навигационных параметров — дальности до КА, вектора скорости потребителя, его пространственной ориентации и т.д. Служебная составляющая содержит информацию о координатах спутников, шкале времени, векторах скоростей КА, их исправности и пр.

Дальномерная составляющая, в свою очередь, содержит две компоненты: стандартной и высокой точности. Первая доступна всем пользователям, а вторая — только авторизованным, т.е. имеющим разрешение военных контролирующих органов. При этом разграничение доступа осуществляется путем кодирования сигналов высокой точности.

СНС как стратегическая система на случай военных действий должна иметь защиту от преднамеренных помех, таких как подавление и навязывание сигнала, т.е. подмена сигнала и ввод в приемную аппаратуру противника заведомо ложной информации.

Сегмент управления

Сегмент управления состоит из главной станции, совмещенной с вычислительным центром, группы контрольно-измерительных станций (КИС) и наземного эталона времени и частоты. Контрольно-измерительные станции стараются размещать как можно равномернее по поверхности Земли. Их координаты определены в трех измерениях с максимальной доступной точностью. При пролете КА в зоне видимости КИС происходит прием станцией навигационных сигналов спутника, затем эти данные обрабатываются и передаются на главную станцию. На главной станции осуществляется сбор информации со всех КИС, ее математическая обработка и вычисление различных координатных и корректирующих данных.

Наземный эталон времени и частоты необходим для синхронизации всех процессов в СНС. Он имеет более высокую точность, чем бортовые эталоны, установленные на КА.

Сегмент потребителей

К сегменту потребителей относится приемное оборудование всех пользователей СНС, будь то военные службы, коммерческие организации или частные лица. Основная задача навигационной аппаратуры потребителей (НАП) — прием информации со спутников, ее интерпретация и вывод на дисплей либо в канал связи в надлежащем виде.

ТОЧНОСТЬ СНС

Точность позиционирования зависит от многих факторов, в т.ч. от метода нахождения координат. Свою погрешность из-за неидеальности вносят все элементы СНС. Кроме того, есть и «естественный» источник погрешности — атмосфера. Воздушная оболочка (точнее, тропосфера и ионосфера) Земли искривляет траекторию распространения сигнала, что приводит к появлению задержек относительно расчетного времени. Проблема заключается в том, что этот эффект не всегда удается спрогнозировать, а вносимая ошибка может достигать десятка метров. Тем не менее разработан ряд

алгоритмов, которые позволяют по различным признакам оценить задержки распространения. Влияние тропосферы вполне предсказуемо, поскольку определяется изученными факторами (влажность, давление и температура). Воздействие ионосферы более многогранно и зависит от таких факторов как солнечная активность, концентрация свободных электронов и т.д.

Еще одним фактором, вносящим погрешность при определении координат, является многолучевое распространение сигнала со спутника. Все здания, горы и прочие возвышенные объекты вблизи пользователя являются препятствиями для сигнала. Достигнув препятствия, он отражается. В условиях большого города переотраженных сигналов становится слишком много. Если на антенну приемника пользователя одновременно поступит несколько таких сигналов, между ними возникнет взаимная интерференция, которая приведет к невозможности определения координат пользователя. Кроме того, высокие объекты вблизи пользователя уменьшают зону видимости приемника, тем самым сокращая количество доступных КА.

СИСТЕМЫ GPS И ГЛОНАСС

Космический сектор GPS образован 24-мя действующими спутниками и тремя резервными. Спутники распределены по шести орбитам так, чтобы над каждой точкой земной поверхности постоянно находилось созвездие по крайней мере из пяти КА. Угол между плоскостями орбит составляет 60° (см. рис. 1).

Первый спутник ГЛОНАСС был выведен Советским Союзом на орбиту 12-го октября 1982 г. 24-го сентября 1993 г. система была официально принята в эксплуатацию. В 1995 г. спутниковая группировка составила 24 аппарата.

Впоследствии из-за недостаточного финансирования число работающих спутников сократилось.

Второй виток развития ГЛОНАСС получила в августе 2001 г., когда была принята федеральная целевая программа «Глобальная навигационная система», согласно которой полное покрытие территории России планировалось обеспечить уже в начале 2008 г., а глобальных масштабов система должна была достичь к началу 2010 г. Однако в конце марта 2008 г. совет главных конструкторов несколько скорректировал сроки развертывания космического сегмента ГЛОНАСС.

По официальным источникам, в настоящее время на орбиту выведено 17 КА, причем все они исправно функционируют (по состоянию на 14.12.08 г.). Космический сегмент ГЛОНАСС должен содержать всего 24 спутника, движущихся над поверхностью Земли и равномерно распределенных в трех орбитальных плоскостях (см. рис. 2). Орбитальные плоскости разнесены относительно друг друга на 120° .

В отличие от системы GPS, спутники ГЛОНАСС в своем орбитальном движении не имеют резонанса (синхронности) с вращением Земли, что обеспечивает им большую стабильность. Таким образом, группировка КА ГЛОНАСС не требует дополнительных корректировок в течение всего срока активного существования. Тем не менее срок службы спутников ГЛОНАСС заметно короче.

Что касается сегмента управления, то станции GPS расположены по всему миру, в то время как станции слежения ГЛОНАСС находятся только на территории России. Поскольку ГЛОНАСС — стратегическая система, то независимость от других стран играет особую роль.

Потребительское оборудование ГЛОНАСС разработано только для специальных применений и, в отличие от приемников GPS, пока не доступно для индивидуального пользования. Однако сейчас полным ходом идет разработка коммерческих совмещенных приемников ГЛОНАСС/GPS.

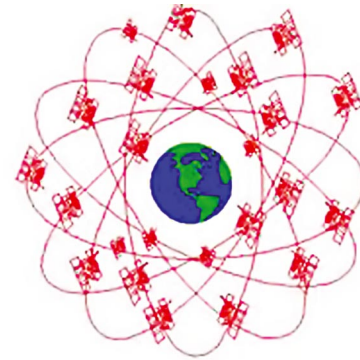


рис. 1. Орбитальные плоскости GPS

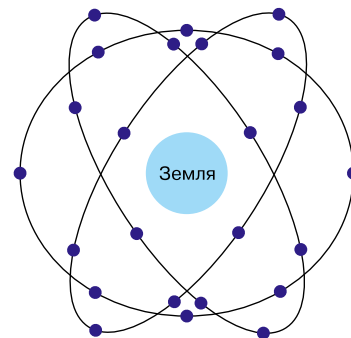


рис. 2. Три орбитальные плоскости ГЛОНАСС

ЗАЧЕМ НУЖНА ГЛОНАСС?

Этот вопрос, наверняка, интересует многих читателей. Действительно, уже продаются недорогие навигаторы GPS, которые работают, казалось бы, лучше ГЛОНАСС-приемников. Однако не все так просто, давайте посмотрим на это с другой стороны...

Во-первых, из соображений безопасности Россия должна иметь свою независимую систему навигации, поскольку система GPS в случае конфликта с США может быть отключена на территории нашей страны в любое время. Учитывая важность навигации, этого нельзя допускать. Таким образом, система ГЛОНАСС более надежна и, к тому же, независима от других стран, поскольку станции слежения располагаются только на территории России.

Во-вторых, по официальным заявлениям правительства РФ, пользование системой будет бесплатным для всех потребителей, а данные со спутников не будут специально загружаться, как это происходит в GPS, что исключит случайные сбои у потребителя и повысит точность определения координат.

В-третьих, система ГЛОНАСС по сравнению с GPS эффективнее работает в полярных широтах, поэтому она востребована как в северных странах (от Канады до Финляндии), так и в южных (Австралия, Перу, Аргентина и др.).

В-четвертых, по мнению российских и зарубежных специалистов, ГЛОНАСС работает быстрее и точнее GPS в среде с повышенной затененностью, т.е. вблизи многоэтажных зданий.

Тем не менее самое удачное с точки зрения потребителя решение — совмещенные приемники ГЛОНАСС/GPS, поскольку они сочетают достоинства обеих систем. К тому же количество видимых спутников увеличивается, поэтому координаты определяются более достоверно.

В связи с незаконченностью космического сегмента приемников, принимающих только сигналы ГЛОНАСС, нет. Разрабатываются сразу двухсистемные приемники.

В настоящее время на орбиту выведено 17 спутников. Постепенно начинается вывод спутников второго поколения ГЛОНАСС-М, срок службы которых составляет семь лет (срок службы КА первого поколения всего три года).

По данным пресс-службы Роскосмоса, 25-го декабря 2008 г. планируется вывод еще трех спутников типа ГЛОНАСС-М. Этого вполне достаточно, чтобы охватить полностью территорию России. По планам, в 2009 г. будет обеспечено стабильное покрытие всей поверхности Земли.

Текущее состояние группировки можно посмотреть по адресу www.glonass-ianc.rsa.ru/, где приведена исчерпывающая информация о спутниках.

РАЗВИТИЕ ГЛОНАСС

Российская система ГЛОНАСС не закончена и будет продолжать развиваться. Естественно, при условии достаточной государственной поддержки. По официальным заявлениям, правительство настроено на развитие навигационной отрасли. Тем более, что это гарантия безопасности и защищенности России.

Как мы говорили, любая навигационная система состоит из трех сегментов. В настоящее время доработка требуется на всех уровнях ГЛОНАСС. Так, для полноты группировки необходимо вывести на орбиту еще по крайней мере семь спутников (не считая резервных).

Остановимся на основных проблемах, которые наиболее остро стоят перед разработчиками НАП. Самая важная часть приемника ГЛОНАСС/GPS — это приемный модуль, поэтому к нему предъявляются наиболее жесткие требования. Вероятно, будущие разработки будут лишены следующих недостатков.

1. Высокое энергопотребление. Мощность потребления большинства представленных на рынке приемных OEM-модулей составляет порядка 0,9...1 Вт. Для портативной техники это весьма высокий показатель, что ограничивает применение модулей в мобильных устройствах. Для сравнения, потребление GPS-модулей на порядок ниже (50...100 мВт). Работы в этом направлении ведутся. Так, встраиваемый модуль ГЛС-П потребляет всего 0,65 Вт (ФГУП НИИМА «Прогресс»). Однако этого недостаточно. Для существенного снижения потребляемой мощности необходим переход на проектные нормы 0,09...0,13 мВт. К сожалению, такой технологии ни на одном предприятии в России нет.
2. Высокая стоимость. В настоящее время выпускается всего несколько тысяч OEM-модулей в год. Естественно, увеличение объемов производства позволило бы снизить стоимость устройств. Однако в России нет таких мощностей, как нет и программы развития НАП. Отдельным предприятиям не хватает инвестиций, чтобы наладить массовый выпуск продукции. С другой стороны, инвесторы не торопятся вкладывать в проект, который окупится лишь через несколько лет. Таким образом, необходим госзаказ или другие способы поддержания отрасли. С другой стороны, двухсистемные модули ГЛОНАСС/GPS сами по себе технически более сложные, чем односистемные. Именно поэтому они дороже, но вместе с тем и надежнее.
3. Большие габариты приемников. Это исключает возможность использования существующих разработок в портативной технике, существенно сужая тем самым область применения модулей. Однако с переходом на новый технологический базис (см. п. 1) эта проблема разрешится.

Помимо перечисленных проблем существует множество других, в т. ч. обеспечение ПО, составление карт и т.д.

ПРИМЕНЕНИЕ

Навигация — неотъемлемая часть жизнедеятельности человека. Недаром эта наука развивается с древнейших времен. Конечно, методы определения координат и поставленные цели меняются, однако навигация не утрачивает, а наоборот, приобретает все большую важность.

Навигационное оборудование используется везде, где необходимо получить координаты объекта быстро и точно. В первую очередь речь идет о следующих службах и сферах применения:

- военные ведомства, спецслужбы;
- МВД (системы измерения скорости, мониторинг дежурных и оперативных машин);
- МЧС;
- аварийные службы;
- разработка карьеров (добыча открытым способом);
- транспорт (железнодорожный, морской, общественный) — для навигации и мониторинга;
- авиация (вертолеты, самолеты, беспилотные аппараты);
- картография (кадастровые службы);
- топография (составление карт местности);
- системы безопасности;
- строительные компании.

Следует заметить, что во всех сферах применения используется разное потребительское оборудование, поскольку навигационные задачи значительно различаются по сложности. Это может быть как простое ориентирование на местности, так и оперативное управление войсками.

РОССИЙСКИЕ И ЗАРУБЕЖНЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ

В связи с появлением новых навигационных систем (ГЛОНАСС, Galileo) производители стремятся расширить функциональность НАП. Так, многие зарубежные компании включают в OEM-модули поддержку ГЛОНАСС.

В едином государственном перечне предприятий-участников российского рынка спутниковой навигации перечислено около ста компаний. Это и производители НАП, и поставщики ПО, и дистрибьюторы, занимающиеся продвижением совместных приемников ГЛОНАСС/GPS на российском рынке.

Крупнейшими российскими производителями НАП в России являются следующие компании: ФГУП «НИИ КП» (Институт космического приборостроения), ФГУП «РНИИ КП» (Российский научно-исследовательский институт космического приборостроения), ОАО «Ижевский радиозавод» (ИРЗ), РИРВ (Российский институт радионавигации и времени), ЗАО «КБ НАВИС» (Конструкторское бюро навигационных систем), ФГУП НИИМА «Прогресс», ОАО «МКБ Компас» и др.

Помимо военных модулей, перечисленные компании уже имеют собственные встраиваемые коммерческие модули ГЛОНАСС, либо работают над их созданием.

Среди зарубежных производителей можно выделить компании Trimble, Javad, Novatel, Leica, Topcon, 3S Navigation, Ashtech, JPS, Sokkia и Spectra Precision. Это лидеры на рынке GPS-устройств, приступившие к изготовлению совместных приемных модулей.

РОССИЙСКИЙ РЫНОК НАП

Рынок навигационной аппаратуры пользователей в России только формируется. Это связано как с незаконченностью космического сегмента ГЛОНАСС, так и с отсутствием конкретной государственной программы развития отрасли и организации производства.

Тем не менее существует несколько оценок потенциальной емкости рынка.

По оценкам зарубежных компаний, реальный спрос на навигаторы в России составляет 100 тыс. шт. в год. Это, в первую

очередь, автомобильные навигаторы (стабильный, серийный продукт). Однако в этом случае не учитываются потребности муниципального транспорта, спецслужб, аварийных служб, МВД, МЧС и т.д.

Более правдоподобной кажется оценка в несколько миллионов штук в год.

Исследования показывают, что ежегодно на мировом рынке продается около 30 млн. автомобильных и портативных GPS-навигаторов.

В Европе и в России стабильный прирост рынка составляет 20...30% в год. По меньшей мере, ближайшие 5—7 лет темп роста сохранится. Однако эти оценки весьма условны, поскольку они основаны на данных по рынку GPS-систем.

ГЛОНАСС НА МИРОВОМ РЫНКЕ

Российские приемники ГЛОНАСС/GPS протестированы европейскими и азиатскими компаниями и уже используются за рубежом. Причем сфера использования отечественных приемников ГЛОНАСС/GPS разделяется на две области: местная система навигации и встраивание готовых модулей в оборудование, импортируемое в Россию.

Для расширения первой области применения необходимо дальнейшее развитие ГЛОНАСС и снижение стоимости модулей. В настоящее время осуществляются только разовые закупки.

По поводу использования российских модулей ГЛОНАСС в импортной технике ведутся переговоры, однако окончательных договоренностей пока не достигнуто. Более того, подобные системы со встроенным приемником ГЛОНАСС, например высокоскоростные системы беспроводной передачи данных, где требуется дополнительная высокоточная синхронизация опорных станций, сравнительно недавно стали появляться на российском рынке, поэтому говорить о больших партиях не приходится.

ТЕСТИРОВАНИЕ РОССИЙСКИХ РАЗРАБОТОК

На всероссийской конференции «Встраиваемые системы», которая проходила 4-го декабря в Москве, было проведено открытое тестирование совмещенных приемников ГЛОНАСС/GPS ведущих российских производителей.

Отраслевой и деловой общественности были показаны реальные возможности российских разработчиков приемников ГЛОНАСС/GPS, представлены ведущие компании и их разработки, а также продемонстрирована работа приемных OEM-модулей ГЛОНАСС/GPS.

В проекте приняли участие ведущие производители встраиваемых навигационных модулей: Российский институт радионавигации и времени, ЗАО «КБ НАВИС», ФГУП НИИМА «Прогресс» и SPIRIT. Для сравнения в испытаниях принимал участие и односистемный GPS-приемник фирмы Trimble.

Тестирование прошло успешно. Все представленные модели работали стабильно в течение всего дня, несмотря на изменения в созвездии видимых спутников ГЛОНАСС.

В следующем номере «Встраиваемых систем» мы подробно опишем ход и результаты тестирования, а также расскажем об участниках проекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы рассмотрели не все навигационные системы. Помимо GPS и ГЛОНАСС, разрабатываются японская Quasi-Zenith и европейская Galileo. К развитию собственных СНС приступили также Китай и Индия.

Спутниковые системы навигации перестали быть привилегией силовых структур, они постепенно проникают и в повседневную жизнь. Все больше и больше устройств оснащаются

функцией навигации начиная от телефонов и плееров и заканчивая фотоаппаратами. Это происходит за счет уменьшения стоимости аппаратных навигационных модулей и применения программной реализации модуля.

Рынок ГЛОНАСС в России только начинает формироваться.

Однако уже сейчас понятно, что это очень важная и перспективная составляющая экономики. Спрос на навигационные устройства, поддерживающие ГЛОНАСС, набирает обороты, причем как в России, так и за рубежом.

Несмотря на все проблемы, которые пока только предстоит решить, российским производителям уже есть что показать. Системой ГЛОНАСС уже пользуются спецслужбы и военные. Началось производство коммерческих устройств. Однако без поддержки государства невозможно удовлетворить потребность рынка в навигационном оборудовании. Необходимо наладить массовый выпуск продукции, после чего можно будет надеяться на возрождение промышленного сектора в России.

ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ

Ниже приведены некоторые ссылки, которые могут оказаться полезными при изучении или работе с ГЛОНАСС.

www.aggf.ru/glon.html

Официальный сайт ассоциации разработчиков, производителей и потребителей оборудования и приложений на основе глобальных навигационных спутниковых систем «ГЛОНАСС/ГНСС — Форум».

На сайте можно найти множество полезных материалов — от официальных документов до технического описания и свежих новостей.

www.glonass-ianc.rsa.ru

Официальный сайт «Прикладного потребительского центра» (ППЦ) на базе «Информационно-аналитического центра координатно-временного и навигационного обеспечения» (ИАЦ КВНО).

На сайте можно подробно ознакомиться с текущим состоянием космического сегмента ГЛОНАСС.

www.roscosmos.ru/

Официальный сайт «Роскосмоса», на котором всегда можно ознакомиться с последними новостями радионавигации и космической отрасли.

<http://isns.ru/>

Проект «Интегрированные спутниковые навигационные системы». Информационный портал посвящен вопросам спутниковой навигации.

<http://mnicglonass.ru/>

Многофункциональный Навигационно-информационный центр ФГУП «РНИИ КП», на котором можно найти наиболее полную информацию о производителях и их разработках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яценков В. С. Основы спутниковой навигации. Системы GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС.
2. Ярошенко Сергей IT News, #03/2006.
3. Самков Иван «Современная электроника», №8/2008.
4. Модули навигационных приёмников: проблемы и перспективы. Chip news №4, 2008.
5. <http://ru.wikipedia.org/>.
6. www.aggf.ru/glon.html.
7. www.roscosmos.ru/NewsDoSele.asp?NEWSID=4971.
8. http://vpk.name/news/15801_perspektivy_glonass_glavnyii_tezis_momenta_sputniki_est_nuzhnyi_priemniki.html.
9. www.radioscanner.ru/info/article97/.