

# Высокоточная глобализация

Не секрет, что большая часть современных высокотехнологичных систем берет свое начало в закрытых проектах военно-космических разработок. Некоторые из них со временем находят себе применение и в гражданской сфере.

## GPS-приемники

### Все тайное становится явным

В 1977 году в США с запуском навигационного спутника началась реализация технологии GPS (Global Positioning System — система глобального позиционирования). В то время проект спутниковой сети для определения координат в режиме реального времени в любой точке земного шара назывался Navstar (Navigation System with Timing and Ranging — навигационная система определения времени и дальности), а наименование GPS появилось лишь в 1983 году, когда система была открыта для гражданской авиации и морского флота. В 1993 году она приняла окончательный вид, а в 1995-м началась ее коммерческая эксплуатация.

Затраты на реализацию проекта обошлись американцам в \$15 млрд, однако ощутить все преимущества новой технологии они смогли только пять лет спустя: с 1 мая 2000 года решением президента США был отменен режим селективного доступа (SA — Selective Availability), искусственно искажающий координаты, передаваемые спутником на гражданский GPS-приемник, создавая погрешность в несколько десятков и даже сотен метров.

### Космический навигатор

Сегодня на шести орбитах высотой 20 350 км находятся 24 основных и четыре запасных ис- »

» кусственных спутника, работа которых позволяет распознавать местоположение того или иного объекта. Определение координат происходит путем подсчета временной задержки поступления импульса радиосигнала от спутника к GPS-приемнику с последующим вычислением расстояния между ними.

Для получения достоверных координат необходимо сопоставить данные, полученные минимум с четырех спутников. Первые три в пересечении сфер с различными радиусами (расстояниями до спутника) дают трехмерные координаты двух точек, одна из которых находится вблизи поверхности Земли, а другая (ложная) отбрасывается. Четвертый спутник позволяет уменьшить временную погрешность, синхронизировать часы спутника и приемника.

Чем больше спутников находится в зоне видимости, тем точнее будут определены временная задержка и, соответственно, координаты объекта. Современные GPS-навигаторы позволяют обрабатывать информацию от двенадцати спутников одновременно в любой момент времени. В среднем разовый захват составляет 6-8 спутников — этого вполне достаточно для получения плоских координат с погрешностью не более пяти метров, и высоты — не более трех метров. Кроме того, приемник, установленный на подвижном объекте, с помощью подсчета сдвигов частот радиосигналов позволяет вычислить его скорость и отследить маршрут передвижения.

### И швец, и жнец, и на дуде игрец

Широкий спектр возможностей современных GPS-приемников позволяет применять их во многих областях деятельности. В настоящее время более двухсот фирм по всему миру выпускают сотни тысяч устройств различного класса, использующих систему GPS. Современные технологии производства микросхем 0,09–0,13 микрон позволяют создавать недорогие микрочипы, отвечающие требованиям к чувствительности и потребляемой мощности. В настоящее время стоимость GPS-модулей снизилась настолько, что многие компании начали оборудовать ими бытовые устройства: часы, мобильные телефоны и даже фотоаппараты.



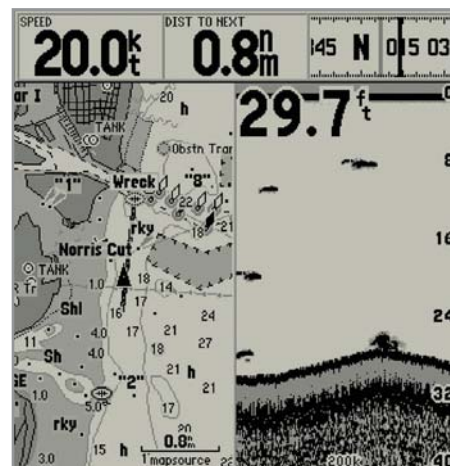
▲ eTrex Само представляет собой модель начального уровня

Иногда GPS-навигаторы используются на таких устройствах лишь для определения точной даты и времени!

Это в очередной раз подтверждает парадоксальное свойство современного рынка высоких технологий — снижать стоимость нового продукта пропорционально росту его технического уровня. На сегодняшний день средняя цена GPS-навигатора составляет \$350, притом что его навигационные возможности чрезвычайно высоки. Современные 12-канальные приемники за несколько секунд позволяют определить координаты текущего местоположения в требуемом формате с точностью до 10 м в одной из нескольких десятков систем координат.

Встроенный путевой компьютер дает возможность узнать текущую скорость с максимальной погрешностью 0,05 м/с, вычислить среднюю скорость движения на отдельном участке пути, получить информацию о времени восхода/захода солнца, фазы луны, а также узнать время и расстояние пройденного пути. В зависимости от класса навигатора система позволяет получить примерную схему окружающей местности либо подробное полноцветное картографическое изображение наземных объектов, вплоть до указания особенностей рельефа и выдачи предупреждающих сообщений при обнаружении потенциально опасных, непроходимых участков. А с помощью компаса пользователь может ориентироваться на местности в случае сбоя при определении координат.

«Компьютер подъема», использующий данные барометрического высотомера (альтиметра), аналогично путевому ком-



▲ Экран навигатора даст крайне мало информации новичку

пьютеру позволяет определить высоту над уровнем моря с точностью до трех метров, вычислить максимальную, среднюю и текущую скорость подъема/спуска в случае вертикального движения; стратифицировать показания барометра об изменении местного атмосферного давления за 12-часовой промежуток времени.

Дополнительные приложения, свойственные моделям высокого уровня (автоматический расчет маршрутов, запись текущей траектории, голосовые команды управления движением по маршруту от поворота к повороту, предупреждения о препятствиях, поиск адресов и т. д.) делают навигацию еще более простой и доступной. А такие функции как адресная книга, MP3-плеер, калькулятор, ежедневник, записная книжка, не имеющие непосредственного отношения к GPS-приемнику, превращают его в универсальное мобильное устройство.

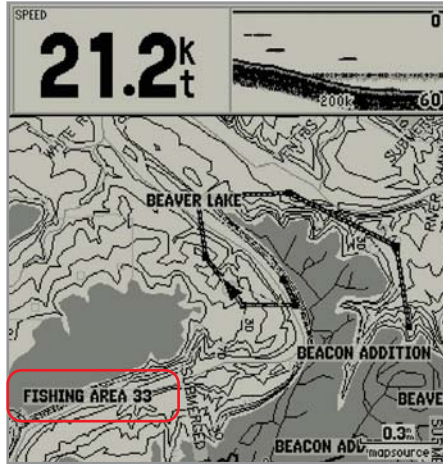
### Источники ошибок при определении координат

Разумеется, как и любая современная технология, система навигации имеет свои слабые места, которые приводят к ошибкам, зачастую вызванным не какими-либо конструктивными недостатками GPS-приемников, а объективными условиями их использования.

1. Основным фактором, влияющим на точность вычисления координат, является геометрия расположения спутников относительно приемника. Все четыре источника сигнала, находящиеся в одном глобальном направлении, дадут большую погрешность, поскольку область пересечения сфер будет похожа на отрезок



▲ Сразу видно, что этот рыболлов подходит к делу профессионально



▲ На экране GPS-навигатора указан промысловый район (fishing area)

» зок. Напротив, спутники, видимые с четырех сторон света, дадут максимально точный результат, так как область пресечения сократится до точки. Для вычисления геометрической погрешности применяется специальный коэффициент геометрического ухудшения точности PDOP (Position Dilution of Precision), обратно пропорциональный объему фигуры, образованной из единичных векторов, проведенных от приемника к спутникам. Чем выше его значение, тем вероятнее возможность ошибки.

2. В некоторых случаях сигнал со спутника, до того как достигнет приемной антенны, может отражаться от объектов, расположенных на земной поверхности

в непосредственной близости от приемника. Вследствие этих отражений пройденный путь и затраченное на него время будут больше действительного, что станет причиной неточностей. Благо, что земные расстояния несоизмеримы с космическими, и максимальная погрешность, вызванная подобным явлением, составляет не более 5 м.

3. Скорость, с которой распространяется радиосигнал со спутника, постоянно только в вакууме. При прохождении сигнала через нижние слои земной атмосферы она уменьшается, что приводит к ошибкам в измерении дальности. При попадании сигнала в тропосферу (нижний слой атмосферы) влияние на его

скорость оказывают такие метеопараметры как давление, температура, влажность и т. п. Расчет математической модели этого слоя позволяет исключить влияние тропосферных задержек на определение координат, однако ошибки измерения все же могут колебаться в пределах одного метра. Гораздо сложнее обстоят дела с ионосферой. Моделировать ионизированный атмосферный слой удастся только наполовину, при этом величина остаточной немоделируемой ионосферной задержки может вызывать погрешность определения дальности до спутника в пределах 10 м.

4. Кроме того, систематические ошибки в определении координат порядка 0,5-0,6 м допустимы при вычислении орбит спутников, а также точности хода атомных часов.

5. И наконец, ошибки могут заключаться не только в сложности всей системы, но и скрываться внутри самого приемника: способность погасить побочные шумы в электронном тракте напрямую влияет как на точность определения координат, так и на стоимость GPS-навигатора. Наличие данной погрешности в приемниках начального уровня приводит к возникновению координатной ошибки порядка 1-2 м. Дополнительным источником погрешности может быть неточность хода внутренних часов. »



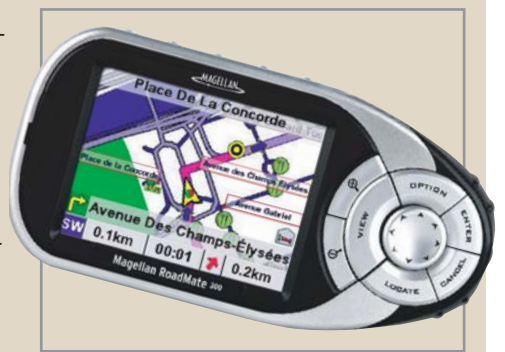
Продукция компании Thales

## Американский навигатор

На крупнейшей международной выставке информационных технологий CeBIT 2005, прошедшей в Германии в марте этого года, наше внимание привлек представленный компанией Thales GPS-приемник Magellan RoadMate 300 Vehicle GPS. Новинка заинтересовала поддержкой технологии Magellan TrueFix Technology с использованием WAAS (Wide Area Augmentation System — спутниковая широкозонная дифференциальная подсистема, повышающая точность определения координат). Система обеспечивает одновременный обмен информацией с 14 спутниками для надежного приема и обработки GPS-сигналов с точностью позиционирования до трех метров. Основными достоинствами устройства являются также использование оптимизирован-

ного алгоритма выбора кратчайшего маршрута (до четырех вариантов), мгновенной корректировки маршрута при отклонении от первоначального, системы речевого сопровождения движения на семи языках, базы данных по банкам, ресторанам, отелям, АЗС и т. п. Изображение на цветном ЖК-дисплее приемника хорошо читается при неблагоприятных условиях окружающего освещения, поддерживает трехмерную графику и оперативную смену окон с фрагментами карт по мере движения. Прикладные программы, встроенные в RoadMate 300, позволяют эффективно и просто решать обычный круг задач разработки маршрутов и оперативной навигации, выдавать различную справочную информацию для удобства передвижения.

Доступная для использования память объемом 110 Мбайт может быть расширена с помощью карт mini-SD. Приемник поставляется с кронштейном для установки в салоне авто, зарядным устройством для сети переменного тока, адаптером питания от бортовой сети и кабелем USB.



» Все вышеперечисленные ошибки неизбежно возникают при выполнении процедуры измерений, оказывая существенное влияние на координатную точность. Но именно по причине неизбежности возникновения появляется возможность предвидеть, предупреждать и компенсировать их, что в большинстве случаев происходит вполне успешно.

Грубые ошибки пользователя, сбои программного обеспечения или неполадки в работе аппаратной части GPS-приемника, ошибки сегмента управления из-за компьютерного сбоя или человеческой халатности ведут к неточности определения координат от одного метра до сотен километров. Эти ошибки возникают непредвиденно и систематизации не подлежат.

### Рыболов-любитель

Наряду с такими масштабными сферами внедрения, как профессиональная радиосвязь, системы скрытого слежения, аварийная навигация транспортных средств, поисково-спасательные работы, наблюдение за перемещениями сотрудников на крупном предприятии, регистрация и контроль данных о природных ресурсах, оцифровка городской инфраструктуры, геодезическая и археологическая направленность, точная навигация применяется в гораздо более локальных бытовых областях. Создавая систему глобального позиционирования, разработчики вряд ли могли предположить нынешние масштабы ее распространения и уж тем более не догадывались о том, насколько неожиданные способы применения она найдет в некоторых областях науки и повседневной жизни.

Наиболее интересным и нестандартным способом применения GPS, в последнее время становящимся все более популярным, можно назвать рыбалку. Множество рыбаков во всем мире уже оценили по достоинству преимущества технологии GPS. В самом деле, для того чтобы превратить рыбную ловлю в удовольствие, сократив до минимума процедуру поиска клевого места, достаточно наличия у GPS-навигатора всего одной функции — «GoTo» (выйти на точку).

Не стоит думать, что подобная роскошь применима разве что на побережье США. Мы с удивлением обнаружи-



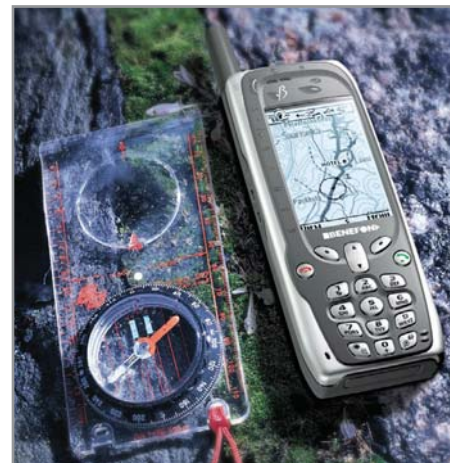
▲ Автомобильный GPS-навигатор оснащен большим цветным дисплеем

ли, что множество московских любителей рыбной ловли отправляются на выходные и в период отпусков на Рыбинское водохранилище с GPS-навигаторами. Для них эта система спутниковой навигации стала таким же привычным техническим подспорьем, как для большинства из нас сотовый телефон. Сегодня на специализированных сайтах, таких как [www.grin-shop.ru](http://www.grin-shop.ru), вы сможете найти карты 76 регионов России для популярных GPS-навигаторов Garmin и Magellan, а также карту Рыбинского водохранилища с указанием глубин.

### Собачья работа

Любители грибов и ягод фиксируют с помощью GPS-навигатора найденные грибницы и ягодные места, чтобы вернуться к ним в следующем сезоне. Каждый год сотни столичных жителей отправляются на север России собирать лесные ягоды — для многих из них такие походы давно уже стали маленьким бизнесом, приносящим немалый доход.

Не отстают и другие любители активного отдыха на природе. Специалисты финской компании Benefon придумали GPS-навигаторы для охотничьих собак. Устройство состоит из двух частей, одна из которых закреплена на собачьем ошейнике, а другая — в виде GSM-телефона с GPS-приемником — находится у хозяина, позволяя отслеживать и запоминать путь собаки. Собачий модуль обладает обратной связью, и при желании охотник звонком со своего телефона может подать питомцу голосовую команду, одновременно находясь в курсе всего, что происходит с собакой.



▲ Мобильный телефон Benefon ESC с 12-канальным GPS-приемником

Пока данная технология не получила распространения в России в силу своей дороговизны, но то же самое можно было сказать о спутниковой навигации как таковой пару лет назад.

### Мы найдем его

Проблему веса GPS-приемников удалось решить специалистам японской компании Secom, которая вот уже четыре года предлагает услуги по слежению за маленькими детьми, пожилыми и больными людьми. Миниатюрный GPS-приемник весом 48 г, разумеется, недостаточно функционален для профессионального использования, но вполне пригоден для поиска потерянного человека. Взрослый, обеспокоенный долгим отсутствием своего малыша, должен лишь сообщить об этом в компанию, которая, используя профессиональное оборудование слежения, быстро найдет пропавшего ребенка.

GPS-передатчик в этом случае представляет собой браслет в виде часов; пейджер, который крепится к одежде; или электронный микрочип, вживляемый под кожу ребенка. Подкожный микрочип может послужить отличным оружием в борьбе с киднеппингом, равно как и с похищением взрослых людей.

Сфера применения спутниковой навигации поистине огромна: некоторые из новых способов использования GPS-навигаторов (например, те же собачьи ошейники) кажутся нам сегодня несколько экстравагантными, а другие (GPS для автомобилей) уже стали привычными атрибутами повседневной жизни. ■ ■ ■ Артем Попов