

НАЗЕМНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ГНСС ДЛЯ ТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ*

О.В. Евстафьев (Региональный офис Leica Geosystems)

В 1994 г. окончил факультет прикладной космонавтики МИИГАиК по специальности «космическая геодезия и навигация», в 2002 г. — факультет экономики и маркетинга ТУ (МАИ) по специальности «организация предпринимательской деятельности». С 1994 г. работал ведущим инженером, а с 1999 г. — менеджером отдела продаж в компании ПРИН, с 2001 г. — руководителем отдела геотехнологий ЗАО «Геотехсервис-2000». С 2004 г. по настоящее время — ведущий специалист по спутниковому геодезическому оборудованию в региональном офисе Leica Geosystems.

В предыдущих публикациях, посвященных вопросу создания наземной инфраструктуры точного позиционирования на основе спутниковых базовых станций, были описаны принципы работы спутниковых систем точного позиционирования, области их использования, оборудование и программное обеспечение, необходимое для работы базовых станций ГНСС. Также были даны практические советы по проектированию сетей базовых станций, выбору мест установки антенн, описаны способы их крепления и защиты от молний и грозных разрядов, различные типы сетевых RTK-поправок, формируемые программным обеспечением сервера.

Спутниковые данные базовых станций, дифференциальные поправки различного типа, предназначенные пользователям сети, и другая информация, передаваемая в системах точного позиционирования, требуют наличия различных каналов связи с соответствующей пропускной способностью. Они являются важной и практически основополагающей частью любой системы точного спутникового позиционирования. Надежная связь жизненно необходима для эффективной рабо-

ты спутниковой базовой станции или сети станций. Способам передачи спутниковых данных пользователям и требованиям, предъявляемым к каналам связи сетей спутниковых базовых станций, посвящена данная публикация.

Как уже было описано [1], постоянно действующая базовая станция состоит из приемника ГНСС, спутниковой антенны, источника бесперебойного питания, а также средств для связи с управляющим компьютером (сервером) и пользователями. Программное обеспечение базовой станции управляет спутниковым приемником, направляет данные для их последующей обработки, формирует RTK и DGPS-поправки, которые передаются пользователям подвижных приемников. Сеть базовых станций, являющаяся основой системы точного позиционирования, включает следующие каналы связи:

— между спутниковыми приемниками базовых станций и компьютером (сервером) центра управления;

— между сервером центра управления и подвижными приемниками пользователей для работы в поле в режиме реального времени;

— между сервером центра управления и персональными компьютерами пользователей для приема и передачи данных, которые необходимы для постобработки.

Каждый из указанных каналов связи может быть создан на основе различных типов соединений (средств коммуникаций):

1. Напрямую, с помощью кабеля, посредством последовательного интерфейса RS232.
2. По локальной компьютерной сети с использованием протокола TCP/IP.
3. По сети Интернет с использованием протокола TCP/IP.
4. С помощью различных типов модемов — радио, GSM, CDMA и т. п.

▼ Каналы связи между базовыми станциями и центром управления

Каналы связи между спутниковыми приемниками базовых станций и сервером центра управления могут быть коммутируемыми, подключение по которым выполняется по требованию, или некоммутируемыми, когда обеспечивается постоянное подключение. Коммутируемый канал может использоваться для управления приемника-

* Продолжение. Начало в № 1–3, 5–2008.

ми ГНСС и загрузки файлов с бранных данных. Он обычно дешевле каналов, открытых постоянно. Но в ряде случаев без некоммутируемых каналов связи не обойтись, например, если нужно непрерывно транслировать «сырые» спутниковые данные от базовых станций на сервер.

Если в месте установки базовой станции есть обычные наземные телефонные линии связи и телефонный модем, то они могут быть использованы для подключения приемников ГНСС к серверу. Программное обеспечение на сервере будет автоматически подключать приемники и выгружать зарегистрированные файлы через заданные промежутки времени. Для малых сетей одного телефонного модема на сервере будет достаточно. Если в месте установки базовой станции отсутствуют обычные телефонные линии, можно использовать каналы мобильной связи с модемами GSM, CDMA, TDMA, GPRS и т. д. Модемы, как и приемники ГНСС, должны быть подключены к сети электропитания и постоянно включены.

Для постоянного подключения к приемнику одиночной базовой станции наиболее простым и надежным способом является непосредственное соединение с помощью кабеля с использованием последовательного интерфейса **RS232C**. Скорость обмена данными по интерфейсу RS232C может достигать 115 Кбит/с, что вполне достаточно для передачи управляющих команд в приемник базовой станции и передачи потока данных ГНСС из приемника на сервер сети. Однако кабель для передачи данных по интерфейсу RS232C может быть длиной не более 15 м. Стандартный кабель имеет девятиконтактный разъем, типа DB9P, для подсоединения к персональному компьютеру. Нали-

чие данного разъема в современных компьютерах уже является большой редкостью. Соединение по интерфейсу RS232C может быть удобно для одиночной базовой станции, но не позволяет передавать данные напрямую с приемников сети базовых станций на удаленный сервер. Можно воспользоваться устройствами преобразования интерфейса RS232C в протокол TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Но, как уже отмечалось в [2], современные приемники ГНСС, используемые в качестве базовых станций, имеют порты Ethernet (разъем RJ45) для соединения с управляющим компьютером по протоколу **TCP/IP**. Поэтому соединение по интерфейсу RS232C можно не применять или использовать как резервное.

В настоящее время отмечается растущий интерес к методам, основанным на Интернет-протоколах (**IP-based**), для связи приемников и сервера, а также для передачи RTK и DGPS-данных пользователям. Используя протокол передачи данных TCP/IP, все устройства и компьютеры системы точного позиционирования могут быть связаны между собой, где бы они ни находились. Как правило, приемники ГНСС, серверы и дополнительные устройства связи центра управления объединяются в компьютерную сеть (LAN, WAN, WLAN) или могут обмениваться данными по каналам Интернет. Основная привлекательность от использования Интернет-коммуникаций между сервером и приемниками заключается в снижении текущих расходов. Если «сырые» данные постоянно передаются с приемников на сервер, как описано выше, текущие расходы при применении сети Интернет будут значительно ниже, чем при

использовании телефонных линий.

Для доступа к приемнику ГНСС по сети Интернет необходимо, чтобы он имел фиксированный IP-адрес. Его можно задать во время установки базовой станции. Если к приемнику подключен модем сотовой связи (например, GSM/GPRS), то при соответствующих настройках, после включения и инициализации модема, приемник может получить временный динамический IP-адрес, благодаря **DNS-сервису** (Domain Name System — система доменных имен), предоставляемому провайдером мобильной связи. Доступ к данным приемника можно осуществлять с любого подключенного к Интернет персонального компьютера, однако при этом соединение необходимо защитить системой аутентификации пользователя путем указания имени учетной записи и пароля.

Следует отметить, что каналы связи должны обеспечивать постоянную и бесперебойную передачу данных. Оптимальным

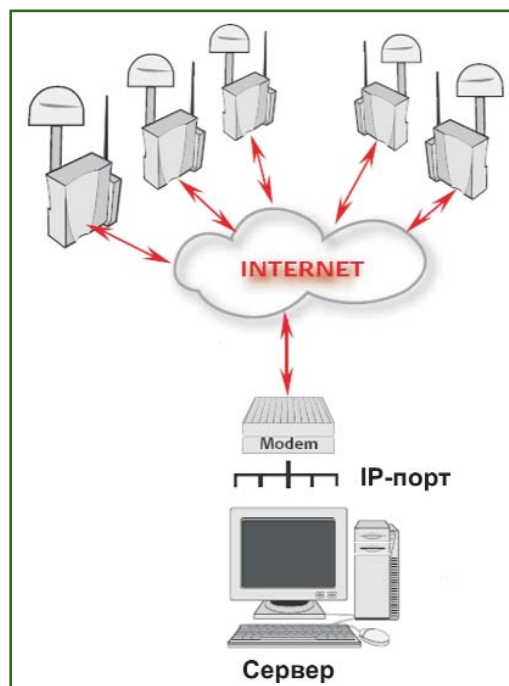


Рис. 1
Организация доступа к данным базовых станций по сети Интернет

решением станет применение **выделенных линий**, поскольку они еще и обеспечивают высокий уровень надежности. Скорости передачи данных в стандартной локальной сети в 100 Мбит/с будет вполне достаточно для связи сервера с приемниками базовых станций. Лучше, чтобы скорость обмена данными в сети была не меньше 10 Мбит/с, а задержка спутниковых данных приемников базовых станций — не более 2 с.

Прямое кабельное соединение с приемником является достаточно надежным, поскольку зависит только от состояния кабеля. Проблемы могут возникнуть лишь от электромагнитных помех во время грозы и разрядов молний, средства защиты от которых приведены в [1].

На сервере сети базовых станций должен быть модем и один IP-порт для каждой базовой станции (рис. 1), с которой поступают данные (например, для передачи данных с пяти станций необходимо пять IP-портов). Для того, чтобы сервер постоянно получал «сырые» данные, причем одновременно от нескольких базовых станций, применяется специальное сетевое устройство — **маршрутизатор** (рис. 2). Если в помещении обустраивается центр управления сетью базовых станций, и там уже имеется теле-

фонная линия, то наилучшим решением будет использование широкополосного модема **ADSL** (Asymmetric Digital Subscriber Line) с большой пропускной способностью. Программное обеспечение на сервере при подключении к Интернет работает точно так же, как и при подключении к телефонным линиям связи.

▼ **Каналы для связи с пользователями**

Поправки RTK и DGPS могут транслироваться пользователям напрямую от приемников или с сервера вычислительного центра. Поэтому пользователи должны иметь надежные и удобные каналы связи как для работы в режиме RTK, так и в режиме постобработки.

Одним из способов передачи RTK и DGPS-данных непосредственно от приемника базовой станции является использование радиомодемов. Если с этим приемником соединить два радиомодема, то они смогут передавать данные на двух различных частотах на подвижные приемники ГНСС. Подвижные приемники тоже должны быть оснащены радиомодемами. Преимущество этого способа передачи данных заключается в том, что данные могут поступать на любое количество подвижных приемников, при отсутствии платы за трафик.

Другим решением может стать использование коммутируемого канала связи GSM. Для этого необходимо подключить GSM-модем к приемнику ГНСС на базовой станции, а подвижный приемник пользователя оснастить аналогичным модемом для получения требуемых RTK и DGPS-данных. Применение сотовой связи дает возможность принимать RTK и DGPS-данные на гораздо большем расстоянии, чем при использовании радиоканалов. Однако за счет этого увеличиваются текущие

расходы пользователей. Кроме того, только один мобильный приемник в конкретный момент времени может быть связан с базовой станцией по одному телефонному каналу. Поэтому для одновременного подключения нескольких подвижных приемников (5, 10 или даже больше) к приемнику ГНСС базовой станции, они должны быть оснащены либо набором одинаковых модемов, либо маршрутизатором. Чем мощнее маршрутизатор, тем больше подвижных приемников могут работать одновременно, и тем выше стоимость этого оборудования.

Поправки RTK предпочтительней получать из единого центра сети, а не от конкретной базовой станции. Программа на сервере может вычислять RTK и DGPS-поправки для каждой базовой станции или сетевые поправки [2]. Для передачи данных могут использоваться радио и сотовые телефонные каналы связи или Интернет.

Если используются радиоканалы, то RTK и DGPS-поправки различных базовых станций должны передаваться на разных частотах для того, чтобы предотвратить помехи. Поскольку радиус действия передающего радиомодема обычно ограничен, может понадобиться радиопередающая станция и ретрансляторы для обеспечения полного покрытия области действия сети.

При использовании каналов мобильной связи для каждой базовой станции выделяется уникальный телефонный номер. Для того, чтобы несколько пользователей подвижных приемников получили доступ к RTK и DGPS-поправкам с одной базовой станции одновременно, потребуется **маршрутизатор удаленного доступа**, например, Cisco ASA5510. Можно иметь один телефонный номер для всех базовых станций сети,



Рис. 2

Серверная стойка со спутниковым приемником Leica GRX1200 GG Pro и маршрутизатором удаленного доступа

если подвижные приемники, оснащенные модемами мобильной связи, могут посылать собственные координаты на сервер. В этом случае подвижный приемник ГНСС «дозванивается» до центра управления и передает собственные координаты на сервер в формате NMEA. Программа на сервере определяет ближайшую к подвижному приемнику базовую станцию. Маршрутизатор передает на подвижный приемник дифференциальные поправки для этой станции или необходимые сетевые поправки [2].

Для защиты сервера и организации доступа к данным в центре управления может быть установлено дополнительное оборудование. Доступ к данным центрального сервера, где установлено программное обеспечение управления базовыми станциями, осуществляется через брандмауэр и прокси-сервер. Мультиплексное программное обеспечение на прокси-сервере позволяет нескольким пользователям одновременно получать данные с сервера через один и тот же IP-адрес (рис. 3).

Если программное обеспечение сервера предоставляет сетевые поправки, то в зависимости от типа поправки необходимо применять подходящие средства связи. Так, для передачи пользователям сетевых поправок видов FKP и MAX подойдут все способы передачи данных, включая радиоканалы. А для предоставления поправок видов VRS и i-MAX можно использовать только каналы модемной и мобильной связи [2].

▼ Преимущества и недостатки радио и мобильной связи

Преимущество использования радиомодемов для передачи RTK и DGPS-поправок пользователям заключается в том, что любое количество подвиж-

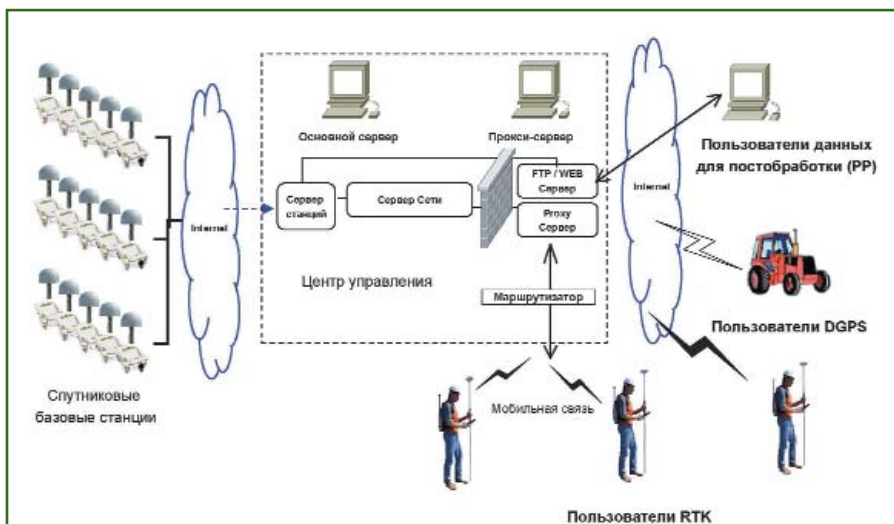


Рис. 3

Сервер и система коммуникации в сети спутниковых базовых станций

ных приемников может принимать эти поправки при отсутствии платы за трафик. Недостатком же является меньший радиус действия радиомодема, чем у мобильного телефона. Чем больше выходная мощность радиопередатчика, тем больше территория, на которой подвижные приемники пользователей могут принимать данные от спутниковых базовых станций. Однако выходная мощность используемых на территории РФ радиопередатчиков ограничена.

Чем выше установлена радиоантенна на передающей станции, тем больше территория, на которой подвижные приемники пользователей могут принимать данные от базовых станций.

Использование высококачественных антенн на передающей станции и на подвижных приемниках также увеличивает радиус действия. Передача на ультракоротких волнах чувствительна к внешним препятствиям. Преграды, особенно на дальних расстояниях от передатчика, могут привести к потере сигнала подвижным приемником, а помехи на смежных частотах могут ухудшать прием сигналов. Но главная трудность

применения радиомодемов на территории РФ связана со сложностью и длительностью процедуры получения соответствующих разрешительных документов.

Преимущество каналов мобильной связи заключается в отсутствии ограничений использования такого способа связи. Соединение, в принципе, надежно и потери сигнала из-за препятствий не наблюдаются. Недостатком является то, что за пользование каналами мобильной связи нужно платить. Кроме того, в ряде регионов РФ мобильная связь пока недоступна.

▼ Использование сети Интернет для передачи и приема RTK и DGPS-поправок

Спутниковые дифференциальные поправки могут передаваться по Интернет (рис. 4). Для доступа в Интернет и получения необходимых данных подвижные приемники ГНСС должны быть оснащены модемами GSM/GPRS или CDMA.

Программное обеспечение сервера центра управления базовыми станциями формирует необходимые данные, в том числе поправки от каждой базовой станции, сетевые поправки или «сырые» спутниковые

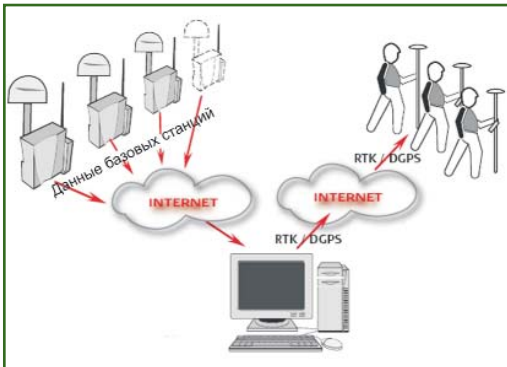


Рис. 4
Использование сети Интернет для передачи и приема дифференциальных поправок

данные [2]. Сформированные данные могут выдаваться на отдельные TCP-порты сервера для предоставления их пользователям через Интернет по выделенному IP-адресу сервера.

В настоящее время начинает широко использоваться способ передачи данных с помощью Интернет-протокола **NTRIP** (Network Transport of RTCM on Internet Protocol). NTRIP — это протокол, разработанный Федеральным агентством по картографии и геодезии Германии и предназначенный специально для передачи данных ГНСС через Интернет. Протокол NTRIP, который стал стандартом RTCM, может использоваться для распространения данных в любом формате, например, в форматах стандарта RTCM V2.1/2.2/2.3/3.0/3.1 или собственных форматах Leica, CMR и CMR+. С протоколом NTRIP все данные проходят через единственный IP-порт на сервере. Подвижные приемники могут получать данные, только если они авторизованы, т. е. им разрешен доступ. Поэтому оператор сети имеет полный контроль над доступом к данным. Это облегчает расчеты и выставление счетов за полученные данные, если это необходимо. Подвижный приемник обращается к IP-порту на сервер (или прокси-сервер) и может запросить данные от так называемой **точки**

подключения (mount point) или список точек подключения. Например, точки подключения могут являться источниками RTK и DGPS-поправок от различных базовых станций, источником сетевых данных в формате RTCM V3.x и сетевых поправок, источником скорректированных RTK-данных и т. д. Если запрашиваемая точка подключения доступна, данные из этого источника передаются на подвижный приемник, а если нет — подвижный приемник может выбрать другую точку подключения к данным (источник данных) из списка. В России сервис на основе NTRIP-протокола предоставляется несколькими сетями постоянно действующих базовых станций точного позиционирования, например, сетью базовых станций в Тверской области.

▼ **Выбор средств связи**

Коммуникационные и информационные технологии развиваются достаточно быстро. Наличие различных технологий и возможность их использования значительно отличаются в разных странах. При выборе наиболее подходящего метода коммуникации между сервером и приемниками должно быть проанализировано и учтено множество факторов, в том числе:

- цели использования спутниковых базовых станций или сети из них;
- доступность средств связи;
- стоимость коммуникационного оборудования и его установки;
- текущие расходы;
- стоимость сервиса и поддержки.

При принятии решения о наиболее подходящем способе передачи спутниковых данных на подвижные приемники необходимо принимать в расчет следующее:

— количество подвижных приемников, которые будут обслуживаться данной станцией или сетью;

— расстояние от базовой станции, на котором должны работать подвижные приемники;

— тип коммуникационного оборудования, необходимого для работы подвижных приемников;

— стоимость коммуникационного оборудования и текущие расходы.

Из сказанного выше очевидно, что стандартного решения не существует. То, что достаточно для создания постоянно действующих одиночных базовых станций и сетей из них в одной стране или регионе, может быть совершенно неподходящим решением для другой. Окончательное решение о выборе наиболее оптимального метода следует принимать после подробных консультаций со специалистами компаний — поставщиков коммуникационных и информационных услуг.

▼ **Список литературы**

1. Евстафьев О.В. Наземная инфраструктура ГНСС для точного позиционирования // Геопрофи. — 2008. — № 2. — С. 24–28.
2. Евстафьев О.В. Наземная инфраструктура ГНСС для точного позиционирования // Геопрофи. — 2008. — № 5. — С. 43–48.

Окончание следует

RESUME

It is noted that the base stations' satellite data together with the auxiliary information transmitted in the precise positioning systems, requires availability of various communications channels which are vitally necessary for the effective operation of a satellite base station or stations network. The article considers different ways of transmitting satellite data to users as well as the requirements for the communications channels of the satellite base stations network.