

Интеграция канала ГЛОНАСС

в GPS/GSM-устройства мониторинга транспортных средств

Законодательство РФ формально разрешает использовать в военных и государственных программах либо российские СНС (спутниковые навигационные системы) ГЛОНАСС, либо совмещенные системы ГЛОНАСС/GPS, которые способны продолжать нормальную работу в случае полного пропадания сигналов от GPS-спутников. При этом не запрещается объединять готовые ГЛОНАСС- и GPS-устройства в одну конструкцию, удовлетворяющую всем законным и подзаконным актам.

Используя методы объединения в одно целое готовых приемников ГЛОНАСС, GPS, GALILEO, можно создавать комбинированные системы, сочетающие в себе лучшие черты различных устройств. Ниже рассмотрен пример такой ГНСС, объединяющий модемы американской фирмы Enfora и ГЛОНАСС/GPS-модули производства российской фирмы «ГеоСтар навигация».

Виктор Алексеев, к. ф-м. н.
info@telemetry.spb.ru

ГЛОНАСС/GPS-модули серии «ГеоС»

В последние годы СНС ГЛОНАСС уделяется в России особое внимание [1–4]. В целях «обеспечения обороны и безопасности РФ» была создана специальная государственная программа, которая стимулировала создание российских средств спутниковой навигации [5–12]. В настоящее время в рамках этой программы в РФ налажены разработка и производство ГЛОНАСС/GPS-чипов и модулей. Обзор всех изделий, выпускаемых или разработанных российскими фирмами, не входит в задачи данной статьи. Подробную информацию по оборудованию для проекта ГЛОНАСС можно найти на сайте [13].

Наиболее широкое распространение в России получили ГЛОНАСС/GPS-модули серии «ГеоС», производства российской фирмы КБ «ГеоСтар навигация» [14]. Модули «ГеоС-3» на сегодня занимают лидирующие позиции среди аналогов российского производства по соотношению цена/качество. В настоящее время доступны модели «ГеоС-1М», «ГеоС-3», «ГеоС-3М» [15, 16]. ГНСС-приемники серии «ГеоС» позволяют получать данные о местоположении объекта, используя только сигналы ГЛОНАСС или только GPS, а также работать по совмещенному режиму ГЛОНАСС+GPS (режим работы по умолчанию).

Модули серии «ГеоС» представляют собой ГЛОНАСС/GPS-приемники параллельного типа (Hardware GNSS receiver), предназначенные для вычисления текущих координат и скорости объекта в реальном масштабе времени в автономном и дифференциальном режимах. Эти модули дают возможность также работать

с сигналами спутниковой системы дифференциальной коррекции (SBAS).

Модуль «ГеоС-3» поддерживает работу в дифференциальном режиме (RTCM SC104 v2.3), который позволяет корректировать ошибки распространения сигналов спутников в атмосфере и тем самым повысить точность определения координат. Принцип действия приемника основан на параллельном приеме и обработке измерительными каналами сигналов СНС ГЛОНАСС в частотном диапазоне L1 (ПТ-код) и GPS/SBAS на частоте L1 (C/A код). Модули «ГеоС-1М» и «ГеоС-3» имеют соответственно 24 и 32 измерительных канала.

В модулях серии «ГеоС» реализованы функции формирования секундной метки времени и обмена с внешним оборудованием по двум независимым последовательным портам UART (логические уровни определяются напряжением питания VDD-IO). Сравнительные характеристики модулей «ГеоС-1М» и «ГеоС-3» показаны в таблице 1.

Модули серии «ГеоС» отличаются от других устройств этого класса следующими основными функциями:

- одновременная обработка всех видимых космических аппаратов GPS и ГЛОНАСС;
- поддержка SBAS;
- автономный и дифференциальный режимы;
- чувствительность по слежению до -160 дБм/Вт;
- потребляемая мощность при обнаружении не более 106 мВт;
- расширенный диапазон напряжения питания модуля 1,7–3,6 В;

Таблица 1. Сравнительные характеристики модулей GeoC-1M и GeoC-3

Параметры	GeoC-1M	GeoC-3
Каналы	24	32
Время первого определения, с (холодный/теплый/горячий старт)	36/32/4	28/25/2
Энергопотребление, мВ	350	85
Режим энергосбережения, мВ	—	19
Размеры, мм	47×35	22×17
Чувствительность (обнаружение/слежение), дБм/В	-141/-151	-143/-160

- встроенная схема питания активной антенны с монитором состояния антенны и защитой от короткого замыкания;
- расширенный диапазон напряжения питания антенны 1,8–3,6 В;
- встроенная flash-память для хранения альманахов и настроек приемника;
- два режима энергосбережения — RELAXED FIX и FIX-BY-REQUEST.

Модели серии «GeoC» в настоящее время выпускаются в двух модификациях:

- «GeoC-3» — SMD-модуль (поверхностный монтаж, пайка), 2xRS232, размеры 22,1×15,9×2,8 мм (рис. 1);
- «GeoC-3M» — SMD-модуль (поверхностный монтаж, пайка), 2xRS232, размеры 14,3×13,7×2,6 мм, аналоговая часть, цифровая часть, flash-память и ПАВ-фильтр объединены в одном корпусе (СвК GS3) (рис. 2).

Структурная схема модуля «GeoC-3» показана на рис. 3 [15].

Модули серии «GeoC» относятся к классу аппаратных приемников параллельного типа, в которых сигналы от спутников различных СНС обрабатываются независимо, отдельными блоками. Аналоговый сигнал от спутника, принятый входной антенной, поступает на блок приема RF front-end, в котором происходит усиление и первичная обработка аналогового сигнала. Далее сигнал передается на АЦП, где преобразуется в цифровую форму. После этого сигнал поступает в цифровой блок модуля,

включающий в себя аппаратный коррелятор и мощный процессор, который координирует работу составляющих ГНСС с внешними устройствами и между собой.

Модуль может работать как с пассивными, так и с активными совмещенными ГЛОНАСС/GPS-антеннами. Цепь питания антенны модуля имеет встроенный монитор, который отслеживает состояние антенны и выдает его в бинарном сообщении «0x21» или NMEA-сообщении \$GPSGG,RQUERY. На рис. 3 показаны два параллельных канала обработки сигналов спутников: GPS и ГЛОНАСС. Структурно оба канала аналогичны. Однако блоки обработки, фильтры и АЦП у этих двух каналов разные.

Модуль «GeoC-3» имеет ОЗУ и flash-память, которые позволяют хранить мгновенные данные, полученные со спутников, и в дальнейшем обрабатывать их повторно с учетом корректирующих сигналов вспомогательных датчиков и системы SBAS. В ОЗУ сохраняются эфемериды и другие данные, необходимые для реализации теплового/горячего старта. Часы реального времени (RTC) и ОЗУ цифровой части продолжают функционировать при выключении основного напряжения питания. Во flash-памяти хранится программный код, настройки и конфигурация модуля, альманахи КНС и другие важные данные. «GeoC-3» имеет два напряжения питания: VDD — 1,8 В и VDD_IO — 1,7–3,6 В.



Рис. 1. Внешний вид модуля «GeoC-3»



Рис. 2. Внешний вид модуля «GeoC-3M»

В модулях серии «GeoC-3» имеется функция самотестирования, позволяющая каждую секунду проводить контроль работоспособности следующих узлов: антенна, PPL (аналоговая часть), усиление сигналов ГЛОНАСС и GPS, RTC, резервное ОЗУ.

Приемники «GeoC» имеют два независимых последовательных порта, которые используются для организации обмена с внешними устройствами. Оба порта программируются индивидуально (скорость приема/передачи, количество стоповых бит, бит четности, бит нечетности, всегда «0», всегда «1»). Настройка портов производится через бинарное сообщение «0x41» или через NMEA-сообщения

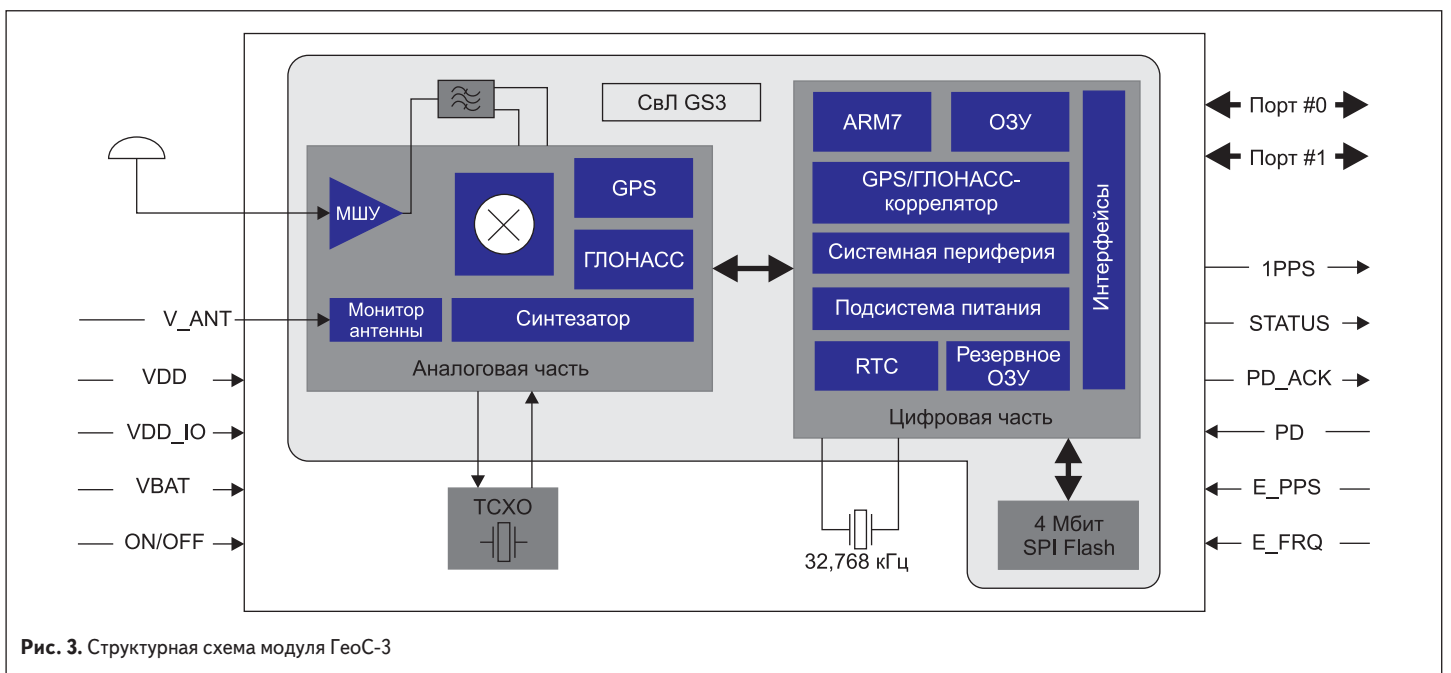


Рис. 3. Структурная схема модуля GeoC-3

Таблица 2. Распределение протоколов обмена по портам «ГеоС-3»

Номер	Порт 0	Порт 1
1	Бинарный	NMEA
2	NMEA	Бинарный
3	NMEA	NMEA
4	Бинарный	RTCM
5	NMEA	RTCM

\$GPSGG,BDR и \$GPSGG,STOP. Темп выдачи выходных данных может быть установлен равным 1, 2, 5 или 10 Гц.

В дифференциальном режиме в приемник поступают дифференциальные поправки в соответствии со стандартом RTCM SC104 v2.3 — сообщения 1, 3, 31. Дифференциальные поправки принимаются по порту 1. Соответствие номера порта и типа информационного протокола устанавливается бинарным сообщением «0x50».

В модулях «ГеоС» поддерживаются два информационных протокола — бинарный и NMEA. Данные в обоих протоколах выдаются приемником одновременно, каждый по своему порту. По умолчанию, в порт 0 выдаются данные бинарного протокола, а в порт 1 — NMEA. При этом протоколы не привязаны жестко к портам и их можно менять. Для переключения в NMEA-протокол из бинарного используется пакет «0x46». Для переключения в бинарный протокол из NMEA используется сообщение SWPROT. Возможны пять комбинаций распределения информационных протоколов по портам 0 и 1 (таблица 2).

Бинарный протокол содержит детальный набор выходных данных, включая «сырую» измерительную информацию, альманахи и эфемериды. Этот протокол используется для программирования режимов работы модуля и его портов. Кроме того, через него производится формирование установок, запросов на выдачу данных, команд управления, а также обновление встроенного ПО приемника. Протокол включает в себя как входные, так и выходные сообщения. Подробно бинарный протокол модуля «ГеоС-3» описан в [15].

NMEA-протокол модуля поддерживает следующие стандартные сообщения [17]:

- GGA — данные местоположения;
- GLL — географические координаты широта/долгота;
- GNS — данные местоположения GNSS;
- GSA — геометрический фактор ухудшения точности и активные спутники;
- GSV — видимые спутники;
- RMC — минимальный рекомендованный набор данных;
- VTG — скорость и курс относительно Земли;
- ZDA — время и дата.

Стандартные сообщения NMEA формируются по умолчанию в соответствии с версией NMEA 0183 v2.x. При этом в сообщении преамбула только «GP». Сообщение GNS не формируется.

Кроме того, в модулях предусмотрена выдача сообщений в стандарте NMEA 0183 v3.x. В данном варианте в сообщении указываются преамбулы «GP», «GN», «GL» в зависимости



Рис. 4. Структура сообщений «GSV — видимые спутники»

от типа используемой спутниковой системы. Кроме того, формируется GNS-сообщение. Если приемник работает в совмещенном режиме (GPS+ГЛОНАСС), то преамбула «GN» добавляется к сообщениям GGA, GNS, GSA, GLL, RMC, VTG, ZDA. При этом формируются две строки GSA отдельно для ГЛОНАСС и GPS.

Если приемник работает в режиме только GPS, то преамбула «GP» добавляется к сообщениям GGA, GNS, GSA, GLL, RMC, VTG, ZDA. Если приемник работает в режиме только ГЛОНАСС, то преамбула «GL» добавляется к сообщениям GGA, GNS, GSA, GLL, RMC, VTG, ZDA. Сообщение GSV всегда делится на две части. Первыми передаются данные по спутникам GPS с преамбулой «GP», потом по спутникам ГЛОНАСС с преамбулой «GL».

На рис. 4 показана структура сообщений «GSV — видимые спутники». Этот вид сообщения по умолчанию включен в заводских настройках модулей «ГеоС».

В одном GSV-сообщении передается информация не более чем для четырех спутников. При этом в каждом из кадров передается ID-номер спутника, угол места, азимут и SNR. Информация о других спутниках передается в другом сообщении. Количество сообщений и номер каждого из них содержится в первых двух полях.

Следует обратить внимание на тот факт, что третий параметр в сообщении GSV «Общее количество видимых спутников» означает только то, что в данный момент времени приемник может наблюдать именно такое количество спутников. Однако этот параметр не определяет количество спутников, данные которых учитываются при расчете координат. Может случиться такая ситуация, что половина из всех видимых спутников будет находиться в «неудобной» геометрии, и сигналы от них будут слабые или искаженные.

Параметр, определяющий количество спутников, по которым ведется расчет геодезических данных, называется «Количество спутников в решении». Этот параметр выводится в сообщении «GSA — геометрический фактор ухудшения точности и активные спутники». Он определяется исходя из геометрии расположения видимых спутников и качества их сигналов. Именно по этим критериям определяются спутники, которые будут участвовать в решении. Формат сообщения GSA показан на рис. 5.

Ручное управление (M) используется, когда пользователь задает приемнику 2D-режим (двумерной навигации) или 3D- (трехмерной навигации). В автоматическом режиме (A) приемник сам переключает режимы работы 2D/3D.

Для спутников GPS используются номера с 1 по 32. Для WAAS используются номера с 33 по 64. Номера 65–96 зарезервированы для спутников ГЛОНАСС. Согласно стандарту NMEA v2.x, сообщение GSA может выдавать до 12 спутников в решении включительно. Если количество спутников больше 12, то часть из них не будет отображена в этом сообщении. В случае, когда ГЛОНАСС и GPS используются совместно, передаются два отдельных сообщения, одно по спутникам GPS, другое по ГЛОНАСС. При использовании NMEA v3.x количество спутников в сообщении не ограничивается.

В модуле «ГеоС-3» поддерживаются также и нестандартные сообщения NMEA, с помощью которых можно изменять формат сообщений и программировать порты, такие, например, как: SWPROT (переключение в бинарный протокол); SAVEFL (сохранение альманахов во flash); CSTART (холодный старт); WSTART (теплый старт) и др. Функция самотестирования позволяет каждую секунду проводить контроль

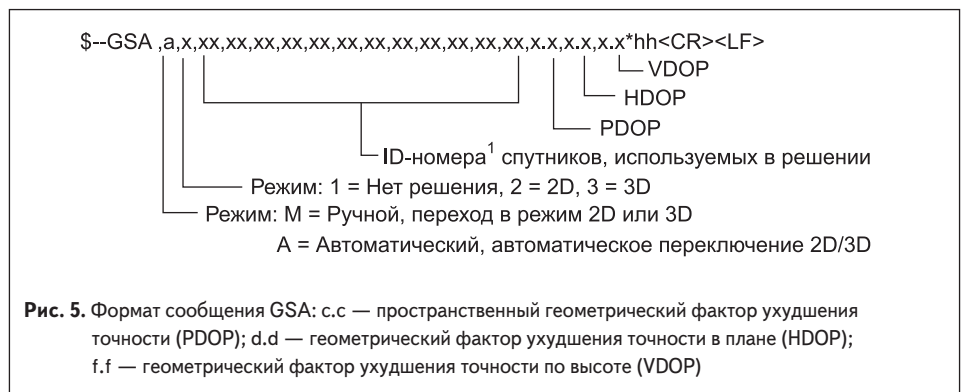


Рис. 5. Формат сообщения GSA: с.с — пространственный геометрический фактор ухудшения точности (PDOP); d.d — геометрический фактор ухудшения точности в плане (HDOP); f.f — геометрический фактор ухудшения точности по высоте (VDOP)

работоспособности PPL (аналоговой части), антенны, усиления сигналов ГЛОНАСС и GPS, RTC, резервного ОЗУ.

С целью энергосбережения модуль «ГеоС-3» может работать в следующих режимах ограниченной функциональности:

- «Выключен» — приемник обесточен. Целевая функция получения навигационных данных (ЦФПНД) не выполняется. Ток по цепи VDD — 200 мкА.
- «Резерв» — приемник обесточен. ЦФПНД не выполняется. Ток по цепи VBAT 8 мкА.
- «Обнулен» — питание подано. ЦФПНД не выполняется. Ток по цепи VDD 19 мА.
- «Активен» — питание подано. ЦФПНД выполняется. Ток по цепи VDD 59 мА.
- «Сон» — питание подано. ЦФПНД не выполняется. Ток по цепи VDD 5,5 мА.

Подробное описание работы модулей «ГеоС-3» в режиме энергосбережения приведено в [15].

Для запуска модуля «ГеоС» в работу в минимальной конфигурации достаточно подключить питание и антенну. При этом на выходы TX0, TX1 будут поступать навигационные данные, полученные приемником в бинарном и NMEA-протоколах (уровни сигналов TTL).

Следует подчеркнуть, что модули «ГеоС-3», кроме обязательной сертификации, имеют также сертификат ВНИИФТРИ, который удостоверяет, что модули семейства «ГеоС-3» прошли все необходимые метрологические испытания и внесены в реестр средств измерения.

Программируемые модемы Enfora с поддержкой функции PAD

Один из крупнейших производителей телекоммуникационного оборудования американская фирма Novatel Wireless несколько лет назад купила фирму Enfora. Сам брэнд был сохранен и остался в названиях продукции. Основное отличие модемов Enfora — наличие программируемых пользовательских вводов/выводов и универсального программного обеспечения [19].

Одна из наиболее значимых функций продукции Enfora получила название «Сборка/разборка пакетов» (Packet Assembler/Disassembler, PAD). Эта функция позволяет конвертировать, упаковывать и передавать в Интернет без специального дополнительного протокола данные, поступающие от внешнего устройства, которое подключено к модему Enfora по COM-порту [20–24]. Поэтому при использовании PAD можно передавать данные через сеть GSM/GPRS от устройства, находящегося «за модемом». Впервые в таком виде этот способ передачи данных был реализован именно в GSM/GPRS-модемах Enfora.

Другой исключительно полезный программный продукт называется Event Processing («Обработка событий»). Модем может быть запрограммирован таким образом, чтобы внешние события отслеживались модулем и вызывали бы определенного рода ответные действия на его вводах/выводах [25–29].

Наличие управляемых с помощью Event Processing пользовательских вводов/выводов, а также функции PAD позволяет передавать



Рис. 6. Внешний вид модема Enfora SA-G

на центральный сервер любую информацию, поступающую от внешнего устройства, подключенного к модему через COM-порт, в том числе и данные от приемников ГЛОНАСС.

В настоящий момент для передачи данных от внешних приемников ГЛОНАСС на центральный сервер можно использовать следующие модели Enfora: [30–33]:

- Enfora SA-G+ — внешний GSM/GPRS-модем; 850/900/1800/1900 МГц; RS-232; два программируемых ввода/вывода; один вывод общего назначения; разъем SMA для подключения антенны. Предназначен для промышленных и М2М-приложений. Сессия TCP/UDP и PPP-соединение поддерживаются непрерывно в течение всего времени выполнения других функций. Внешний вид модема Enfora SA-G+ показан на рис. 6.
- Enfora MT-Gu — комбинированное устройство, содержащее GPS-приемник и GSM/GPRS-модем; 850/900/1800/1900 МГц; COM-порт (Tx, Rx); два программируемых ввода/вывода; один вывод общего назначения; встроенные акселерометры; разъемы FAKRA для подключения внешних антенн.
- Enfora MT4000 — комбинированное устройство, содержащее GPS-приемник и GSM/GPRS-модем; 850/900/1800/1900 МГц; четырехпроводной RS232; три цифровых вывода; однопроводной интерфейс (1-Wire interface); аналоговые входы 0–16 и 0–32 В, три цифровых ввода; аудио (Микрофон+, Микрофон-, Динамик+, Динамик-); встроенные антенны GSM (850/1900/900/1800 МГц) и GPS (центральная частота 1575,42 МГц).

Подробное описание этих модемов на русском языке можно найти на сайте [34].

В совмещенных модемах в дополнение к блоку GSM/GPRS имеется встроенный GPS-модуль, изготовленный на базе нового модуля Enfora GPS0403. В стандартном рабочем режиме модем постоянно получает данные со спутников GPS и передает навигационную информацию на центральный сервер по каналу GSM/GPRS.

Для работы с GPS-сообщениями используются протоколы обмена NMEA, TAIP, Enfora binary. С центральным сервером модем обменивается NMEA-сообщениями в формате GGA, GLL, GSV, GSA, RMC, VTG. Имеется функция хранения GPS-сообщений в энергонезависимой памяти модуля. В режиме GPS также поддерживаются такие функции, как виртуальный одометр, фиксируемые геозоны и форматирование буферизованных сообщений.

На интерфейсный разъем Molex выведены контакты для подключения питания от ключа зажигания и от аккумулятора, сигналы последовательного порта (Rx, Tx, Gnd), а также пользовательские вводы/выводы. В модели MT4000 имеются дополнительные пользовательские входы/выводы, а также 1-Wire interface. Встроенный трехкоординатный цифровой акселерометр фиксирует любые пространственные перемещения модема.

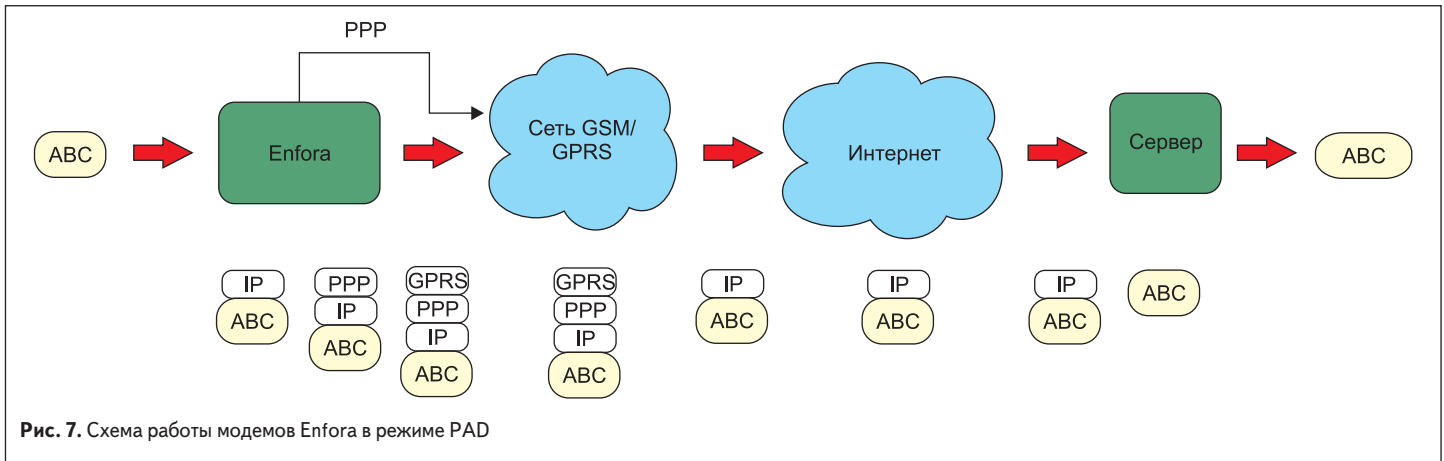
Например, в случае буксировки автомобиля с отключенным двигателем модем сразу передаст на центральный пульт сигнал тревоги и будет показывать траекторию перемещения автомобиля на штрафную стоянку. Поскольку акселерометр фиксирует любые перемещения, то тревожное сообщение будет передано на центральный сервер даже в случае незначительной аварии (резкое торможение или ускорение, лобовой, боковой, задний удары).

В том случае, когда полностью недоступен GPRS-режим и пропадает GSM-соединение, модем накапливает в энергонезависимой памяти информацию, получаемую со спутников GPS и от системы телеметрических датчиков. При этом модем в автоматическом режиме постоянно пытается восстановить GSM/GPRS-соединение. Как только такое соединение будет восстановлено, модем отправит накопленную информацию на центральный сервер. Кроме работы в автоматическом режиме, предусмотрено и ручное управление. Оператор с центрального диспетчерского пульта может запрашивать дополнительные данные, а также перепрограммировать модем, используя Интернет и короткие сообщения SMS.

Для облегчения процесса программирования модемов серии Spider MT фирма Enfora разработала прикладную программу ScriptGen [28]. Эта программа позволяет обрабатывать группы различных событий и записывать их в память базового модуля в виде последовательности AT-команд. Использование ScriptGen значительно облегчает и автоматизирует процесс конфигурирования сложных последовательностей событий. Все отмеченные выше модели поддерживают PAD и имеют последовательный порт.

Схема работы модемов Enfora в режиме PAD показана на рис. 7.

При передаче данных в режиме PAD упаковку данных в IP-GPRS производит непосредственно сам модем. В модем через внешний интерфейс поступают некоторые данные (текст «ABC»). Так, например, в простейшем случае в качестве внешнего устройства может быть использован обычный ПК. В этом примере данные (текст «ABC»), набранные в программе HyperTerminal, поступают через последовательный порт на модем Enfora. Модем сам упаковывает данные сначала в IP-протокол, затем в PPP-протокол. Упакованные данные модем передает через GPRS/GSM-соединение в сеть оператора сотовой связи. При этом не требуется специальный протокол обмена, который обычно необходим внешнему устройству для выхода в Интернет. В данном случае PPP-соединение с сетью оператора устанавливает сам модем. Далее данные поступают через сеть оператор-



ра в Интернет. Особенностью режима PAD является то, что в сети Интернет передается и доходит до сервера только сам IP-пакет. Непосредственно данные (в приведенном примере это текст «ABC») находятся внутри этого пакета. При этом режим PAD позволяет модему обработать данные в соответствии со стандартными протоколами Интернета и передать их с обычного последовательного интерфейса.

Важным является тот факт, что в режиме PAD адрес, выдаваемый модему сетью оператора сотовой связи, является промежуточным в том случае, когда используется обычная SIM-карта с динамическим IP-адресом. Однако следует понимать, что это не тот адрес, с которым потом пакеты, посылаемые модемом, попадают в Интернет. В данном случае оператор использует так называемую трансляцию адресов (NAT). Поэтому необходимо учитывать перекодировку при извлечении данных, посланных модемом в режиме PAD.

Во всех моделях поддерживается функция FOTA (Firmware Over The Air) — обновление базового программного обеспечения через Интернет [36]. Эта опция используется в тех случаях, когда модемы размещены на удаленных объектах и физический доступ к ним затруднен.

В серии MT-Gu поддерживается режим GFMI (Garmin Fleet Management Interface) [37–40]. Объединение в одном устройстве автомобильного GPS-навигатора Garmin и GPS/GSM/GPRS-трекеров Enfora Spider MT позволяет создать замкнутую систему слежения за транспортными средствами с обратной связью через центральный диспетчерский сервер. С помощью GFMI диспетчер транспортной компании может отслеживать транспортное средство в реальном масштабе времени и корректировать режим его работы. С другой стороны, водитель может связываться с диспетчером и запрашивать у него необходимую информацию.

Реализация в GPS/GSM-системах слежения двусторонней связи между диспетчерским пунктом и водителем позволяет значительно улучшить систему безопасности транспортных средств. В случае, когда по каким-либо причинам на экране диспетчера пропадают GPS-данные от конкретного автомобиля, на этот автомобиль немедленно посылаются тестовый

запрос, который высвечивается на экране навигатора Garmin.

Если ответа нет, диспетчер может дистанционно заблокировать зажигание, открывание дверей и направить тревожное сообщение в службу спасения. Кроме того, в модемах MT предусмотрена функция «тревожной кнопки». Поэтому водитель в критических ситуациях может сам отправить аварийное сообщение диспетчеру.

Работа модемов Enfora с ГЛОНАСС-модулями «ГеоС»

Наиболее просто совместная работа продукции Enfora и ГЛОНАСС-модулей реализуется в случае использования GSM/GPRS-модема SA+ (GSM1318) и ГЛОНАСС-приставки «ГалилеоСкай». Основные функции и параметры программируемого RS232-GSM/GPRS-шлюза Enfora GSM1318 подробно рассмотрены в [30]. Внешний вид этого устройства показан на рис. 6.

Кроме этого модема для передачи данных также можно использовать и модемы серии MT, в которых уже есть GPS-канал. Функции и параметры модемов серии SA+ и MT были упомянуты выше. Подробную информацию можно найти на сайте [30]. Более детальная техническая информация на английском языке размещена на сайте [18].

Приставка «ГалилеоСкай» (рис. 8) производства фирмы ООО «НПО ГалилеоСкай» представляет собой полностью готовый к работе ГЛОНАСС/GPS-приемник, изготовленный на базе модуля «ГеоС-1BD» (КБ «ГеоСтар навигация»). Приемник размещен в металлическом корпусе, на котором имеется разъем для подключения антенны, интерфейсный разъем



и индикаторные светодиоды. На интерфейсном разъеме выведены контакты для подачи напряжения питания, контакт внешнего перезапуска модуля RESET и контакты последовательного порта RX1, TX1.

Последовательный интерфейс модуля RX0, TX0 с бинарным протоколом не подключен. Сигналы двухпроводного последовательного интерфейса поступают на внешний разъем от последовательного порта 1 модуля «ГеоС-1» через схему преобразования уровней ADM3202 (уровни сигнала +6 и –6 В). Таким образом достигается полная совместимость с любыми внешними устройствами со стандартными интерфейсами RS232. Поэтому входы/выходы последовательного интерфейса модемов GSM1318 и «ГалилеоСкай» можно подсоединять напрямую к линиям интерфейсов Tx, Rx без использования дополнительных внешних устройств.

В модуле «ГеоС-1» сохранены заводские настройки, поэтому на вход RS-232 модема GSM1318 поступают данные в формате NMEA 0183.

Модем GSM1318 программируется для работы в режиме PAD с помощью AT-команд, приведенных в таблице 3 [20–25, 43].

Данные в формате NMEA, полученные приемником «ГалилеоСкай», пересылаются на тестовый сервер Enfora с помощью модема SA+. Подробно инструкция для связи с тестовым сервером приведена в [42–44]. На рис. 9 показаны фрагменты NMEA-сообщения от ГЛОНАСС-приставки «ГалилеоСкай», принятые на тестовом сервере Enfora.

Рис. 9 представляет собой отредактированный вариант «принтскрина» активного окна экрана сервера Enfora, на котором отображаются текущие NMEA-сообщения в реальном масштабе времени. Базовый модуль приставки «ГалилеоСкай» по умолчанию работает с заводскими настройками в совмещенном режиме GPS+ГЛОНАСС (GN). Измерения проводились в Торонто (Канада).

Сообщение, поступающее на тестовый сервер, состоит из двух частей. Сначала идут следующие служебные сообщения Enfora: «Дата — Oct 16, 2013» и «Время — 10:20 AM». Далее показан номер сообщения: «<0><1><1>».

После чего следует стандартное навигационное сообщение формата NMEA-0183, v3, посылаемое модемом «ГалилеоСкай». Как видно

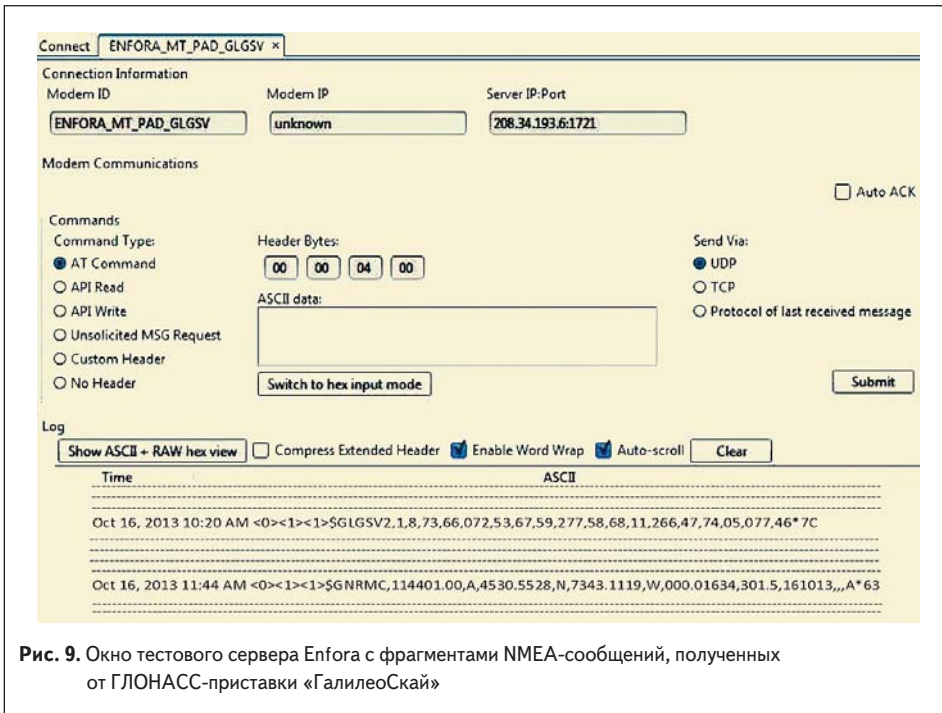


Рис. 9. Окно тестового сервера Enfora с фрагментами NMEA-сообщений, полученных от ГЛОНАСС-приставки «ГалилеоСкай»

из сообщения GLGSV, в указанной точке в это время суток модуль «ГеоС-1» видит восемь спутников ГЛОНАСС с номерами 73, 67, 68, 74 и др. Далее, в первой строке GSV-сообщения приводятся параметры наблюдаемых спутников. Например, для спутника с номером 73, принадлежащего группировке ГЛОНАСС, угол места равен 66°, истинный азимут — 72°, отношение сигнал/шум — 53 дБ. В сообщении GPRMC показано:

- время фиксации местоположения (UTC): 11 ч 44 мин. 01 с;
- состояние спутника — A = действительный;

- географическая широта местоположения 45°30'55.28" северной широты;
- географическая долгота местоположения 73°43'11.19" западной долготы;
- скорость над поверхностью в узлах 000,0;
- истинное направление движения в градусах 301,5;
- дата: 16.10.2013.

Кроме экспериментов с модулем «ГеоС-1», проведенных в Канаде, также были опробованы модули «ГеоС-3». Возможность применения модемов Enfora совместно с модулями «ГеоС-3» тестировалась с использованием модема SA+ и отладочного комплекта производства

КБ «ГеоСтар навигация». Отладочная плата является полностью законченным устройством, не требующим дополнения никакими внешними комплектующими. Для запуска в работу достаточно подключить антенну и подать питание. Внешний вид платы показан на рис. 10. Подробное описание этого комплекта приведено в [45].

Информационные сообщения модуля снимались непосредственно с его портов Tx0, Tx1 через соответствующие контактные площадки отладочной платы. Для согласования уровней интерфейсов модуля «ГеоС-3» и модема Enfora SA+ была использована микросхема MAX232, преобразующая сигналы последовательного порта модуля «ГеоС-3» с TTL-уровнями в сигналы с уровнями стандартного порта RS-232. Для выбора параметров и режимов работы модуля использовалась программа GeoSDemo3, v3.02 [46].

Программа позволяет:

- устанавливать связь с приемником по последовательным портам автоматически или вручную;
- отображать выходную навигационную информацию приемника, в том числе и в графическом виде, включая положение приемника на карте Google Maps;
- отображать состояние аппаратной телеметрии и текущий режим работы приемника;
- формировать и посылать в приемник команды, запросы и установки;
- отображать ответы приемника на команды, запросы и установки;
- осуществлять запись выходной информации в лог-файлы;
- производить чтение записанных ранее лог-файлов;
- формировать и записывать протокол работы приемника;
- производить обновление программного обеспечения приемника.

Программа имеет несколько служебных окон, используемых для выбора параметров работы с модулем. Так, например, раздел «Карта» отображает положение модуля на географической карте в реальном масштабе времени. Если компьютер подключен к Интернету, то координаты модуля будут выводиться на Google Maps (рис. 11).

Программа предоставляет пользователям возможность менять основные параметры модуля. В окне «Установка режима работы приемника» можно указать тип используемой в решении навигационной задачи спутниковой системы: GPS,



Рис. 10. Отладочная плата «ГеоС-3»

Таблица 3. Конфигурирование модема Enfora SA+ для работы в режиме PAD

AT-команда	Описание команды
ATD*99#	Открытие сессии UDP PAD.
AT\$HOSTIF=1	Параметр 1 означает режим работы в UDP PAD.
AT\$PADST="41.86.224.xxx",6501	Назначенный IP-адрес и номер порта сервера.
AT\$PADSRC=6502	Порт модема.
AT\$PADCMD=1B	Настройка параметров режима PAD. По умолчанию, заводские настройки используют параметр 1B, означающий, что все опции включены.
AT\$PADTO=50	Время ожидания перед отправкой данных из буфера в режиме PAD. Параметр 50 соответствует 5 с.
AT\$PADFWD=0d	Гексагональный символ, при получении которого модем сразу передает данные из буфера в режиме PAD.
AT\$PADBLK=100	Объем данных в буфере в байтах, при превышении которого сразу начнется передача в режиме PAD.
AT+IPR=115200	Скорость порта.
AT+IFC=0,0	Контроль потока.
ATD*99#	Открытие сессии TCP PAD.
AT\$HOSTIF=2	Параметр 2 означает режим работы TCP PAD.
AT\$ACTIVE=1	Параметр 1 означает TCP-клиент. Параметр 2 означает TCP-сервер.
AT\$CONNT0=60	Время ожидания соединения TCP.
AT\$IDLETO=60	Время ожидания в режиме TCP idle.
AT\$PADST="41.86.224.xxx",6501	Назначенный IP-адрес и номер порта сервера.
AT\$PADSRC=6502	Порт модема.
AT\$PADCMD=1B	Настройка параметров режима PAD. Все опции включены.
AT\$PADTO=50	Время ожидания перед отправкой данных из буфера в режиме PAD.
AT\$PADFWD=0d	Символ, запускающий передачу данных.
AT\$PADBLK=100	Предельный объем данных в буфере.
AT+IPR=115200	Скорость порта.
AT+IFC=0,0	Контроль потока.
(+++)	Отключение режима PAD.

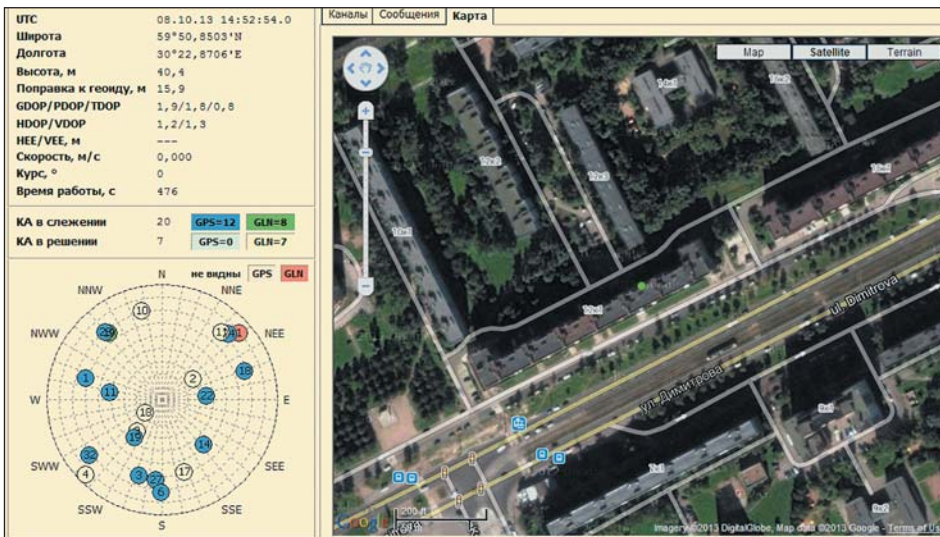


Рис. 11. Главное окно программы GeoSDemo3, v3.02

ГЛОНАСС, GPS+ГЛОНАСС. Также в этом окне задается режим работы с фиксацией координат.

Раздел «Установка параметров для решения навигационной задачи» позволяет дополнительно редактировать такие параметры, как: «Маски по GDOP, углу места, уровню сигнала», «Порог

статической навигации», «Время экстраполяции», «Профиль динамики пользователя», «Включение фильтрации», «Выбор режимов 2D/3D». Кроме того, в пункте меню «Включить/исключить КА из решения навигационной задачи» можно выбрать любой спутник ГЛОНАСС или GPS.

В проведенных тестах совместной работы модуля «ГеоС-3» с продукцией Enfora модем SA+ был настроен на работу в режиме PAD в соответствии с набором команд, которые приведены в таблице 3. Данные, полученные модулем «ГеоС-3», передавались по GSM/GPRS-каналу на тестовый сервер Enfora. В таблице 4 показаны полученные примеры сообщений NMEA 0183 v3.x для различных временных отрезков и различных режимов непрерывной работы модуля «ГеоС-3» («GP» — GPS; «GL» — ГЛОНАСС; «GN» — ГЛОНАСС+GPS).

Отладочная плата «ГеоС-3» неподвижно находилась в одной точке с известными координатами: 59°50'84" северной широты, 30°22'90" восточной долготы. Приведенные в сообщении RMC первые символы в блоке данных обозначают время: 15 ч 10 мин 32 с. Предпоследние символы перед разделителем контрольной суммы означают дату вычисления навигационной задачи (НЗ): 09.10.2013. Формат сообщения GSA показан выше на рис. 5. В этом сообщении перечислены спутники, данные которых учитывались при вычислении координат. Формат сообщения GGA выглядит таким образом:

\$GNGGA,hhmmss.ss,llll.ll,a,yyyy.yy,a,x,xx,x.x,x.x,M,x.x,M,x.x,xxxx*hh<CR><LF>

Данные выводятся в следующем порядке:

- время UTC определения координат;

Таблица 4. Примеры сообщений NMEA 0183 v3.x для различных режимов работы модуля «ГеоС-3»

Совместное использование спутников ГЛОНАСС и GPS (режим GN)	
\$GNRMC,131509.00,A,5950.8601,N,03022.8720,E,0.00,0.00000,167.7,101013,,,A*42	\$GNRMC,145005.00,A,5950.8588,N,03022.8727,E,0.00,0.00000,167.7,101013,,,A*4D
\$GNGGA,131510.00,5950.8601,N,03022.8720,E,1,13,0,8,00017.4,M,0015.9,M,,*78 (Количество спутников в решении — 13)	\$GNGGA,145006.00,5950.8588,N,03022.8727,E,1,14,0,8,00018.9,M,0015.8,M,,*78 (Количество спутников в решении — 14)
\$GNGSA,A,3,06,22,15,16,18,27,21,19,11,,,,,1.3,0.8,1.0*25 (Используется 9 спутников GPS в решении НЗ)	\$GNGSA,A,3,06,32,22,18,27,19,24,,,,,1.3,0.8,1.0*22 (Используется 7 спутников GPS в решении НЗ)
\$GNGSA,A,3,68,82,67,69,,,,,,1.3,0.8,1.0*2D (Используется 4 спутника ГЛОНАСС в решении НЗ)	\$GNGSA,A,3,68,70,77,83,69,76,84,,,,,1.3,0.8,1.0*27 (Используется 7 спутников ГЛОНАСС в решении НЗ)
\$GPGSV,4,1,15,03,59,237,44,06,56,195,52,08,10,327,23,09,06,328,*76 (Видимые спутники)	\$GPGSV,3,1,12,01,30,285,,03,25,196,,06,15,180,28,11,50,276,19*70 (Видимые спутники)
\$GPGSV,4,2,15,11,11,281,27,14,04,155,,15,25,046,27,16,12,215,44*73	\$GPGSV,3,2,12,14,43,135,45,18,19,071,37,19,51,212,51,22,52,083,43*7E
\$GPGSV,4,3,15,18,56,084,46,19,52,285,26,21,29,099,51,22,64,166,49*78	\$GPGSV,3,3,12,24,17,043,25,27,24,184,46,28,21,317,,32,20,233,37*7F
\$GPGSV,4,4,15,26,03,010,,27,65,215,50,28,04,348,31*4D	\$GLGSV,3,1,10,67,07,049,12,68,59,056,34,69,61,218,52,70,07,226,45*6B
\$GLGSV,3,1,10,66,04,033,,67,53,053,32,68,58,176,53,69,10,202,38*62	\$GLGSV,3,2,10,76,17,346,26,77,20,041,29,78,01,085,41,83,36,166,52*65
\$GLGSV,3,2,10,74,09,287,,75,22,338,25,76,10,031,82,25,135,52*60	\$GLGSV,3,3,10,84,72,257,20,85,33,318,32*69
\$GLGSV,3,3,10,83,84,263,18,84,30,308,*69	
Только спутники GPS (режим GP)	
\$GPRMC,131545.00,A,5950.8215,N,03022.9554,E,0.00,0.00000,130.0,151013,,,D*50	\$GPRMC,145046.00,A,5950.8253,N,03022.9511,E,0.00,0.00000,130.0,151013,,,D*56
\$GPGGA,131547.00,5950.8215,N,03022.9554,E,2,10,0,9,00022.3,M,0015.9,M,01.0,00 00*7A (Количество спутников в решении — 10)	\$GPGGA,145047.00,5950.8253,N,03022.9511,E,2,10,0,8,00019.1,M,0015.9,M,01.0,00 00*72 (Количество спутников в решении — 10)
\$GPGSA,A,3,21,18,14,22,27,15,28,06,19,11,,,,,1.5,0.9,1.3*37 (Используется 9 спутников GPS в решении НЗ)	\$GPGSA,A,3,18,14,22,27,11,06,28,19,32,24,,,,,1.5,0.8,1.3*36 (Используется 9 спутников GPS в решении НЗ)
\$GPGSV,4,1,16,01,00,276,,03,55,220,44,06,47,188,48,08,06,320,*7D (Видимые спутники)	\$GPGSV,4,1,13,01,39,286,,03,16,193,42,06,06,179,37,11,58,265,34*70 (Видимые спутники)
\$GPGSV,4,2,16,09,01,321,25,11,20,283,20,14,13,152,38,15,20,038,26*7D	\$GPGSV,4,2,13,14,50,124,43,18,11,073,38,19,42,205,45,20,00,249,*7E
\$GPGSV,4,3,16,16,03,212,,18,48,075,40,19,58,273,28,21,20,102,34*73	\$GPGSV,4,3,13,22,43,081,45,24,17,034,26,27,15,182,39,28,19,308,16*7E
\$GPGSV,4,4,16,22,69,144,46,24,02,069,34,27,57,199,38,28,10,344,27*7E	\$GPGSV,4,4,13,32,30,236,36*4B
\$GLGSV,3,1,10,65,70,166,47,66,21,205,45,72,42,047,36,73,16,023,24*64	\$GLGSV,3,1,09,65,48,056,44,66,73,224,44,67,19,231,49,73,12,337,15*62
\$GLGSV,3,2,10,79,02,284,,80,20,331,17,81,49,307,27,82,01,315,*63	\$GLGSV,3,2,09,74,24,027,,75,10,079,48,81,63,205,39,82,46,311,28*6C
\$GLGSV,3,3,10,87,16,140,44,88,67,155,41*6C	\$GLGSV,3,3,09,
Только спутники ГЛОНАСС (режим GL)	
\$GLRMC,131534.00,A,5950.8517,N,03022.9056,E,0.00,0.00000,152.0,141013,,,A*48	\$GLRMC,145006.00,A,5950.8091,N,03022.8907,E,0.00,0.00000,154.5,141013,,,A*4B
\$GLGGA,131535.00,5950.8517,N,03022.9056,E,1,07,1,1,00038.1,M,0015.9,M,,*7B (Количество спутников в решении — 7)	\$GLGGA,145007.00,5950.8091,N,03022.8907,E,1,09,0,9,00118.5,M,0015.9,M,,*7B (Количество спутников в решении — 9)
\$GLGSA,A,3,86,88,87,71,72,65,80,,,,,1.8,1.1,1.4*2B (Используется 7 спутников ГЛОНАСС в решении НЗ)	\$GLGSA,A,3,81,73,74,88,87,72,65,66,80,,,,,1.5,0.9,1.2*2F (Используется 9 спутников ГЛОНАСС в решении НЗ)
\$GPGSV,4,1,15,03,56,223,43,06,49,189,44,08,07,321,19,09,02,323,*79 (Видимые спутники)	\$GPGSV,3,1,12,01,37,286,18,03,18,194,46,06,08,179,39,11,56,268,33*78 (Видимые спутники)
\$GPGSV,4,2,15,11,18,283,,14,11,153,,15,21,040,25,16,05,212,39*74	\$GPGSV,3,2,12,14,49,127,47,18,12,072,34,19,44,206,38,22,45,081,45*72
\$GPGSV,4,3,15,18,50,077,40,19,57,276,30,21,22,101,37,22,69,150,47*77	\$GPGSV,3,3,12,24,17,036,,27,17,183,43,28,20,310,27,32,28,235,34*76
\$GPGSV,4,4,15,24,01,071,,27,59,202,52,28,09,345,16*44	\$GLGSV,3,1,10,65,69,221,46,66,17,230,38,71,00,052,20,72,49,055,47*6D
\$GLGSV,3,1,09,65,18,204,33,71,45,048,39,72,68,167,50,78,02,283,*69	\$GLGSV,3,2,10,73,23,032,26,74,09,080,38,80,14,341,27,81,42,314,33*6B
\$GLGSV,3,2,09,79,21,332,28,80,15,026,32,86,17,139,41,87,72,158,49*6C	\$GLGSV,3,3,10,87,19,165,34,88,64,204,46*60
\$GLGSV,3,3,09,88,49,307,31*57	

Примечание: Жирным шрифтом выделены: время, дата, количество видимых спутников и количество спутников, данные от которых учтены при решении навигационной задачи.

- широта — С/Ю;
- долгота — В/З;
- режим работы приемника;
- количество спутников в решении;
- HDOP;
- высота над средним уровнем моря, м;
- высота над геоидом, м;
- возраст дифференциальных поправок;
- ID дифференциальной станции.

Структура сообщения GSV приведена выше на рис. 4.

В варианте, когда используется совмещенный режим работы со спутниками ГЛОНАСС и GPS, в протоколе NMEA передаются две группы GSA- и GSV-сообщений: одни сообщения по спутникам GPS, другие — по спутникам ГЛОНАСС. При использовании данных только от одной системы спутников в протоколе NMEA v3.x количество видимых спутников в сообщении GSV не ограничивается.

Как показано в таблице 4, модуль «ГеоС-3» на широте Санкт-Петербурга в среднем видит 12–14 спутников GPS и примерно 7–9 спутников ГЛОНАСС. При этом в решении НЗ во внимание принимаются не все видимые спутники. Спутники, сигналы которых слабые или искаженные, в расчетах не учитываются.

Результаты измерений при работе в режимах GN, GP, GL несколько отличаются друг от друга. Наиболее заметные различия наблюдаются между вычислениями для случаев совместной работы ГЛОНАСС плюс GPS (GN) и работы только со спутниками ГЛОНАСС (GN). Полученные для этих двух случаев результаты вычислений высот над уровнем моря отличаются друг от друга на величину, превышающую точность, указанную в паспорте на модуль. Однако следует обратить внимание на тот факт, что точность определения высоты, указанная в документации на модуль, достигается только для параметров HDOP/VDOP со значениями меньше 2 и 3 соответственно. Эти параметры (горизонтальное/вертикальное снижение точности) учитывают геометрические факторы, искажающие результаты определения геодезических параметров.

В условиях нашего эксперимента «ГеоС-3» был размещен на балконе восьмого этажа девятиэтажного здания, расположенного напротив другого девятиэтажного дома. Поэтому отраженные от зданий сигналы, «многолучевые» и «ионосферные» эффекты могли привести к значительным ошибкам определения высоты и координат. В то же время значения вычислений координат, высоты и скорости для случаев GN (совместная работа ГЛОНАСС+GPS) и GP (только GPS) практически совпадают.

В заключение можно отметить, что описанный выше способ позволяет добавлять ГЛОНАСС-приемник в готовые импортные автомобильные GPS/GSM-навигаторы, не нарушая цепей заводской электроники, которые были установлены на заводе-изготовителе. Соответственно, в этом случае не придется снимать автомобиль с гарантийного и сервисного обслуживания. Большое значение имеет тот факт, что все импортные автомобильные GPS/GSM-навигаторы могут работать с сигналами американской системы WAAS и ее европейского аналога EGNOS. Эти системы предназначены для передачи дифференциальных поправок пользователям GPS-аппаратуры. Эти системы состоят

из сети наземных станций, которые принимают GPS-сигналы, обрабатывают их и вычисляют поправочные коэффициенты, которые затем передаются на главную управляющую станцию (ГУС). На ГУС обрабатываются сигналы всех наземных станций, после чего результирующая информация с мгновенными значениями дифференциальных поправок поступает на геостационарные спутники. Навигаторы принимают эту информацию совместно с навигационными сигналами GPS, обрабатывают ее и включают в алгоритмы вычисления координат. В результате точность вычисления геодезических данных с помощью бытовых GPS-навигаторов повышается до 1–2 м. Более подробно система WAAS рассмотрена в [47]. ■

Литература

1. www.control-auto.ru/zakon.html
2. www.rg.ru/2008/09/03/ГЛОНАСС-dok.html
3. vestnik-ГЛОНАСС.ru/
4. www.ГЛОНАСС-portal.ru/
5. Федеральный закон Российской Федерации от 14.02.2009 № 22-ФЗ «О навигационной деятельности». www.rg.ru/2009/02/18/navigaciya-dok.html
6. Постановление Правительства РФ от 10.09.2009 №720 «Об утверждении технического регламента о безопасности колесных транспортных средств».
7. ФЗ 78 от 14.06.2012. Федеральный закон о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона «Об обязательном страховании гражданской ответственности перевозчика за причинение вреда жизни, здоровью, имуществу пассажиров и о порядке возмещения такого вреда, причиненного при перевозках пассажиров метрополитеном». Принят Государственной Думой 25.05.2012.
8. Министерство транспорта РФ, приказ от 31.07.2012 № 285 «Об утверждении требований к средствам навигации, функционирующим с использованием навигационных сигналов системы ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS и предназначенным для обязательного оснащения транспортных средств категории М, используемых для коммерческих перевозок пассажиров, и категории N, используемых для перевозки опасных грузов».
9. Федеральный закон РФ от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений». www.rg.ru/2008/07/02/izmereniya-dok.html.
10. Министерство транспорта РФ, приказ от 13.02.2013 № 36. «Об утверждении требований к тахографам, устанавливаемым на транспортные средства, категорий и видов транспортных средств, оснащаемых тахографами, правил использования, обслуживания и контроля работы тахографов, установленных на транспортные средства».
11. Пояснения к приказу Минтранса № 36. Зарегистрировано в Минюсте РФ 07.03.2013. Пер. № 27574.
12. <http://rosavtotransport.ru/>
13. www.aggf.ru
14. www.geostar-navigation.com/
15. Модули «ГеоС-3», «ГеоС-3М». Руководство по эксплуатации. Версия 1.2. М.: «ГеоСтар навигация». 2013.

16. «ГеоС-1»: совмещенный ГЛОНАСС/GPS-приемник. «ГеоСтар навигация». 2010.
17. Модули «ГеоС», NMEA-протоколы обмена. «ГеоСтар навигация». 2012.
18. Руководство пользователя модуля Galileo-ГЛОНАСС. ООО «ГалилеоСкай». <http://7gis.ru/production/galileo-ГЛОНАСС-v5.0.html>
19. www.enfora.com
20. GSM0000AN011 Packet Assembler/Disassembler (PAD) Configuration and Use. Rev. 1.05. Application Note.
21. GSM0000AN012 — Network Transparency Configuration for PAD. Application Note.
22. Riso A., Application Note: Receiving and transmitting ГЛОНАСС data using an Enfora MT (PAD mode) and a Galileo-ГЛОНАСС module. TEMPX, Canada. 2013.
23. Application Note GSM0308AN002 Enfora Enabler-III +++/PAD Disconnect.
24. Enfora Enabler IIIG GSM/GPRS Radio Modem AT Command Set.
25. Enfora Enabler IIIG-BGA, AT Command Reference, GSM0408AT001.
26. Enfora Mobile Tracker Event Cookbook GSM2000CB001. Rev. 1.02.
27. Event Monitor and Reporting Overview. Enfora. GSM0000AN015.
28. Clarke X. Enfora ScriptGen. Rev. 1.0. 2011.
29. MT-Gu. AT Command Reference. GSM2438AT001. Version 1.00. April, 2011.
30. SAG+. User Guide. GSM13X8UG001. Version 1.01. January, 2012.
31. MT-Gu. User Guide. GSM2438UG001. Version 1.00. April, 2011.
32. MT 2500. User Guide. GSM2418UG001. Version 1.01. June, 2011.
33. MT 4000. User/Installation Guide. GSM2448UG001. Version 1.01. May, 2012.
34. www.telemetry.spb.ru
35. User Variables Overview Technical Note ENF0000TN001. Rev. 1.0. 03.19.2009.
36. Enfora FOTA. Application Note ENF0000AN002. Rev. 1.02.
37. Application Note GSM2338AN001. Connecting the Garmin Navigator to Enfora GSM2338 Using FMI Protocol.
38. Enfora — Garmin Fleet Management Interface. Technical Guide. GSM2338TG001. Rev. 1.01.
39. Enfora AT Command, Supplement — Garmin FMI, AT Command Reference. GSM2338AT002. Rev. 1.02.
40. Garmin Fleet Management Interface Control. Specification.
41. Application Note GSM0000AN0018 Query USNO NTP Network Time Service via TCP PAD. Rev. 1.00.
42. Application Note GSM0308AN002 Enfora Enabler-III +++/PAD Disconnect.
43. Application Note GSM0000AN021 Access the Enfora Test Server. Rev. 1.00.
44. GSM0000AN023 Connect Enfora Modems to the Enfora Test Server. Ver. 1.0.
45. Отладочная плата «ГеоС-3». «ГеоСтар навигация». 2012.
46. GeoSDemo3, v3.02. Руководство пользователя. М.: «ГеоСтар навигация». 2012.
47. www.gps-profi.ru/waas-gpsportal.php