

УДК 621.396.99

Выбор протоколов передачи ассистирующей информации по каналам сотовой связи для системы А-ГЛОНАСС

С. В. Трусов¹, О. И. Барабошкин, С. А. Бобровский

¹кандидат технических наук,
АО «Российские космические системы»
e-mail: ipelka@mail.ru

Аннотация. Широкое внедрение технологий спутниковой навигации в повседневную жизнь приводит к тому, что большинство пользователей навигационных приемников находятся в условиях городской застройки или лесопарков, т. е. ухудшения навигационных сигналов. Для улучшения качества навигации в мире применяют технологию А-ГНСС. Технология предназначена для предоставления навигационному приемнику ассистирующей информации по сетям мобильной связи. Данное исследование проводится в рамках разработки варианта А-ГНСС, ориентированного в первую очередь на аппаратуру пользователей системы ГЛОНАСС. В статье представлены результаты поиска оптимального способа предоставления ассистирующей информации в пользовательские устройства с учетом различных возможностей уже имеющегося парка навигационной аппаратуры.

Проведен анализ состава необходимой ассистирующей информации. Рассмотрены возможности существующих протоколов, сформированы требования к протоколам передачи данных в перспективной системе. Было показано, что сегодня не существует универсального стандартизированного протокола передачи ассистирующей информации без привязки к стандартам сетей связи, кроме стандарта SUPL, который поддерживается большинством современных смартфонов. В то же время SUPL ресурсоемок в реализации и избыточен для предоставления ассистирующей информации, что делает его непопулярным у производителей бюджетных трекеров и навигаторов. Для этих устройств авторами был разработан нетребовательный к вычислительным и сетевым ресурсам протокол FNM. Пакет данных для быстрого старта навигационного приемника составляет в FNM 3 Кб. Протокол позволяет запрашивать и получать весь спектр ассистирующей информации, а также поддерживает функции мониторинга изменения топологии сотовых сетей и местоположения абонента.

В результате рассмотрения возможностей различных протоколов было решено в перспективной системе для передачи ассистирующей информации реализовать поддержку как стандарта SUPL в версии 2.0, так и протокола FNM.

Ключевые слова: ассистирующие системы, А-GPS, А-ГЛОНАСС, SUPL, FNM

Selection of the Assistance Data Transfer Protocols through Cellular Channels for the A-GLONASS System

S. V. Trusov¹, O. I. Baraboshkin, S. A. Bobrovskiy

¹candidate of engineering sciences,
Joint Stock Company "Russian Space Systems"
e-mail: ipelka@mail.ru

Abstract. The widespread adoption of satellite navigation technologies in everyday life leads to the fact that most users of navigation receivers are located in urban areas or parks, i. e. the areas in which the deterioration of navigation signals occurs. The A-GNSS is employed worldwide to improve the quality of navigation. The technology is designed to provide assisted information to the navigation receiver using a mobile networks. The study is conducted as a part of development of the A-GNSS version, oriented primarily to the GLONASS system user equipment. The results of the searching for the optimal method to provide the assistance information to the user device are reported in the article. The method takes into account various possibilities of the existing navigation equipment.

The analysis of the composition of the necessary assisting information is carried out. The possibilities of the existing protocols are examined; the requirements for data transmission protocols in the future system are drawn up. It has been shown that today there is no universal standardized protocol for the assistance information transfer without the reference to networks standards, except the SUPL standard, which is supported by most modern smartphones. However, the SUPL standard is resource-intensive and redundant for the assistance information transfer, which makes it unpopular with the producers of the budget trackers and navigators. For these devices, the authors have developed the FNM protocol, undemanding to the computing and network resources. The data package for a quick start of a navigation receiver is 3 Kb with FNM. The protocol allows the user to request and receive the entire range of the assistance information and supports the monitoring of the changes in cellular network topologies and subscriber location.

As a result of consideration of the potential protocols, it has been decided to implement the support for both SUPL 2.0 standard and the FNM protocol in the future system for the transmission of the assistance information.

Keywords: assisting systems, A-GPS, A-GLONASS, SUPL, FNM

Введение

Спутниковые навигационные системы ГЛОНАСС и GPS позволяют любому пользователю, оснащенной абонентской навигационной аппаратурой, независимо от района нахождения, непрерывно в любой момент времени с высокой точностью определять свои координаты. Однако в городах, на сильно пересеченной и лесистой местности заявленные характеристики по точности и надежности местоопределений не всегда достижимы. Это обусловлено тем, что изначально использование глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) планировалось для навигационного обеспечения потребителей только на открытых и свободных от затенений пространствах на Земле, в воздушном и космическом пространствах, и использование их информации в условиях больших затенений не предусматривалось.

Повсеместное внедрение технологий спутниковой навигации в повседневную жизнь привело к увеличению количества пользователей ГНСС, большую часть времени находящихся в условиях городской застройки (например, транспортные средства, пешеходы, работники офисов и предприятий, сотрудники полиции, МЧС и др.). При этом, несмотря на то, что орбитальные группировки основных ГНСС ГЛОНАСС и GPS содержат более 50 рабочих космических аппаратов, двухсистемный приемник на улицах городов часто может принимать сигналы только от 3–5 спутников и даже менее, а геометрия наблюдения навигационных спутников далека от оптимальной.

Еще одним фактором, затрудняющим использование ГНСС-приемников в широком спектре задач, является режим включения приемника после перерыва в работе более 2 ч, известный как «холодный старт», при котором задержка в определении координат составляет не менее 30 с даже при наличии достаточного количества спутников в зоне видимости. Эта задержка связана с необходимостью выделения из спутникового сигнала необходимой навигационной информации и определяется форматом кадра и скоростью передачи данных.

Для решения указанных задач в мире уже более 10 лет используется технология передачи

ассистирующей информации в приемник преимущественно по каналам сотовой связи [1]. Поскольку изначально технология развивалась для поддержки приемников системы GPS, она называлась «Assisted GPS». С развитием мультисистемных приемников технология приобрела более общее название А-ГНСС.

Технология А-ГНСС реализована у ряда зарубежных компаний, таких как Broadcom, Qualcomm, Nokia, Google и некоторых других.

В России в настоящее время прорабатывается облик собственного варианта технологии для обеспечения поддержки пользователей приемников ГЛОНАСС и мультисистемных приемников ассистирующей информацией, формируемой на основе данных от российских средств наблюдения (А-ГЛОНАСС). Цель данного исследования состоит в определении оптимального протокола передачи ассистирующей информации от сервера, где она подготавливается, до навигационной аппаратуры потребителя (НАП), оснащенной модемом сотовой связи.

Состав ассистирующей информации

Для улучшения характеристик существующих ГНСС создаются функциональные дополнения под решение конкретных задач. Так, для обеспечения дециметровой точности владельцев одночастотной НАП созданы системы широкозонной дифференциальной коррекции (WAAS, СДКМ, EGNOS и др.). Данные передаются как через спутник, так и по сети Интернет (протокол SISNet). Для обеспечения сантиметровой точности в реальном времени создают RTK-системы, транслирующие текущие поправки к фазе несущей и псевдодальностям и имеющие радиус действия порядка десятков километров. Данные предоставляются как по радиоканалу, так и по сети Интернет (протокол NTRIP). Основным улучшаемым параметром в ассистирующих системах является время до первого местоопределения (англ. TTFF). Ряд параметров влияет на чувствительность и помехозащищенность приемника. Ассистирующая навигационная информация, передаваемая в НАП, представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Состав и назначение ассистирующей навигационной информации

Тип данных	Область применения	Цель	Улучшаемый параметр
Эфемериды	А-ГНСС	Моментальное позиционирование	TTFF
Время	А-ГНСС	-«»-	TTFF
Доплеровский сдвиг	А-ГНСС	-«»-	Чувствительность
Первая производная доплеровского сдвига	А-ГНСС	-«»-	Чувствительность TTFF
Список видимых спутников	А-ГНСС	-«»-	TTFF
Возвышение и азимут спутника	А-ГНСС	-«»-	TTFF
Альманах	А-ГНСС	-«»-	TTFF
Приблизительное расположение НАП	А-ГНСС	-«»-	TTFF
Оценка кодовой задержки	А-ГНСС	-«»-	TTFF
«Расширенные» эфемериды	А-ГНСС (офлайн)	Позиционирование при отсутствии внешней ассист. информации	TTFF
Параметры ионосферной модели	А-ГНСС	Любое позиционирование	Точность
Временной сдвиг между UTC и GPS	А-ГНСС	Разное	TTFF
Временной сдвиг между различными ГНСС и GPS	А-ГНСС	Позиционирование в условиях ограниченной видимости спутников	Минимальное количество спутников
Сообщение целостности	Диф. коррекция	Надежность	Целостность
Дифференциальные поправки для часов, частоты и эфемерид спутника	Диф. коррекция	Дифференциальное позиционирование	Точность, дм/м
Дифференциальные поправки к псевдодальностям	Диф. коррекция	Дифференциальное позиционирование	Точность, дм/м
Дифференциальные поправки к кодовой задержке	Диф. коррекция	Дифференциальное и RTK-позиционирование	Точность, см
Дифференциальные поправки к фазе несущей	Диф. коррекция	RTK-позиционирование	Точность, см
Измерения кодовой задержки	Диф. коррекция	Дифференциальное и RTK-позиционирование	Точность, см
Измерения фазы несущей	Диф. коррекция	RTK-позиционирование	Точность, см

Основные протоколы существующей аппаратуры

Для передачи ассистирующей информации по сетям сотовой связи в настоящее время используются стандарты, определяемые тремя основными

консорциумами производителей мобильной аппаратуры 3GPP, 3GPP2 и OMA. При этом первые две организации разрабатывают стандарты передачи ассистирующей информации в плоскости управления мобильных сетей (GSM, UMTS, LTE, CDMA и CDMA2000), а третья занимается

разработкой стандарта SUPL, который обеспечивает доставку ассистирующей информации в плоскости пользователя, т.е. по IP-каналам, без привязки к стандарту сотовой связи. Параллельно с процессом стандартизации передаваемых данных некоторые крупные фирмы-производители приемников ГНСС разработали собственные технологии подготовки и передачи ассистирующей информации.

Рассмотрим реализацию ассистирующих технологий у основных производителей ГНСС приемников широкого применения.

GpsOne — собственная технология компании Qualcomm, которая заключается в получении по протоколу HTTP файла с расширенными эфемериды [2].

Технология LTO (Long Term Orbit) является собственной разработкой компании Broadcom и аналогична технологии gpsOne. Используется на всех аппаратах iPhone версий 3, 3GS и 4.

EPO (Extended Prediction Orbit) — одна из фирменных технологий A-GPS компании MediaTek на основе собственных серверов, поддерживающая предсказание орбит спутников на срок до 30 дней [2].

Компания U-blox предоставляет пользователям своих продуктов ассистирующую информацию с использованием собственной технологии AssistNow [3], использующей передачу вспомогательной информации по проприетарному протоколу с использованием протокола HTTP.

Поддержка стандарта SUPL встречается как в чипах компании Broadcom, так и в чипах SiRF, Marvell, Enfora и некоторых других (табл. 2), и их количество растет. Причиной этого является внедрение протокола SUPL в мобильные операционные системы, под управлением которых работают многие современные смартфоны и навигаторы. Поддержка SUPL обеспечивается в операционных системах Android и Windows Phone.

В табл. 3 приведены основные российские разработчики спутниковой навигационной аппаратуры и показаны возможности этой аппаратуры в части использования ассистирующей информации.

Как видно из приведенной таблицы, только три российских производителя НАП ГНСС на сегодняшний день поддерживают возможность

Таблица 2. Форматы поддержки ассистирующей информации у зарубежных производителей

Производитель приемников ГНСС	Протоколы А-ГНСС
Qualcomm	SUPL, gpsOne
Broadcom	SUPL, LTO
SiRF	SUPL
U-blox	AssistNow
MediaTek	SUPL, EPO
Enfora	SUPL, LTO

использования ассистирующей информации. При этом у каждого из производителей собственный протокол передачи ассистирующей информации в приемник.

Выбор протоколов для системы А-ГЛОНАСС

Обзор реализации ассистирующих технологий, которые присутствуют в настоящий момент на рынке ГНСС-устройств с сетевой поддержкой, показывает, что многие производители ГНСС-чипов используют собственные протоколы передачи и собственные технологии формирования данных поддержки, а в ряде случаев (Broadcom) и собственные сети сбора данных. В то же время существует ряд устройств, поддерживающих стандартизированный протокол SUPL.

При реализации технологии А-ГЛОНАСС использовать проприетарные технологии нецелесообразно, поэтому остаются два пути для выбора способа предоставления информации: использование существующих стандартов либо разработка собственного протокола.

Из стандартизованных протоколов в настоящее время производителями приемников используется только протокол SUPL. Применение стандартизованного протокола, поддержка которого уже заложена в ряде приемников, обеспечит доступность перспективной технологии А-ГЛОНАСС как минимум на всех этих приемниках.

Дополнительное преимущество использования протокола SUPL — его поддержка в таких встра-

Таблица 3. Наличие приемников с режимом информационной поддержки у российских производителей

Производитель	Режим инф. поддержки в НАП	Формат передачи АИ в приемник
АО «МКБ «Компас»	–	
АО «РИРВ»	–	
АО «КБ НАВИС»	+	Собственный бинарный (BINR)
АО «Ижевский радиозавод»	–	
ООО «ОКБ Вектор»	–	
ГК «НТЛаб»	–	
ООО ДЦ «Геостар Навигация»	+	Собственный бинарный
ООО «НАВИА»	+	ST-AGPS, EPO
АО «НИИ КП»	–	

иваемых операционных системах для мобильных устройств, как Android и Windows Phone. В настоящее время в этих устройствах предлагается использование одной из SUPL-платформ. Одна из них — решение от компании Google (supl.google.com), а второе от компании Nokia (supl.nokia.com). При использовании в качестве протокола обмена между НАП и сервером поддержки протокола SUPL в реализации технологии А-ГЛОНАСС в профили (настройки) операционных систем достаточно будет внести еще одну конфигурационную настройку (например, supl.glonass.ru) и устройства под управлением ОС «Android» смогут использовать информацию поддержки, предоставляемую сервером А-ГЛОНАСС. При этом информация о местонахождении российских абонентов сотовых сетей, использующих стандарт SUPL (большинство смартфонов), не будет передаваться дальше российского SUPL-сервера.

Как следует из представленного в табл. 3 сравнения поддержки различными протоколами возможности передачи ассистирующей информации, наиболее полно требуемая информация представлена в протоколе SUPL с контейнером RRLP. Иницирование SUPL-сессии сопровождается передачей идентификатора обслуживающей базовой станции сотовой сети, что позволяет вычислить приблизительное местоположение приемника и предоставить ему только актуальную информацию.

Из недостатков протокола SUPL можно назвать его избыточность по отношению к решению

задачи предоставления ассистирующей информации. Помимо этого, стандарт SUPL дает возможность оператору сервера ассистирующей информации (в настоящее время такими операторами являются только иностранные компании) отслеживать местоположение смартфона. Также в стандарте SUPL 2.0 отсутствует поддержка передачи информации СДКМ.

В рамках рассмотрения целесообразности разработки нового протокола для предоставления ассистирующей информации было проведено детальное исследование характеристик протоколов стандарта SUPL и возможностей современных НАП с акцентом на отечественных разработчиков. В результате было выявлено, что у большинства отечественных НАП в приемном модуле отсутствует возможность использования ассистирующей информации, а у тех производителей, приемные модули которых поддерживают возможность использования ассистирующей информации (АО «КБ НАВИС», ООО «НАВИА», ДЦ «Геостар Навигация»), возможностей процессора недостаточно для реализации протокола SUPL. Сегодняшние технические средства, способные поддерживать SUPL, — это смартфоны и планшетные компьютеры, в которых уже используется подключение к SUPL-серверам Google и Nokia, т.е. они уже обеспечены сервисом навигационной поддержки. Остальные НАП, используемые в различных системах мониторинга транспорта, сотрудников и т.п., не обладают достаточными вычислительными ресурсами для реализации SUPL.

Таблица 4. Поддержка различными протоколами возможности передачи ассистирующей информации

Тип данных	RRLP (SUPL)	u-Blox «Assist Now» (HTTP)	BINR (TCP/IP)	FNM(TCP/IP)
Эфемериды	+	+	+	+
Время	+	+	+	+
Доплеровский сдвиг	+	н/д	–	–
Первая производная доплеровского сдвига	+	н/д	–	–
Список видимых спутников	+	н/д	+	+
Возвышение и азимут спутника	+	н/д	–	–
Альманах	+	+	+	+
Приблизительное расположение НАП	+	+	+	+
Оценка кодовой задержки	+	н/д	–	–
«Расширенные» эфемериды	+	+	+	+
Параметры ионосферной модели	+	н/д	+	+
Временной сдвиг между UTC и GPS	+	н/д	+	+
Временной сдвиг между различными ГНСС и GPS	+	н/д	+	+
Сообщение целостности из навигационного кадра	+	н/д	+	+
Ионосферные поправки к псевдодальностям	–	–	–	+

Таким образом, в настоящее время реализовывать передачу ассистирующей информации на сервере А-ГЛОНАСС с использованием только стандарта SUPL нецелесообразно и следует разработать нетребовательный к ресурсам НАП компактный протокол, который смогут реализовать все отечественные разработчики, а также другие заинтересованные производители. В результате был разработан соответствующий протокол (Fast Navigation Messages, FNM), позволяющий НАП получать широкий спектр вспомогательной информации, а также поддерживать в актуальном состоянии базу данных параметров базовых станций сотовых сетей, отправляя отчеты с регистрацией своего местоположения и параметрами активной базовой станции сотовой сети серверу А-ГЛОНАСС.

Передаваемые в протоколе FNM параметры ионосферной коррекции формируются для текущего местоположения пользователя и используемого им созвездия навигационных спутников, что

должно позволить уменьшить ошибку определения местоположения до 50% при минимальных объемах передаваемой информации. Существующая в протоколе FNM возможность периодического протоколирования местоположения устройства позволит пользователям использовать сервис А-ГЛОНАСС в качестве средства мониторинга положения своих ГНСС-приемников. Принципы применения долгосрочной эфемеридной информации, а также программные библиотеки для режима «assisted offline» будут открыты и опубликованы для использования сторонними разработчиками.

Таким образом, для разных классов НАП предлагается использовать два разных интерфейсных протокола: SUPL для смартфонов и планшетных компьютеров и FNM для всех остальных НАП. Стандартизованный в ходе работ и нетребовательный к ресурсам НАП протокол передачи ассистирующей информации FNM смогут реализовать все

отечественные разработчики, а также другие заинтересованные производители. Объем информации, требуемый для режима «холодного старта», составляет 3 Кб.

Заключение

С начала третьего тысячелетия идет активное внедрение спутниковой навигации в повседневную жизнь, создаются функциональные дополнения для ГНСС, позволяющие повысить точность и скорость местоопределений. В России за точность отвечают система СДКМ и создаваемая Национальная сеть высокоточного позиционирования (НСВП). Открытой системы предоставления ассистирующей информации для увеличения скорости местоопределений и улучшения качества приема в условиях городской застройки в стране пока нет.

В процессе определения облика перспективной системы важным является вопрос определения протокола обмена информацией между НАП и сервером предоставления данных.

В результате рассмотрения существующих мировых решений и стандартов решено использовать два разных интерфейсных протокола: SUPL для смартфонов и планшетных компьютеров и FNM для всех остальных НАП. Реализация этих протоколов на сервере А-ГЛОНАСС будет способствовать достижению следующих показателей.

- Для SUPL-устройств будет организовано перенаправление трафика с информацией о местоположении абонентов на российский SUPL-сервер.

- Устройства без поддержки SUPL смогут получать ассистирующую информацию по протоколу FNM.
- Протокол FNM будет стандартизован и все отечественные производители ГНСС-приемников смогут реализовать в своих устройствах поддержку ассистирующего режима.
- Уменьшение времени «холодного старта» ГНСС-приемников с поддержкой функции А-ГЛОНАСС с 30–20 до 2–20 с и увеличение их чувствительности.
- Увеличение точности определения местоположения до 1–3 м.

Список литературы

1. *Frank van Diggelen*. A-GPS: Assisted GPS, GNSS and SBAS. Artech House. ISBN-13: 978-1-59693-374-3. London. 2009.
2. *Vallina-Rodriguez N., Crowcroft J., Finamore A., Grunenberger Y., Papagiannaki K.* When Assistance Becomes Dependence: Characterizing the Costs and Inefficiencies of A-GPS // ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review 12/2013; 17:3-14. DOI: 10.1145/2557968.2557970
3. *Мишуков Р.* ГЛОНАСС/GPS-модули u-blox 8-й серии // Беспроводные технологии, 2014. № 1.
4. Описание протокола обмена BINR приемника NV08C ГЛОНАСС/GPS/GALILEO/COMPASS/SBAS Версия 1.3 http://j3.nvs-gnss.ru/images/products/oem-modul/NV08C-CSM/NV08C_NMEA_Protocol_Specification_V1.4_RUS_09.05.2013.pdf
5. UserPlane Location Protocol Version 2.0.2 – 08 Jul 2014 <http://www.openmobilealliance.org>