

В. А. Свириденко, SPIRIT-Telecom

Программные навигационные приёмники: первый выход на потребительский рынок

В статье освещается программный подход к разработке навигационных приёмников. Он базируется на концепции Software Defined Radio, которая становится актуальной с появлением мощных процессоров. Описывается реализация сверхчувствительного приёмника на процессоре Intel Atom, обеспечивающего навигацию даже внутри помещений. Этот подход не зависит от сложности проектирования специализированных чипов и представляет собой быстрый и недорогой путь к коммерциализации ГЛОНАСС в рамках развития многофункциональных устройств.

Тема программных спутниковых навигационных приёмников (ПНП) в концептуальном и реализационном планах для навигационных специалистов в России и мире не нова. Но практически, в конференциях и научно-инженерной литературе на русском языке, она очень мало освещена (особенно с акцентом на коммерческие приложения) [1,2]. Частично это объясняется тем, что разработчики навигационной аппаратуры пользователей (НАП) до сих пор делают акцент на аппаратный или аппаратно-программный подход к реализации навигационных приёмников в виде OEM-модулей, чипсетов или систем в корпусе, а также тем, что программные приёмники часто рассматриваются только как объект для исследований (НИР).

Появление высокопроизводительных универсальных процессоров и всё более актуальный в связи с этим подход Software Defined Radio (SDR или программное радио) сняли многие ограничения (работа не в реальном времени, высокое энергопотребление и пр.) для ПНП. Система SDR – это телекоммуникационная или радиосистема, в которой компоненты, обычно представленные в «жесткой» (hardware) форме как соединение электронных элементов, реализуются «мягким» программным (software) путём на ПК или встроенном процессоре. Система SDR бази-

руется на цифровой обработке сигнала, а потому аналоговый радиосигнал должен быть оцифрован в аналого-цифровом преобразователе (АЦП), располагаемым как можно ближе к антенне, т.е. идеально приёмник должен быть представлен в виде последовательно соединённых антенны, АЦП и процессора. В случае навигационного приёмника несущая частота радиосигнала лежит в диапазоне 1,2–1,6 ГГц, т.е. это СВЧ-сигнал. Это делает невозможным его оцифровку в современных АЦП. Поэтому частота несущей понижается до промежуточной частоты (ПЧ) в радиочастотном «фронт-энде» (RFFE) и результирующий сигнал оцифровывается в АЦП на его выходе. То есть программный навигационный приёмник на базе SDR-принципа включает антенну, RFFE и процессор. Последний реализует всю важную обработку сигнала (для ПНП – поиск сигнала, вычисление корреляции, слежение и решение навигационной задачи) в основной полосе (baseband) с выдачей на выходе полезной информации (для навигации – это PVT-данные: позиция, скорость, время).

Современные концепции построения навигационных приёмников базируются на аппаратном, программном и смешанном аппаратно-программном подходах. Первый предполагает имплементацию приёмника в виде специализи-

рованной СБИС (ASIC) или набора СБИС: чипсета, системы в корпусе (SiP), системы на кристалле (SoC). Второй – реализацию цифровой части приёмника, называемой baseband processor (BBP), в виде ПО для универсального процессора (GPP, DSP, RISC-процессора). Третий сочетает аппаратную часть (RFFE, машина поиска, корреляционный блок) и программное обеспечение для host-процессора для обработки сигнала и выдачи навигационных данных [3].

В среде отечественных специалистов, занимающихся проектированием приёмников и НАП, аппаратный подход, который в концентрированном виде представлен одним чипом-приёмником (SoC) или SiP с поддержкой ГЛОНАСС, имеет пока высокий приоритет даже для коммерческих приложений. Но издержки по проектированию современного чипсета или чипа по технологии 90 нм и ниже по стоимости, срокам, сильной зависимости от зарубежных дизайн-центров и фабрик СБИС очень велики.

Его альтернативой (но никак не противопоставлением) для широких приложений является программное решение, которое может быть реализовано в виде RFFE и BBP, т.е. полного навигационного движка (navigation engine), но при аппаратной поддержке в виде RFFE. Сам BBP может быть реализован на разных платформах. К достоинствам программного подхода относятся гибкость в BBP-части, простота портбельности на разные платформы, соответствие современному SDR-подходу, лёгкость обновления и оптимизации кода и алгоритмов, адаптивность, возможность использования разных аппаратно-программных платформ от разных поставщиков, реализация различных приложений на одном процессоре, что важно для многофункциональной аппаратуры, быстрый вывод на рынок (faster time-to-market) и др.

Подходом, сочетающим достоинства аппаратной и программной концепций, является их комбинация, где аппаратная часть (обычно это RFFE+машина поиска и коррелятор) дополняется навигационным ПО на хосте (CPU). Многие специалисты за рубежом этой концепции прочат будущее [3].

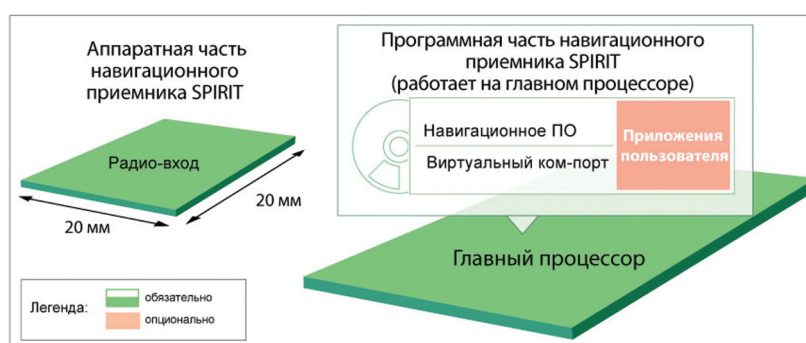


Рис. 1 Структура сверхчувствительного программного приёмника

Требования к приёмнику известны. Их можно разделить на три класса:

- требования обычного пользователя, который уже привык к гаджетам с навигационной функцией на базе GPS (малые размеры и масса, низкое энергопотребление, невысокая цена);
- требования продвинутого пользователя (добавляются высокая чувствительность, надёжность работы в сложных условиях);
- требования разработчика НАП включают (в дополнение к вышеуказанным) низкие значения времени до выдачи навигационной информации (TTFF) и высокую точность PVT-данных, работу в условиях многолучёвости, поддержку SBAS и/или GBAS, поддержку Assisted GNSS, работу в дифференциальном режиме, возможности по интеграции с другими приложениями и по модификации, малое время проектирования, хорошие климатические и вибрационные характеристики и др.

Качественное аппаратное решение удовлетворяет многим этим требованиям, однако характеризуется высокой стоимостью проектирования, большими его сроками, отсутствием гибкости в модификации решения.

Программный приёмник не имеет этих недостатков, но характеризуется пока большим энергопотреблением и допускает многочиповое решение. Тем не менее достоинств у программного решения в настоящее время и ближайшем будущем, на наш взгляд, больше, не говоря уж о существенно более быстрой и недорогой коммерциализации ГЛОНАСС для широкого круга покупателей НАП (как госструктур, так и, что важно, для массовых пользователей не только в России, но и в мире). При этом интеллектуальная собственность (IP), сосредоточенная в навигационных алгоритмах и ПО, даже при использовании зарубежных универсальных процессоров или

процессоров, спроектированных в РФ и произведённых на зарубежных фабриках, – исключительно российская, то есть зависимость от зарубежных поставщиков универсальных процессоров минимальная ввиду их многочисленности.

Одно из решений ПНП, ориентированное на широкий рынок НАП с поддержкой ГЛОНАСС, предложено компанией SPIRIT-Telecom [4,5]. Его общая структура показана на рис.1.

Оно у нас не первое и ранее ориентация была на сигнальные процессоры в качестве ВВР (в частности, на TI DSP TM-S320C64xx).

Для данного ПНП, помимо собственно реализации ПО, была спроектирована и аппаратная часть приёмника в виде RF-адаптера для ноутбуков, нетбуков и MIDов с процессором Intel Atom или его клонов (Moorestown, Medfield), названного USB-донглом. Он выполняет роль RFFE, т.е. обеспечивает перенос спектра высокочастотного сигнала в область низкой промежуточной частоты

и оцифровку отсчётов ПЧ-сигнала в аналого-цифровом преобразователе. Для ввода оцифрованных ПЧ-отсчётов в baseband-часть приёмника его аппаратная часть (в настоящее время USB-донгл) реализует также функцию интерфейса с USB-портом. SPIRIT USB-донгл представляет собой самостоятельную ценность для НИР, связанных с изучением построения трёхсистемных навигационных устройств (ГЛОНАСС, GPS и Galileo), что уже оценено за рубежом. Другим решением по реализации аппаратной части ПНП может быть её размещение на материнской плате мобильного устройства.

На рис. 2 представлен общий вид программного приёмника на базе нетбука и USB-донгла.

Основным ноу-хау этого решения является сверхчувствительность, достигающая рекордного уровня в -200 дБВт (в режиме слежения за сигналом) или (в других единицах) -170 дБм для класса коммерческих навигационных приёмников. Это позволяет осуществлять

позиционирование не только в местах, где обеспечивается прямая видимость навигационных спутников (outdoor), но даже внутри помещений (indoor), где возможно принимать только сильно ослабленные радиосигналы систем ГЛОНАСС и Navstar (GPS) или отражённые сигналы. Специфика алгоритмического обеспечения ПНП, обеспечивающая это ноу-хау, связана с когерентным накоплением для повышения чувствительности, подавлением электромагнитных помех при приёме слабых сигналов, классификацией уровня сигнала для переключения режимов indoor/outdoor.

Характеристики программного приёмника SPIRIT таковы:

- 32 канала и более;
- точность позиционирования вне помещения: 3 м (СЕР) в автономном, 1 м в дифференциальном режиме;
- чувствительность в режиме «холодного» старта -157 дБм;
- чувствительность в режиме «горячего» старта (< 1 с) и в режиме A-GPS: -164 дБм;
- чувствительность в режиме навигации: -166 дБм;
- чувствительность в режиме слежения: до -170 дБм;
- возможные режимы: ГЛОНАСС+GPS, только GPS, только ГЛОНАСС;
- интерфейс USB version 2.0;
- простое подключение к нетбукам, ноутбукам и MIDам;
- простая инсталляция ПО через USB порт;
- поддержка Internet aided A-GPS;
- возможное обеспечение приёма сигналов Galileo.

На рис.3 показаны диаграммы спутникового созвездия при нахождении приёмника (режим



Рис. 2 Общий вид приёмника на базе нетбука и USB-донгла (а) и USB-донгл (б)

GPS) в типовом помещении, когда ни один современный коммерческий GPS-приёмник (используемый как эталонный (reference) в сравнительных испытаниях) не способен принять ослабленные радиосигналы более чем от одного-двух спутников (максимум). Разным цветом отображается статус навигационных спутников, сигналы которых принимаются приёмником.

Динамика изменения мощности сигналов, участвующих в навигации, и сопровождаемых спутников, которые использует программный приёмник с повышенной чувствительностью, показана на рис. 4.

Если уровень мощности ослабленного препятствия сигнала опускается ниже определённого порога, то сопровождение соответствующего спутника становится невозможным.

Очевидно, что приём навигационных радиосигналов от спутников разных созвездий (GNSS) существенно повышает надёжность навигации в условиях сильного ослабления мощности

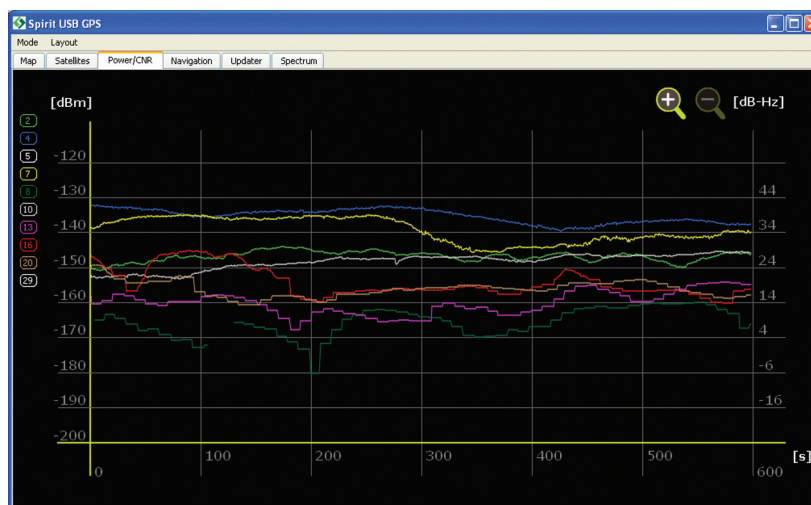


Рис. 4. Визуализация изменения мощности спутниковых сигналов внутри помещения, используемых программным приёмником с повышенной чувствительностью

принимаемых сигналов, а также точность позиционирования ввиду возможности выбора лучшей геометрии по комбинации сопровождаемых спутников. Именно поэтому многосистемность для такого приёмника – важный фактор улучшения его основных технических характеристик.

В заключение отметим, что SPIRIT-Telesom считает: по совокупности технических, маркетинговых и стоимостных показателей описанный программный приёмник предоставляет возможность реализовать *самый*

быстрый путь к коммерциализации ГЛОНАСС и не только в России, но и в мире. При этом мир получит исключительно российский продукт. Поэтому мы призываем государство и заинтересованные организации обратить на это самое пристальное внимание.

Литература:

1. Труды I, II и III Международного ГЛОНАСС/ГНСС-Форума по спутниковой навигации. – Москва, 2007, 2008, 2009 гг.
2. S.Abbasian Nik, M.G.Petovello. Implemenytation of dual-frequency GLONASS and GPS L1 C/A software receiver. – The Journal of Navigation, 63, 1010, p. 269–287.
3. F. van Diggelen. Smartphone revolution. – GPS World, Dec, 2009, p. 36– 40.
4. SPIRIT Software Navigation Receiver. - GPS World, Dec, 2009, p. 46.
5. Спутниковое позиционирование в помещениях и геоинформационный сервис. White-Paper. – http://www.spirit-telesom.ru/super_sensitive_receiver.html.

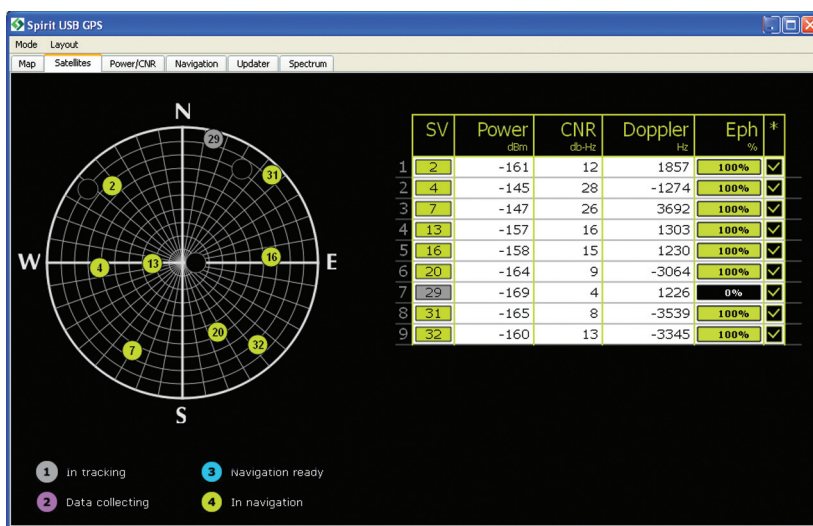


Рис. 3. Отображение спутников, сигналы которых принимаются программным приёмником