

# Глобальная навигация

**А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва**

*"Достоверность не находится в вещах".*

**Бенедикт Спиноза**

*Недавно президент РФ подписал закон "О федеральном бюджете на 2010 год и на плановый период 2011 и 2012 годов", где одним из основных направлений государственного финансирования определены космос (выделено 67,2 млрд руб.), а также система ГЛОНАСС (27,9 млрд руб.). Система ГЛОНАСС представляет собой некую альтернативу американской системе GPS, а идеи, история и возможности применения обеих систем в целом похожи. Впрочем, еще существуют и китайский (Beidou), и европейский (Galileo) проекты.*

## **Принципы и технологии**

Собственно, идея создания спутниковой навигации родилась в середине XX века непосредственно в момент запуска в СССР первого искусственного спутника Земли. Американские ученые во главе с Ричардом Кершнером исследовали эффект Доплера от излучаемого спутником сигнала и обнаружили, что его частота действительно увеличивается при приближении спутника и уменьшается при его удалении. В результате родилась идея о том, что если точно знать свои координаты на Земле, то можно измерить положение и скорость спутника, и наоборот, точно зная положение спутника, можно определить собственную скорость и координаты. Как правило, хорошие идеи приходят одновременно во многие умные головы, поэтому мысли о глобальной навигации продолжали развиваться, ожидая момента, когда подтянутся технологии. И когда это произошло, основной принцип использования систем глобальной навигации не изменился — это определение местоположения объекта (терминала/приемника) путем измерения расстояний до объекта от точек с

известными координатами (т. е. спутников). Спутники используются низкоорбитальные, что позволяет получить лучшие энергетические характеристики канала связи. Опять же с целью улучшения приема сигналы используются шумоподобные. Расстояние вычисляется по времени задержки распространения сигнала от посылки его спутником до приема антенной приемника. Для определения трехмерных координат навигационному приемнику нужно знать расстояние до трех спутников и время самой системы. Таким образом, для определения координат и высоты приемника используются сигналы как минимум с четырех спутников.

Существующие орбитальные группировки и ГЛОНАСС, и GPS построены таким образом, что в "поле зрения" навигационного приемника обычно находятся одновременно 6—7 космических аппаратов каждой системы. В идеале их было бы 12, но в реальной жизни с реальным рельефом местности увидеть их все сразу не всегда получается. Тем не менее, чем больше видно спутников, тем большая может быть получена точность измерений. Таким образом, системы ГЛОНАСС и GPS могли бы дополнять друг друга, ведь использование сигналов обеих систем удваивает плотность видимой орбитальной группировки до 12—14. И это позволяет приемнику устойчиво работать и в городе, и в горной местности. Именно поэтому в 2004 г. состоялось подписание совместного заявления по обеспечению взаимодополняемости и совместимости систем "Galileo" и GPS, а в 2006 г. — GPS и ГЛОНАСС.

Общим недостатком использования любой радионавигационной системы является то, что при определенных условиях сигнал может не доходить до приемника или приходиться со значительными искажениями или задержками. Например, практически невозможно определить свое точное местонахождение в глубине квартиры внутри железобетонного здания, в подвале или в тоннеле. Поскольку рабочая частота лежит в дециметровом диапазоне радиоволн, уровень приема сигнала от спутников может серьезно ухудшиться под плотной листвой деревьев или из-за очень большой облачности. Нормальному приему сигналов могут повредить помехи от многих наземных радиоисточников, а также от магнитных бурь. А к примеру, небольшое наклонение орбит GPS серьезно ухудшает точность в приполярных районах Земли, так как спутники GPS невысоко поднимаются над горизонтом. Специалисты отмечают, что потенциально система ГЛОНАСС

располагает лучшими характеристиками, чем GPS на территории России и в прилегающих зонах. То есть ГЛОНАСС имеет преимущество в навигационном обеспечении потребителей, дислоцирующихся в средних и полярных широтах, но уступает американской системе в экваториальных широтах.

Типичная точность определения координат современных GPS приемниками в горизонтальной плоскости составляет примерно 1—2 м при хорошей видимости спутников. Для сравнения, точность ГЛОНАСС составляет 10—20 м. При использовании систем дифференциальных поправок с применением особых алгоритмов точность может быть увеличена.

Разумеется, системы точного позиционирования создавались в интересах военных ведомств. Они являются основой систем точного наведения, что дает стратегическое преимущество перед всеми, кто их не имеет. Это разграничивает коммерческую и военную сферы применения систем глобальной навигации — в нужное время все "ненужное" конкретным военным будет отключено или искажено. К примеру, во время войны в Ираке находившиеся в тысячах километров от боя норвежские рыбаки неожиданно оказались потерпевшей стороной, поскольку вдруг потеряли из виду родные берега и стали вспоминать "более древние" способы морской навигации. Зато подобные истории разворачивают потенциального потребителя в сторону получения доступа и к другим системам глобального позиционирования.

## **NAVSTAR GPS**

NAVSTAR GPS (NAVigation Satellites providing Time And Range; Global Positioning System) — спутниковая система навигации США, часто именуемая просто GPS. Позволяет в любом месте планеты (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. Основа GPS — группа навигационных спутников, движущихся вокруг Земли по шести круговым орбитальным траекториям (по четыре спутника в каждой группе), на высоте 20180 км. Сигналы спутников излучаются на нескольких частотах: L1 — 1575,42 МГц; L2 —

1227,60 МГц; L5 — 1176,45 МГц (доступен для последних моделей спутников).

Военное применение (точность выше на порядок) обеспечивается зашифрованным P(Y) кодом. Информация в C/A коде (стандартной точности), передаваемая на частоте L1, распространяется свободно, бесплатно, без ограничений на использование, но так было не всегда. Кстати, после того, как в 1983 г. над территорией СССР был сбит самолет Корейских авиалиний, президент США Р. Рейган разрешил частичное использование GPS для гражданских целей. Однако во избежание применения системы для военных нужд ее точность была уменьшена специальным алгоритмом. Правда, затем появилась информация о том, что некоторые компании расшифровали алгоритм улучшения точности на частоте L1 и с успехом компенсируют эту составляющую ошибки, получая коммерческую выгоду. Но в 2000 г. это загробление точности было отменено указом президента США.

24 спутника обеспечивают стопроцентную работоспособность системы в любой точке земного шара, но не всегда могут обеспечить уверенный прием и хороший расчет позиции. Поэтому для увеличения точности позиционирования и резерва на случай сбоев общее число спутников на орбите поддерживается большим. Максимально возможное число одновременно работающих спутников в системе NAVSTAR ограничено 37. Первый тестовый спутник выведен на орбиту 14 июля 1974 г., а последний — в 1993 г. Окончательно GPS принята на вооружение в 1995 г. В настоящее время ведется работа над созданием еще 12 спутников новых поколений. Предусматривается вывод на орбиты еще 36 принципиально новых, но при этом совместимых с прежними аппаратами.

Слежение за орбитальной группировкой осуществляется с главной контрольной станции, расположенной на авиабазе BBC США Schriever (Колорадо), и с помощью десяти станций слежения, из них три станции способны посылать на спутники корректировочные данные в виде радиосигналов частотой 2000...4000 МГц. Спутники последнего поколения распределяют полученные данные среди других спутников.

## **ГЛОНАСС**

ГЛОНАСС — это ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система —

российская спутниковая система навигации, состоящая в текущий момент из 22 спутников (два из них находятся на техобслуживании), движущихся по трем орбитальным траекториям на высоте 19100 км. В системе ГЛОНАСС каждый штатный спутник постоянно излучает радиосигналы в двух диапазонах — 1600 МГц и 1250 МГц. Кстати, навигационные измерения в двух диапазонах частот позволяют исключить ионосферные погрешности измерений.

Первый спутник ГЛОНАСС был выведен СССР на орбиту 12 октября 1982 г. Система была официально принята в эксплуатацию 24 сентября 1993 г. с орбитальной группировкой из 12 спутников. В декабре 1995 г. спутниковая группировка была развернута до штатного состава — 24 спутника. Впоследствии из-за недостаточного финансирования, а также из-за малого срока службы число работающих спутников сократилось.

Сейчас планируется, что в конце 2010 г. в составе группировки будет 24 спутника, что позволит осуществлять навигацию с максимальным охватом планеты. По скорректированному проекту программы ГЛОНАСС спутниковая группировка системы будет состоять из 30 космических аппаратов, часть из которых будет находиться в рабочем резерве. В данный момент использованы спутники типов ГЛОНАСС и ГЛОНАСС-М. ГЛОНАСС-М обладает увеличенным сроком службы и повышенной точностью определения координат за счет введения дополнительных сигналов для гражданских потребителей. С началом эксплуатации спутников нового поколения ГЛОНАСС-К планируется повысить точность определения координат до пяти метров за счет добавления третьей частоты в L-диапазоне. От своих предшественников они отличаются увеличенным сроком службы (до 10 лет), а также массой самого космического аппарата. За счет добавления третьей частоты в L-диапазоне точность навигационных определений повысится вдвое по сравнению со спутниками ГЛОНАСС-М. Спутники серии ГЛОНАСС-К будут иметь дополнительные частоты, совместимые с GPS-навигаторами.

Кстати, к настоящему времени было осуществлено свыше 100 запусков спутников ГЛОНАСС. Интересно, что за всю историю развертывания и эксплуатации системы GPS США пришлось запустить почти в два раза меньше спутников — всего 60. Из них два аппарата не удалось ввести в строй по разным причинам. Однако эта разница связана не с надежностью запусков, а именно с надежностью их работы. В

частности, самый "древний" американский спутник системы GPS "трудится" на орбите с 1990 г. (т. е. почти 20 лет). "Рекордсмен" системы ГЛОНАСС работает с 29 января 2004 г. При этом, по данным российских разработчиков, спутники ГЛОНАСС уже на 30 % состоят из зарубежных компонентов. А процент неудач при запусках спутников ГЛОНАСС за всю историю системы примерно такой же, как в США — около 5 %.

### **"Галилео"**

"Galileo" — европейский проект спутниковой системы навигации для любых подвижных объектов с разрешением менее одного метра. Ныне существующие GPS-приемники не смогут принимать и обрабатывать сигналы со спутников "Галилео", хотя достигнута договоренность о совместимости и взаимодополнении с системой NAVSTAR GPS третьего поколения. Помимо стран ЕС достигнуты договоренности на участие в проекте с Китаем, Израилем, Южной Кореей, Украиной и Россией. Ведутся переговоры с представителями Аргентины, Австралии, Бразилии, Чили, Индии, Малайзии. Ожидается, что "Галилео" войдет в строй в 2013 г., когда на орбиту будут выведены все 30 запланированных спутников (27 операционных и три резервных). Компания Arianespace заключила договор на десять ракет-носителей "Союз" (Россия) для запуска спутников начиная с 2010 г. Космический сегмент будет дополнен наземной инфраструктурой, включающей в себя два центра управления и глобальную сеть передающих и принимающих станций.

Надежность будет повышена за счет применения двухдиапазонного приемника (L1 — 1559...1591 МГц и E5 — 1164...1215 МГц). Кодированный сигнал позволит обеспечить точность позиционирования до 10 см, но будет предоставляться за отдельную плату. Точность позиционирования увеличивается за счет использования двух дополнительных сигналов (в диапазоне E6 — 1260...1300 МГц). Права на использование сигнала планируется перепродавать через провайдеров. Предполагается гибкая система оплаты в зависимости от времени использования и вида абонента.

В отличие от американской GPS и российской ГЛОНАСС система "Галилео" не контролируется ни государственными, ни военными учреждениями. Разработку

осуществляет ЕКА (Европейское Космическое Агентство). Общие затраты на создание системы оцениваются в 3,8 млрд евро.

Первый опытный спутник системы "Галилео" "GIOVE-A" был выведен на орбиту с космодрома Байконур в 2005 г. Второй опытный спутник "GIOVE-B" — в 2008 г. Спутники "GIOVE" предназначены для проведения испытаний аппаратуры и исследования характеристик сигналов. Для систематического сбора данных измерений усилиями ЕКА была создана всемирная сеть наземных станций слежения, оборудованных приемниками, разработанными в компании Septentrio.

### **"Beidou"**

Китай идет своим путем и планирует завершить создание собственной системы глобального позиционирования к 2015 г. Первый спутник китайской навигационной системы, получившей название "Beidou", был выведен на геостационарную (!) орбиту в октябре 2000 г. В настоящий момент группировка "Beidou" состоит из пяти спутников, обеспечивающих непрерывное обеспечение сервиса на территории Китая. В 2009—2010 гг. число спутников планируется увеличить до 20, а к 2015 г. — до 30. "Beidou" рассматривается как полная замена GPS.

### **По прямому назначению**

Для большинства "гражданских" целей (например, для мониторинга транспорта или человека), как правило, бывает достаточно определения координат с точностью 10 м. К примеру, год назад было объявлено, что первым городом страны, где общественный транспорт в массовом порядке будет оснащен системой ГЛОНАСС, станет Сочи. На тот момент оборудование ГЛОНАСС производства компании "М2М телематика" было установлено на 250 сочинских автобусах.

Зато картография или мониторинг состояния сооружений нуждаются совсем в другом порядке точности, и тут счет пойдет уже на сантиметры и миллиметры. Разработчики навигационных систем об этом позаботились, поскольку существуют профессиональные приемники, работающие в двухчастотном режиме, которые

учитывают фазу сигнала и флуктуации ионосферы. С их помощью точность определения координат достигает нескольких сантиметров. Однако это весьма дорогое "удовольствие". Но точность измерений многих "обычных" навигационных приемников можно дополнительно увеличить, если регулярно передавать на них соответствующую поправку, которая определяется централизованно на одном "серьезном" приемнике, с высокой точностью привязанном к электронной карте местности. Как показывают исследования, этот метод обеспечивает высокую точность вокруг себя в "пятне" диаметром 30 км. Поэтому соответствующая расстановка подобных приемников вместе с базовыми станциями сети мобильной связи позволяет построить налаженную сеть точных измерений. Задача облегчается тем, что базовые станции мобильной связи уже имеют защищенный контейнер для оборудования, а их антенны располагаются "чуть ближе" к спутникам. Туда же подведены и наземные каналы связи, которые используются для информационного обмена с центром точного позиционирования, откуда по сети мобильной связи регулярно передаются поправки. Кстати, подобный проект уже реализован компанией МТС в Московской области, для охвата территории подобными услугами понадобилась организация всего 20 "спецобъектов".

Для мониторинга состояния сооружений (например, мостов) работу по определению миллиметровых и субмиллиметровых сдвигов обеспечивают и приборы, и математика. Здесь используются многократные относительные измерения показаний установленных датчиков, а накопленная статистика помогает с высокой точностью вычислять смещение контрольных точек объекта и передавать их в ситуационный центр.

### **Бизнес-потенциал**

Как известно, в настоящее время в России поставлена задача коммерциализации системы ГЛОНАСС, что позволило бы не только поддерживать ее потенциал или компенсировать вложенные в нее инвестиции, но и использовать ее ресурс с максимальной пользой для страны и населения. На самом деле многие страны, работающие с GPS, проявляют большой интерес к системе ГЛОНАСС как резервной, которая позволяет снизить технологическую зависимость от



американской системы навигации. Взять хотя бы тех же норвежских рыбаков.

Потенциальному пользователю известно множество приборов-навигаторов, которые можно увидеть в любом электронном супермаркете. Правда, пока это будет все же GPS, однако нетрудно экстраполировать достигнутые успехи и на ГЛОНАСС, поскольку бизнес-потенциалы обеих действующих систем похожи.

Серьезная добавка к услуге определения точных координат навигационного приемника реализуется путем ввода интерактивности с помощью дополнительного канала передачи информации о его нахождении в нужное место. Это открывает новые сервисные возможности и помогает сделать бизнес более эффективным. Для этой цели лучше всего подходят сети мобильной связи, что с успехом и используется во всем мире, начиная с мониторинга передвижения различного транспорта, а также людей (дети, инвалиды, персональная реклама) и других объектов и заканчивая картографическими базами данных или мониторингом показаний датчиков (системы безопасности, телемедицина, состояние сооружений, ЖКХ, банкоматы и торговые автоматы, управление дорожным движением).

Сегодня в мире сформировался целый рыночный сегмент информационных и развлекательных услуг, основанных на определении текущего местоположения пользователя — LBS (Location Based Services). LBS-услуги предполагают автоматическое определение местоположения мобильного телефона в пределах зоны действия сотовых сетей. Визуализационные возможности современных мобильных телефонов (в частности, смартфонов) позволяют отображать на экране электронные карты достаточно высокого качества, чтобы использовать LBS для решения различных бизнес-задач, навигации и развлечений. Информация о местонахождении абонента может быть получена как от спутниковых систем навигации, так и от инфраструктуры, содержащей специально предназначенные для этих целей элементы.

Решения на базе ГЛОНАСС/GPS/GSM/UMTS быстро становятся частью повседневной жизни многих компаний. Для этого требуются лишь совмещенные терминальные устройства. А когда-нибудь наличие функциональности GPS/ГЛОНАСС/Galileo станет обязательной опцией любого "гаджета". В настоящее время уже начинается выпуск чипсетов разработки компании Qualcomm, в которых совмещены все указанные стандарты и которые станут основой нового поколения

многофункциональных абонентских терминалов, которые, однако, будут слишком много знать о местоположении своих хозяев. Ведь использование полученной информации об объекте способно приобретать различные оттенки. Наличие у руководства точной информации в режиме реального времени о местонахождении личного состава не нравится ни клеркам, ни дальнобойщикам, ни милиционерам. Но в современной динамичной жизни эта информация сильно востребована. И вот уже компания МТС выводит на рынок услугу, с помощью которой можно отслеживать передвижения "мобильных" сотрудников в режиме он-лайн. Предполагается, что сервис будет востребован логистическими, транспортными компаниями, службами такси, предприятиями розничной и оптовой торговли, легкой промышленности, строительными организациями, банками, страховыми компаниями.

По прогнозам специалистов, именно рынок спутниковой навигации станет одним из самых перспективных в ближайшие десять лет. Да и стоимость телефонов со встроенным модулем навигации неуклонно снижается. По данным компании ABI Research, к 2010 г. доходы от LBS во всем мире обещают составить 3,6 млрд долл.

В широком внедрении услуг LBS заинтересовано и государство (например, оперативные службы), и сами абоненты мобильной связи, и сотовые операторы, которые с помощью персонифицированных LBS смогут осуществлять мониторинг сети, повысить качество услуг и получить конкурентные преимущества.

По мнению специалистов, перспектива применения LBS в сотовых сетях — это и развлечения, и мониторинг детей или больных людей, и целевой маркетинг. Последнее означает, что абонент, проезжающий мимо магазина (бара, ресторана, концертного зала) получает автоматически сообщение о том, что там происходят интересные для него события. Ожидается, что именно коммерческое предоставление контекстной информации об окружающих объектах (или, по научному, таргетированной рекламы) станет основой этого рынка.

Противники технологии LBS заявляют: подобные услуги нарушают такие права человека, как невмешательство в его личную жизнь. Решением данной юридической проблемы является официальное согласие абонента на предоставление информации о его местонахождении третьим лицам.

По результатам недавно опубликованного исследования, проведенного компанией Navteq, более 60 % опрошенных пользователей мобильных устройств

заинтересованы в многофункциональной навигационной системе, которая одинаково хорошо работает как в машине, так и во время передвижения пешком. Вот что нужно потребителю от идеальной навигационной системы:

- информация об общественном транспорте;
- оптимизированная система расчета маршрута, основанная на передвижении по пешеходным маршрутам;
- отображение ориентиров (памятники, кафе, строения);
- навигация в таких местах, как торговые центры и аэропорты.

### **Коммерческая эксплуатация**

В 2010 г. в России начинает работу федеральный коммерческий оператор по предоставлению услуг спутникового позиционирования "Навигационно-информационные системы" (НИС), для создания которого выделено до 4 млрд руб. Кроме средств АФК "Система" (она владеет 51% акций НИС) и Российского НИИ приборостроения (49 %) предполагается привлечь кредит Внешэкономбанка. На данный момент компания подала в банк две заявки на реализацию проектов по разработке цифровых карт и созданию производства чипсетов и абонентских терминалов на основе ГЛОНАСС. Предполагается, что первыми заказчиками станут транспортные ведомства, МВД и МЧС.

Дальнейшие планы компании заключаются в развитии технической базы и программного обеспечения для конечных пользователей. К 2013 г. компания хочет пробиться в пятерку мировых лидеров рынка и распространить свои услуги в страны БРИК (Бразилия, Россия, Индия, Китай) и Африки. Остается пожелать ей и всем другим "коммерциализаторам навигации" глобальных успехов!

А 2 марта 2010 г. с Байконура запущены еще три спутника ГЛОНАСС-М.