

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ РЕГИСТРАЦИИ ДАННЫХ ГНСС С ВЫСОКОЙ ЧАСТОТОЙ ОПРОСА

Алешин И.М., Холодков К.И., Передерин Ф.В., Погорелов В.В.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли
им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, г. Москва, ima@ifz.ru, vvp@ifz.ru*

Введение

Задача регистрации сигналов ГНСС с повышенной частотой дискретизации (10 Гц и более) возникает при необходимости уточнения траектории движения быстро перемещающихся объектов, таких как самолеты-лаборатории (СЛ), ориентированные на проведение геофизических и метеорологических исследований, или мобильные измерительно-диагностические лаборатории (МИДЛ) на базе автомобилей, которые используются для оценки условий навигации глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС).

При использовании стандартного приемного оборудования и стандартных схем наблюдений запись данных производится непосредственно во внутреннюю, относительно небольшую память приемника. Высокая частота регистрации наблюдений затрудняет передачу данных с ГНСС-приемника по каналам связи. Поэтому зачастую используют обслуживаемые автономно работающие приемники на подвижном носителе и стационарных пунктах наблюдений - базовых станциях.

Коррекция позиционирования самолета-лаборатории при аэрогравиметрических исследованиях

В ИФЗ РАН активно развиваются технологии и методы аэрогравиметрических исследований [2-4]. Для обеспечения масштаба съемки 1: 200 000 – 1: 1 000 000 коррекция инерциальных гравиметрических комплексов по данным ГНСС и позиционирование гравиметрических измерений, выполняемых на борту СЛ с необходимой точностью, осуществляется при опросе ГНСС с частотой 10 Гц. Реализация дифференциального режима или режима RTK по наземным базовым станциям (БС) в режиме реального времени затруднительна, так как требует организации передачи и приема (учета) дифференциальной поправки с высокой частотой от БС к подвижному приемнику ГНСС, связанному с гравиметрическими комплексами. Это весьма затруднительно даже при использовании спутниковых каналов связи. Поэтому коррекция навигационной информации подвижных приемников производится по данным БС на этапе пост-обработки.

В практике выполнения аэрогравиметрических исследований для коррекции навигационных решений самолета-лаборатории обычно разворачиваются временные наземные базовые станции (БС), расположенные в непосредственной близости от района съемки и обеспечивающие регистрацию измерений с той же частотой опроса, что и на подвижном носителе [1, 2]. При эксплуатации этих станций, как правило, возникают следующие особенности:

- необходимость обеспечения постоянного энергоснабжения высокочастотных ГНСС-приемников, используемых при регистрации наземных данных;
- затруднительность контроля состояния регистрирующего оборудования;
- необходимость сохранения сравнительно больших объемов данных на внешние носители.

Для решения этих задач зачастую приходится прибегать к помощи оператора, что иногда вызывает затруднения при размещении БС в труднодоступных районах в условиях отдаленных стационаров с небольшим штатом.

Разработка технического решения для автономной базовой станции ГНСС

Для повышения автономности в работе БС сотрудниками ИФЗ РАН было разработано техническое решение, позволяющее осуществлять автономный сбор и дистанционный контроль регистрации данных спутниковых навигационных систем с высокой частотой опроса (10 Гц). Оно выполнено на базе энергоэффективных компьютеров со специально разработанным программным обеспечением [11], которое оптимизировано для сохранения данных локально. Для устранения потерь спутниковых данных, обусловленных высокой частотой опроса, применена двойная буферизация и агрессивное вычитывание данных с порта ГНСС-приёмника.

Решение выполнено на основе метода, разработанного при участии сотрудников ИФЗ РАН для обеспечения работы службы оперативного мониторинга состояния ионосферы по данным сети Института прикладной геофизики им. Е.К. Федорова (РОСГИДРОМЕТ) [5]. Техническая реализация метода основана на внутреннем представлении ГНСС-данных и их проекции на структуру реляционной базы данных [6]. Регистрация и передача данных осуществляется с помощью специально разработанных утилит [8-10], обеспечивающих регистрацию, локальное сохранение и передачу данных в центр обработки, а также оперативный мониторинг функционирования системы сбора [11].

Изначально при работе в сезонах 2015-2016 гг. для платформы, на которой функционировала БС, был использован компактный энергоэффективный компьютер с архитектурой X86 и процессором Atom. Однако, энергоэффективность используемого процессора составляет 20-25 Вт. Разработанное кросс-платформенное программное обеспечение было экспортировано на систему Linux (при выборе минималистичного дистрибутива ArchLinux), и, что важно, оно адаптировано работы на процессорах с архитектурой ARM, энергопотребление которых на порядок ниже и составляет ~ 3 Вт. Это позволило также сделать устройство регистрации более компактным (габариты: 9 x 6 см, вес: 40 г.), что расширяет возможности его использования. На рисунке 1 приведена общая схема организации системы удаленного управления и сбора данных с использованием необслуживаемых временных базовых станций.

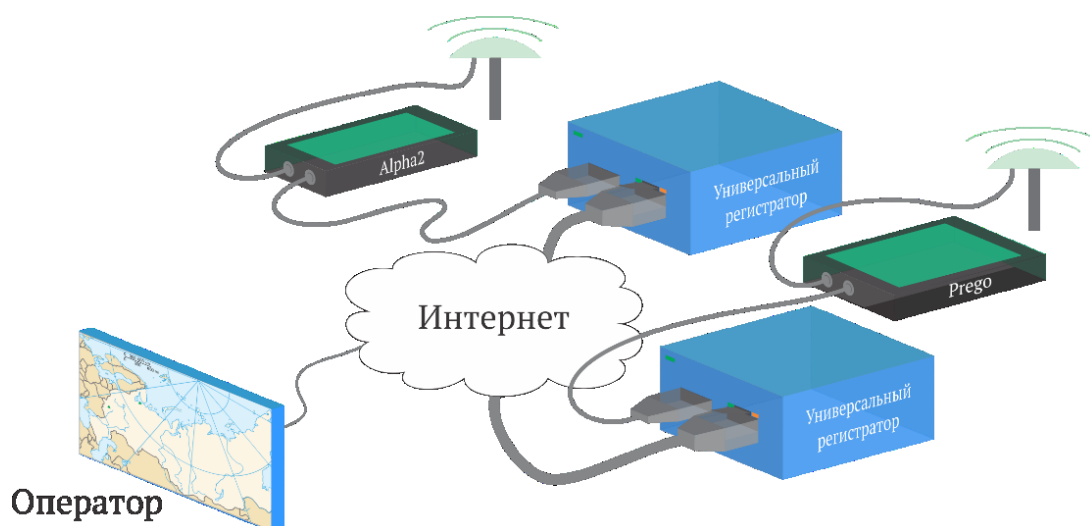


Рис. 1. Общая схема организации системы удаленного управления и сбора данных с использованием необслуживаемых временных базовых станций

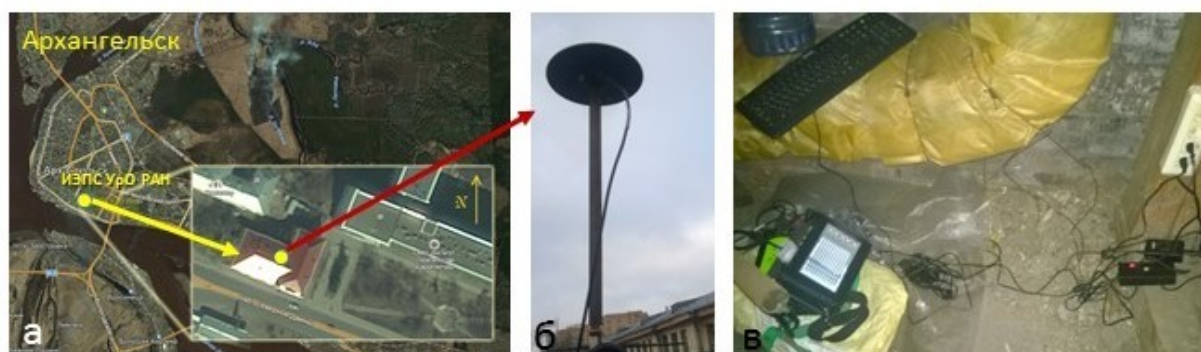


Рис. 2. Размещение необслуживаемой базовой станции в Федеральном исследовательском центре комплексных исследований Арктики Российской академии наук (ФГБУН ФИЦКИА РАН) в г. Архангельск. а) Схема расположения ФГБУН ФИЦКИА РАН, б) спутниковая антенна на крыше одного из зданий, в) размещение оборудования НКС в подсобном помещении.

Эта разработка была успешно опробована в ходе проведения аэрогравиметрических исследований на трансконтинентальных перелетах по маршруту Петропавловск-Камчатский –

Архангельск в 2016-2017 гг. В 2016 г. в дополнение к временным наземным станциям, расположенным на Камчатке и используемым станциям сети дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ), было развернуто 2 автономных базовых станции – в Архангельске (рис.2) и в Москве. Управление процессом сбора данных велось через Интернет: станция сбора обеспечивала постоянное соединение с шлюзовым сервером ИФЗ РАН. ПО на шлюзовом сервере отслеживало доступность станции, а также уведомляло о фактах потери связи или прекращения регистрации данных. Малое энергопотребление позволило также усовершенствовать в 2017 г. систему резервирования электропитания. Для контроля работоспособности регистрирующего оборудования и удаленного управления регистрацией предусмотрена возможность использования каналов спутниковой и мобильной связи.

Подвижная система регистрации ГНСС на основе универсальной портативной системы регистрации геофизических данных

В 2017 году с использованием описанного оборудования и технологии регистрации данных был реализован автономный мобильный вариант, который устанавливался на автомобиле (рис.3). На таком прототипе МИДЛ были проведены исследования по маршруту Архангельск - Москва-Севастополь и выполнен эксперимент по сравнительной оценке использования удаленных БС, размещенных в условиях арктической зоны и в средних широтах. Созданная подвижная система регистрации показала свою работоспособность и возможность дистанционного контроля ее состояния по каналам мобильной связи.



Рис. 3. Созданная подвижная система регистрации ГНСС: а) мобильный автономный вариант, б) антенна ГНСС, установленная на автомобиле

Разработанное техническое решение также успешно опробовано для регистрации магнитометрических [7], наклономерных и сейсмометрических данных.

Благодарности

Авторы благодарны дирекции и сотрудникам Камчатского филиала Единой геофизической службы РАН (КФ ФИЦ ЕГС РАН) и за помощь в организации и проведении наблюдений на наземных корректирующих станциях на Камчатке, а также руководству и сотрудникам лаборатории сейсмологии Федерального исследовательского центра комплексных исследований Арктики за содействие в организации наземных наблюдений в г. Архангельск.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН 1.32П "Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации" Проект "Аэрогравиметрическая съемка в высоких широтах Арктики»

Список литературы:

1. Болотин Ю.В., Голован А.А., Парусников Н.А. Особенности камеральной обработки в задаче авиационной гравиметрии // Разведка и охрана недр. 2006. № 5. С. 35–38.
2. Дробышев Н.В., Конешов В.Н., Погорелов В.В., Рожков Ю.Е., Соловьев В.Н. Особенности методики аэрогравиметрической съемки, проводимой в высоких широтах // Физика Земли. 2009. № 8. С. 36-41
3. Конешов В.Н., Абрамов Д.В., Дробышев Н.В., Кузнецова Н.В., Макушин А.В., Погорелов В.В., Соловьев В.Н. Изучение гравитационного поля Земли в ходе экспедиционных работ ИФЗ РАН на Камчатке в 2014 году // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2014. № 2. Вып. № 24. С. 204-210
4. Конешов В.Н., Соловьев В.Н., Погорелов В.В., Непоклонов В.Б., Афанасьева Л.В., Дробышев М.Н. Об использовании аэрогравиметрических измерений для оценки региональных погрешностей аномалий силы

тяжести, определенных по современным моделям гравитационного поля Земли // Геофизические исследования. 2016. Том 17. №3 С. 5-16 DOI: 10.21455/gr2016.3-1

5. Алешин И.М., Алпатов В.В., Васильев А.Е., Бургучев С.С., Холодков К.И., Будников П.А., Молодцов Д.А., Корягин В.Н., Передерин Ф.В. Оперативная служба мониторинга ионосферы по данным станций глобальных навигационных спутниковых систем // Геомагнетизм и аэрономия. 2014. № 4. Т. 54. С. 496–502.

6. Алешин И.М., Алпатов В.В., Васильев А.Е., Бургучев С.С., Холодков К.И., Передерин Ф.В. Опыт создания оперативной службы сбора данных сети наземных станций глобальных навигационных спутниковых систем // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2015. № 1. Вып.25. С. 99-103

7. Передерин Ф.В., Алешин И.М., Холодков К.И., Бургучев С.С., Соловьёв А.А. Программная реализация удаленного управления процессами регистрации и оперативной передачи геомагнитных измерений // Сейсмические приборы. 2016. Т. 52. № 4. С. 76-82.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014616489 «Программа автоматического разбора и преобразования сообщений приемного оборудования JAVAD» Правообладатель: ИФЗ РАН. Авторы: Алешин И.М., Бургучев С.С., 2014.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014616491 «Программа оперативного наблюдения и контроля работы регистратора ГНСС», Правообладатель: ИФЗ РАН. Авторы: Алешин И.М., Передерин Ф.В., Холодков К.И., 2014.

10. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620893 «База данных оперативных сообщений сигналов ГНСС приемного оборудования JAVAD», Правообладатель: ИФЗ РАН. Авторы: Алешин И.М., Бургучев С.С., 2014.

11. Aleshin I.M., Alpatov V.V., Vasiliev A.E., Kholodkov K.I., Burguchev S.S. Data Handling in GNSS Receiver Network and Ionosphere Monitoring Service Solution / Engineering and Telecommunication (EnT), International Conference. 2014. P. 122-125 <http://ieeexplore.ieee.org/document/7121446/>