

ГЛОНАСС и аппаратура потребителей: сегодня и завтра

Владимир Свириденко, вице-президент по технологиям SPIRIT Telecom

Предоставление навигационных данных и разнообразных навигационных услуг гражданскому потребителю обогащает его жизнь, облегчает решение многих жизненных вопросов, способствует развитию отдельного человека, организации и страны в целом. Именно поэтому коммерческое использование системы ГЛОНАСС — это важный технологический прорыв для России, в котором высокие технологии и инновации играют очень большую роль.

В последнее время в российских СМИ и специальных изданиях большое внимание уделяется коммерческому использованию в интересах широкого круга гражданских пользователей отечественной глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) ГЛОНАСС, которая с момента возникновения ее проекта (не одно десятилетие назад!) была ориентирована, главным образом, на военные приложения. Именно коммерческий аспект этой глобальной системы, который существенно недооценивался инициаторами и разработчиками ГНСС, позволяет позитивно рассмотреть круг вопросов, связанных с частичной или полной окупаемостью огромных финансовых затрат на ее реализацию, развертывание, поддержку и развитие, которые оказались неподъемными для России с момента ввода в эксплуатацию всей группировки спутников ГЛОНАСС к середине 90-х годов прошлого века. Пример такого прагматического подхода к собственной навигационной системе дают нам США, которые также в военных целях реализовали свою систему глобального позиционирования NAVSTAR, более известную как GPS. Но именно гражданские применения GPS способствуют ее коммерческому успеху, наращиванию ее возможностей и повышению надежности.

Любая ГНСС (ГЛОНАСС, GPS, будущая европейская Galileo) состоит из космического сегмента (24-30 навигационных спутников на средних орбитах, то есть на средних расстояниях от Земли около 20 тысяч километров), географически распределенного сегмента контроля и управления этими спутниками и, наконец, пользовательского сегмента — навигационной аппаратуры

потребителей (НАП), в быту называемых спутниковыми навигаторами или спутниковыми приемниками. Без любого из этих сегментов система — это вещь в себе. Для рядового пользователя радионавигационной системы это НАП, которая должна быть удобна, надежна, информативна и относительно дешева.

ТРЕБОВАНИЯ К НАВИГАТОРАМ И ОСНОВНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Какие требования предъявляются к навигатору как к прибору? Чтобы ответить на этот вопрос, надо понимать системные задачи и знать конкретные приложения, то есть для чего используется навигатор, и сопоставить это с достигнутым уровнем развития технологий и техники, будет ли такой прибор автономным или же он будет интегрирован в какую-то систему, в какой ценовой категории должен быть этот при-

бор, чтобы он был востребован. Это основные позиции. К системным вопросам относятся глобальность радионавигационного покрытия, обслуживание любого потребителя в зоне покрытия и в любое время, высокая точность навигационно-временных координат, надежность, целостность, готовность.

Перечислим основные приложения:

- автономный навигатор пользователя (пешеход, путешественник, турист, рыбак, охотник и т.п.), который определяет местоположение (широта, долгота, высота над уровнем моря) и позиционирует, возможно, это на цифровую карту с точностью до 10-15 м. При этом желательны минимальное потребление электроэнергии для увеличения времени автономного использования прибора без подзарядки его аккумуляторной батареи и разумные габариты и вес. Требования к дизайну при-

Российская система спутниковой навигации ГЛОНАСС, работа по поддержанию, развитию и массовому использованию которой в социально-экономических целях получила статус федеральной целевой программы, призвана обеспечить непрерывность навигационного сигнала в любой точке планеты. С ее помощью возможно высокоточное определение времени, координат и скорости движения объектов, оснащенных навигационными приемниками. 25 декабря 2007 г. Россия вывела на орбиту три навигационных спутника, доведя общее количество спутников до 16. В течение 2008 года предполагается создание полного созвездия спутников системы ГЛОНАСС.

Для обеспечения функционирования системы Правительством РФ принято Постановление №365, согласно которому все транспортные средства, вводимые в эксплуатацию, начиная с 1 января 2006 г., подлежат оснащению аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС+GPS.

Объединение двух существующих спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS позволяет существенно повысить скорость определения координат и добиться большей надежности позиционирования в условиях, когда видимость части спутников ограничена строениями (город) или рельефом местности (лесные пространства, горные массивы и пр.).

бора также могут быть специфическими;

- навигатор в автомобиле, который выводит на цифровую карту местоположение объекта с точностью до 5 м и его скорость с точностью до 0,1 м/с, но, возможно, также выдает рекомендации по оптимальному маршруту, информирует водителя автомобиля о поворотах и/или важных для него местах по маршруту движения;
- навигатор в мобильном телефоне или часах, то есть встроенный навигатор, который выдает данные о местоположении, выводит позицию пользователя на цифровую карту с приемлемой точностью (~10 м), выдает временную координату и, возможно, обеспечивает автоматическую передачу навигационных данных в службу спасения при наборе трех определенных цифр (например, 112) пользователем;
- НАП для авиации, морских и речных судов, для которых важно, помимо прочего, обеспечение навигационной поддержки при взлете и посадке (самолетов и вертолетов) или же проводки в порт судов в сложных лоцманских условиях;
- интеграция навигационного приемника с телекоммуникационным терминалом локальной или распределенной системы связи, когда местоположение объекта (терминала), оценка его скорости и время являются неотъемлемыми факторами для эффективного функционирования системы связи, хотя навигация и связь могут просто дополнять друг друга без тесной интеграции;
- использование интегрированного навигационно-телекоммуникационного решения для мониторинга и контроля грузоперевозок на море, земле или по воздуху;
- система поиска и спасения на море и суше, когда важны надежность, точность и, возможно, скрытность передачи навигационных данных и речевой информации;
- геодезические применения, когда требуется очень высокая точность до 1 см (например, при проведении кадастровой съемки, прокладке трубопроводов, предсказания землетрясений, проектирования и мониторинга инженерных сооружений и других подобных приложений);
- специальные приложения (позиции орудий, солдат и офицеров на поле боя, системы высокоточного оружия, навигация спутников,

беспилотные летательные аппараты и др.).

Разумеется, все приложения не перечислены, но, если иметь в виду широкий круг пользователей и гражданские применения НАП, целесообразно остановиться на электронных навигационных приборах для массового использования. При этом существует и важная связанная с навигацией область — геоинформатика, которая обеспечивает навигацию цифровыми картами, трехмерными моделями земной поверхности, соответствующим геоинформационным контентом. Но эти вопросы требуют самостоятельного освещения.

ТИПЫ СИГНАЛОВ ГНСС

Для обеспечения навигационными данными различных категорий пользователей в ГНСС были предусмотрены различные типы сигналов: “гражданские” на частоте L1 и “военные” на частоте L2. Одночастотные НАП (L1) позволяют обеспечить стандартную точность позиционирования (5-10 м), многочастотные — повышенную точность (1-3 м) за счет более сложной обработки сигналов и учета факторов распространения радиосигнала. Новые возможности повышения точности позиционирования в так называемом дифференциальном режиме обеспечиваются внешними спутниками, входящими в ГНСС в качестве функционального дополнения, и наземным оборудованием, составляющим основу системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ). В США и Европе такие системы на базе SBAS (WAAS, EGNOS) уже широко развернуты и успешно функционируют. Использование новых гражданских сигналов в диапазонах L2 и L3 ГЛОНАСС и L2 и L5 GPS приведет к дальнейшему повышению точности позиционирования.

НАВИГАЦИОННЫЙ ПРИЕМНИК И ЕГО СТРУКТУРА

Обратим далее внимание на основную составляющую любого навигатора — спутниковый навигационный приемник, который сам по себе является сложным аппаратно-программным комплексом.

Сигнал от видимых навигационных спутников вместе с помехами приходит на антенну и поступает от

нее на радиочастотный блок (Radio Frequency Front-End — RFFE), задача которого максимально очистить сигнал от помех и привести его к форме, удобной для сложной и высокоточной цифровой обработки. Радиочастотный блок фильтрует и усиливает входной сигнал и переводит его с высокочастотной несущей на более низкую промежуточную частоту (ПЧ), оставляя полезную модулирующую составляющую неизменной. Затем ПЧ-сигнал переводят в еще более низкочастотную область частотного спектра (baseband), в которой присутствует только полезный зашумленный сигнал, несущий навигационную и временную информацию. На выходе блока находится аналого-цифровой преобразователь (АЦП), преобразующий аналоговый сигнал в baseband полосе в цифровой вид. Для правильной работы RFFE и АЦП в структуру приемника включен синтезатор частот, основой которого является высокостабильный опорный генератор (термостабилизированный ТСХО или термостатированный ОСХО в зависимости от требований к НАП).

Задача извлечения навигационной информации возлагается на цифровой процессор. Его функции: корреляционная обработка baseband сигнала, измерение временных сдвигов принятых сигналов по отношению к опорным, интерфейс с RFFE и внешними устройствами. Именно такой подход к процессору, называемый программным (software), был развит и реализован в дизайнах профессиональных двухсистемных (ГЛОНАСС+GPS) приемников компании SPIRIT, в основе цифровой части которых использован сигнальный процессор широкого назначения. Его основное достоинство — гибкость, что весьма эффективно для специальных приложений. Такой подход был вызван тем, что до сих пор не разработана специализированная микросхема (ASIC) для приемников ГЛОНАСС или ГЛОНАСС+GPS, выполняющая функции baseband процессора. Его недостаток — избыточные вычислительные ресурсы и повышенное энергопотребление по сравнению с ASIC.

Вычислительно сложная корреляционная обработка и интерфейс с RFFE могут выполняться и специализированным процессором — “коррелятором”, часто имплементированном на ПЛИС (чип FPGA) или на ASIC. Тогда задачи поиска сигнала, слежение за ним, решение

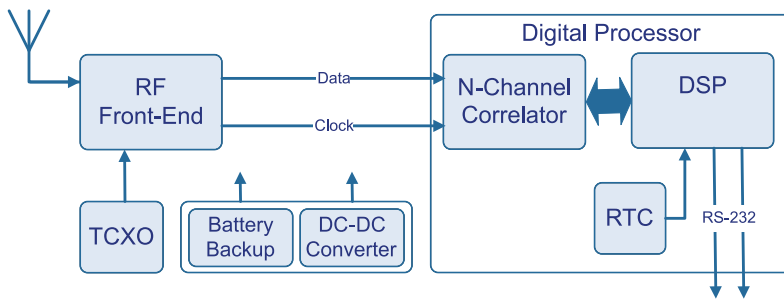


Рис. 1. Структура спутникового приемника

навигационной задачи и интерфейс с внешним миром в соответствии с протоколами обмена данными реализуются “универсальным процессором”, в роли которого может выступать сигнальный процессор (DSP), как показано на рис.1, или RISC-процессор.

Долгое время немногие реализации ГЛОНАСС и ГЛОНАСС+GPS-приемников в России и за рубежом базировались на радиочастотной части, выполненной на дискретных элементах. Уже одно это не позволяло сделать размеры приемника и его энергопотребление соизмеримыми с реализациями OEM-модулей GPS-приемников, которые базируются на одном чипе SoC (“система на кристалле”) или двух чипах (RFEE и baseband-процессор). Только за последние 1-1,5 года ситуация с микросхемами RFFE (RFIC) ГЛОНАСС и ГЛОНАСС+GPS-приемников изменилась. Помимо зарубежных, появились и отечественные реализации таких микросхем (в качестве примера можно указать двухчастотную СБИС РПУ RFIC-01 фирмы РИПВ, спроектированную NTLab по технологии BiCMOS 0,5 мкм в корпусе QFN64 9x9 мм).

ОЕМ-МОДУЛИ

В настоящее время на рынке предлагается ряд OEM-модулей ГЛОНАСС+GPS с обработкой сигнала одной частоты (L1) или двух частот (L1/L2). Они отличаются массовыми параметрами и энергопотреблением, временем холодного старта, числом корреляционных каналов и точностными характеристиками, стоимостью комплектующих и сложностью производства модулей в широком масштабах. Если отбросить немногие более дорогие двухсистемные навигационные приемники (L1/L2) зарубежного производства, то наибольший интерес представляю одночастотные (L1) OEM-модули

ГЛОНАСС+GPS. Компаний-разработчиков такого оборудования на российском рынке единицы. При этом на рынке нет предложений одно- или даже двухчипового решения, как это имеет место для GPS. Все предлагаемые к данному моменту ГЛОНАСС+GPS OEM-модули многочиповые. Большинство предлагаемых модулей включает RF-часть на дискретных компонентах, а в качестве “коррелятора” (не более 16 каналов) используются специально спроектированные микросхемы на базе ASIC.

Сейчас единственными российскими разработками двухсистемного OEM-модуля, базирующегося на RFIC, являются ГЛОНАСС+GPS приемники DuoStar (DS-1 и DS-2) компании SPIRIT, которая занимается проектированием спутниковых навигационных приемников с 1996 года, но также известна как поставщик телекоммуникационных решений и встроеного ПО.

Модуль DS-1 — трехчиповый: RFIC-01 от РИПВ-NTLab в качестве

RFFE, появившийся на рынке летом 2007 года, сигнальный процессор TI TMS320C6414 в качестве baseband процессора и FPGA чип — в качестве интерфейса между RF и цифровой частью приемника. При реализации DS-1 ставилась задача создать двухсистемный приемник на частоте L1, способный работать в профессиональных и гражданских приложениях. Впервые в практике проектирования ГЛОНАСС+GPS приемников SPIRIT отошел от реализации RFFE на дискретных элементах. Плата приемника DS-1 соответствует стандарту еврокарты. Его программное обеспечение состоит из следующих основных модулей:

- модуль быстрого поиска на базе алгоритма FFT;
- модули ГЛОНАСС и GPS корреляторов;
- универсальный модуль канала слежения (Tracking Channel) – по числу спутников (24). Данный модуль включает петли слежения (DLL, PLL 3-го порядка), декодер навигационного сообщения и др.;
- модуль расчета координат спутников и определения позиции и вектора скорости пользователя,
- модуль поддержки коммуникационных протоколов NMEA0183 v.2.3 и RTCM SC104 v.2.2.

Гибкость программного подхода для цифровой части приемника допускает возможность его реализации на широком диапазоне различных платформ. Разработанные алгорит-

SPIRIT Telecom — один из лидеров в области разработки и лицензирования высокотехнологичных программных продуктов для спутниковой навигации ГЛОНАСС и GPS, цифрового радио, передачи данных и речи в цифровой форме.

Навигационные приемники SPIRIT хорошо зарекомендовали себя в продуктах компаний Furuno, JRC, NEC, Leica в самых сложных условиях. Они могут быть использованы для позиционирования и навигации в различных приложениях, предъявляющих повышенные требования к точности определения времени, координат и скорости, таких как автомобильная, морская или авианавигация.

SPIRIT Telecom входит в группу компаний SPIRIT (www.spiritdsp.com), более 15 лет занимающуюся разработкой и лицензированием высокотехнологичных программных продуктов для конференц-связи, обработки речи, аудио и мультимедиа, поставляя их как на российский, так и на международный рынок связи. Среди клиентов SPIRIT такие лидеры мирового телекоммуникационного рынка, как Adobe, Agere, ARM, Atmel, Cisco, Flextronics, Ericsson, HP, HTC, Huawei, Importek, Korea Telecom, Kyocera, LG, MediaRing, Microsoft, NEC, Nortel Networks, Oracle, Paltalk, Polycom, Quanta, Radvision, Samsung, Siemens, Sitronics, Texas Instruments, Toshiba и более 200 других производителей телекоммуникационного оборудования и программного обеспечения, а также Министерство обороны РФ. Программное обеспечение SPIRIT используется более чем в 80 странах и обеспечивает более 100 миллионов голосовых каналов.

мы и программное решение могут стать основой специализированного чипа – baseband процессора, оптимизированного для конкретных применений.

Основные технические характеристики 24-канального приемника DS-1 таковы:

- точность позиционирования — 5 м (СКО) в автономном режиме, 1 м (СКО) — в дифференциальном режиме;
- точность измерения скорости пользователя — 0,05 м/с (СКО);
- частота навигационного решения 10Гц;
- точность временного отсчета — 30 нс (СКО);
- время поиска — 1 с;
- время горячего старта — 4 с;
- время холодного старта — 30 с;
- время восстановления навигации после кратковременного пропадания сигналов всех спутников (reacquisition) — 1 с;
- работа в условиях динамики — ускорение до 30g, скорость изменения ускорения (jerk) до 4g/c;
- поддержка SBAS (WAAS, EGNOS)
- поддержка DGPS.

OEM-модуль DS-2 сразу был ориентирован на гражданские применения, а потому основной акцент в его дизайне был сделан на малые размеры, массу и энергопотребление и относительную дешевизну по отношению к предлагаемым на рынке ГЛОНАСС+GPS-модулям. Это потребовало изменить RFIC и реализовать цифровую часть на ПЛИС от Altera (24-канальный коррелятор и интерфейс с RFFE) и DSP TMS320C55xx от Texas Instruments (поиск, слежение, решение навигационной задачи и интерфейс с внешними устройствами).

Характеристики приемника по указанным позициям таковы:

- размеры: 30 x 40 x 6 мм;
- энергопотребление: не более 400 мВт (при частоте навигационного решения 10 Гц);
- масса 10 г.

Другие технические характеристики аналогичны характеристикам модуля DS-1. Все это позволяет считать это решение двухсистемного OEM-модуля самым передовым на данный момент в своем классе.

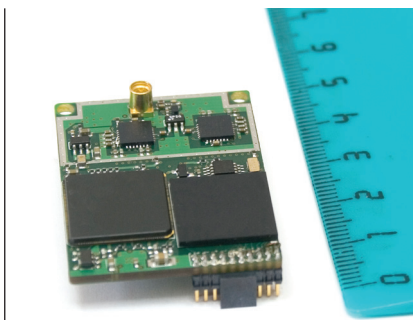


Рис. 2. ГЛОНАСС+GPS OEM-модуль DS-2

Оно может использоваться даже для ручных приборов (тем более что есть возможности снижения энергопотребления до 150 мВт при снижении частоты выдачи навигационных данных до 0,1 Гц, что достаточно для автономных применений). Если учесть, что стоимость ключевых компонентов DS-2 не превышает \$70 при массовом производстве (оценка разработчика), то перспективы практического использования этого OEM-модуля в навигаторах весьма большие.

На рис. 2 представлен OEM-модуль DS-2 со снятым экраном в RF-части.

Этот же OEM-модуль в составе отладочной платы представлен на рис. 3.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ НАП

В планах реализации НАП в ближайшие 2–3 года российские компании-разработчики ставят задачи разработки малочиповых решений и реализации однокристального ГЛОНАСС+GPS+Galileo-приемника. Это относится как к более сложному чипу RFFE (L1/L2/L3 для ГЛОНАСС и L1/L2/L5 для GPS) и более дешевому RFIC (L1) с меньшими размерами и энергопотреблением (до 70 мВт), так и baseband-процессору, способному обрабатывать сигналы трех систем. ГЛОНАСС+GPS+Galileo-приемник на базе SoC также стоит в долгосрочных планах, но в ближайшие 3 года маловероятно его появление на рынке.

Более вероятно в ближайшие 2 года появление двухчипового решения (RFIC и baseband процессор на базе уже имеющейся в России технологии производства цифровых СБИС 0,18 мкм, а в недалеком будущем 130 нм и даже 90 нм). Здесь надо принять во внимание

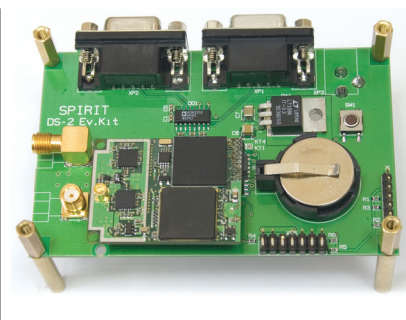


Рис. 3. OEM-модуль DS-2 в составе отладочной платы

долгий перерыв в проектировании и производстве современных микросхем в России, что вызвало сокращение конструкторских бюро в микроэлектронике и фабрик по производству СБИС, а также недостатком адекватных инженерных кадров. Последние положительные сдвиги в этих направлениях внушают определенный осторожный оптимизм, но надо осознавать высокие сложность и стоимость решения задач возрождения проектирования и производства соответствующих радиоэлектронных компонентов. Дополнительная сложность обусловлена малым числом hi-tech компаний, способных разрабатывать перспективные НАП и интегрировать их в терминалы и навигационно-связные комплексы.

Если эти планы не будут реализованы, то по мере наращивания космического сегмента ГЛОНАСС в ближайшие 2 года, введения в строй новых долгоживущих на орбите спутников (ГЛОНАСС-М, ГЛОНАСС-К), ввода в строй в широких масштабах СДКМ, совершенствования структуры и качества радиосигналов, обеспечения высокого уровня надежности ГНСС ГЛОНАСС западные компании займут соответствующие ниши.

Компания SPIRIT в своих планах предусматривает совершенствование своих дизайнов спутниковых навигационных приемников для широких приложений, включая поддержку ГНСС Galileo, обеспечение многочастотного приема, приема в условиях многолучевости, интеграции навигационного приемника с телекоммуникационными системами, разработкой многофункционального терминала на базе своих передовых решений в телекоммуникациях, спутниковой навигации и мультимедиа.