

УДК 689.723
МРНТИ 89.29.65, 47.49.31

ЦЕНТР УПРАВЛЕНИЯ СЕТЬЮ РЕФЕРЕНЦНЫХ ГНСС СТАНЦИЙ

М.М. МОЛДАБЕКОВ¹, Д.И. ЕРЕМИН¹, Д.Г. ЖАКСЫГУЛОВА², С. ТРЕПАШКО¹

¹ДТОО «Институт космической техники и технологий»

²Казахский Национальный университет им. аль-Фараби

Аннотация: В целях обеспечения высокоточного позиционирования пользователя на территории Казахстана разрабатывается система управления сетевой инфраструктурой референцных глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) станций с использованием облачных технологий. Повышение точности определения географических координат позволяет значительно расширять навигационные системы для решения множества прикладных задач, от использования сверхвысокоточной спутниковой навигации для прецизионного земледелия до автоматического управления беспилотными летательными аппаратами. Целью создания системы управления сетевой инфраструктурой референцных ГНСС станций с использованием облачных технологий является повышение точности определения географических координат точек местности с использованием спутниковой навигации и метода дифференциальной коррекции, снижение затрат на создание и эксплуатацию системы за счет использования облачных технологий. Разработка программной системы управления сетью референцных ГНСС станций выполняется с применением современных средств проектирования, программирования и моделирования. В статье приведена структура и основные компоненты системы управления сетью референцных ГНСС станций с использованием облачных технологий. Приведены функциональные характеристики центра управления сетью референцных ГНСС станций с использованием облачных технологий. Описано техническое обеспечение центра управления сетью референцных ГНСС станций с использованием облачных технологий, которое включает в себя комплекс технических средств, такие как автоматизированные рабочие места персонала, средства отображения информации, средства телекоммуникаций и вспомогательные средства. Информационный обмен в системе управления сетевой инфраструктурой референцных ГНСС станций с использованием облачных технологий описывается сетевой моделью взаимодействия открытых систем OSI/ISO.

Ключевые слова: навигационная система, система управления, ГНСС станции, сеть референцных станций, дифференциальная станция

CONTROL CENTER OF THE NETWORK OF REFERENCE GNSS STATIONS

Abstract: In order to ensure high-precision positioning of the user in Kazakhstan, a system for managing the network infrastructure of the reference global navigation satellite systems (GNSS) stations using cloud technologies is being developed. Improving the accuracy of determining geographic coordinates can significantly expand navigation systems to solve a variety of applied problems, from the use of ultra-high-precision satellite navigation for precision farming to the automatic control of unmanned aerial vehicles. The purpose of creating a network infrastructure management system for reference GNSS stations using cloud technologies is to improve the accuracy of determining the geographical coordinates of terrain points using satellite navigation and the differential correction method, reducing the cost of creating and operating the system through the use of cloud technologies. The development of a software system for managing a network of reference GNSS stations is carried out using modern design, programming and modeling tools. The article presents the structure and main components of the system for managing the network of reference GNSS stations using cloud technologies. The functional characteristics of the control center of the network of reference GNSS stations using cloud technologies are presented. The technical support of the control center of the network of reference GNSS stations using cloud technologies is described, which includes a set of technical means,

such as automated workstations for personnel, information display facilities, telecommunications facilities and auxiliary facilities. Information exchange in the management system of the network infrastructure of the reference GNSS stations using cloud technologies is described by the network model of the interaction of open systems OSI / ISO.

Keywords: *navigation system, control system, GNSS stations, network of reference stations, differential station*

РЕФЕРЕНЦІТІ ҒНСЖ СТАНЦИЯЛАРЫНЫҢ ЖЕЛІСІН БАСҚАРУ ОРТАЛЫҒЫ

Аңдатпа: Қазақстанда пайдаланушының жоғары дәлдікті орналасуын қамтамасыз ету мақсатында бұлтты технологияларды қолданатын референцті ғаламдық навигациялық спутниктік жүйесі (ҒНСЖ) станцияларының желілік инфрақұрылымын басқару жүйесі әзірленуде. Географиялық координаттарды анықтаудың дәлдігін арттыру, ұшықшысыз ұшу аппараттарын автоматтандырылған басқаруға дейін өте жоғары дәлдіктегі спутниктік навигацияны қолданудан бастап әртүрлі қолданбалы міндеттерді шешу үшін навигациялық жүйелерді айтарлықтай кеңейтеді. Бұлтты технологияларды қолданып анықтамалық ҒНСЖ станцияларының желілік инфрақұрылымын басқару жүйесін құру мақсаты спутниктік навигация мен дифференциалды түзету әдісімен жердің географиялық координаттарын анықтаудың дәлдігін жақсарту, бұлтты технологияларды қолдану арқылы жүйені құру мен өндіріске енгізу шығындарын азайту болып табылады. Референцті ҒНСЖ станциялар желісін басқару үшін бағдарламалық жасақтама жүйесін әзірлеу заманауи жобалау, бағдарламалау және модельдеу құралдарын қолданысқа енгізу арқылы жүзеге асырылады. Мақалада бұлтты технологияларды қолданып референцті ҒНСЖ станциялар желісін басқарудың құрылымы мен негізгі компоненттері келтірілген. Бұлттық технологияларды қолданып, референцті ҒНСЖ станциялар желісінің басқару орталығының функционалдық сипаттамалары келтірілген. Ақпараттық желілерді, телекоммуникация құралдарын және қосалқы құралдарды автоматтандырылған жұмыс станциялары сияқты техникалық құралдардың жиынтығын қамтитын бұлтты технологияларды қолданып, референцті ҒНСЖ станциялар желісінің басқару орталығын техникалық қолдауы сипатталады. Бұлттық технологияларды қолданып, референцті ҒНСЖ станцияларының желілік инфрақұрылымын басқару жүйесіндегі ақпарат алмасу ашық жүйелері OSI / ISO өзара әрекеттесудің желілік моделі арқылы зерделенеді.

Түйінді сөздер: *навигациялық жүйе, басқару жүйесі, GNSS станциялары, референцті станциялар желісі, дифференциальды станция*

Персональная спутниковая навигация и ГИС-сервисы прочно вошли в повседневную жизнь в многих отраслях. Смартфоны, автомобильные навигаторы, бортовые терминалы, такие как системы экстренного вызова ЭВАК [1] и ЭРА-ГЛОНАСС [2] определяют координаты стандартной точности. Однако для непосредственного использования в процессе решения научных (изучения ее гравитационного поля Земли, его изменения во времени, исследования недр, и глубинного строения планеты и т.д.) и прикладных (обеспечение нужд геодезии, геологии, геофизики, топографии, воздушной, морской и космической навигации и т.д.) задач требуются более высокой точности измерения координат.

Принципы спутниковой навигации и методы повышения точности навигационных определений изложены на сайте ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» [3-4]. Действенным способом повышения точности навигационных измерений является дифференциальный метод, при котором приемник сигналов ГНСС потребителя и ГНСС приемник референцной станции одновременно выполняют прием сигналов ГНСС и вычисление координат. Повышение точности измерения координат достигается за счет компенсации коррелированных погрешностей измерений потребительского и референцного ГНСС приемников [3]. В основе дифференциального метода лежит знание «истинных» координат референцной

ГНСС станции, относительно которых могут быть вычислены дифференциальные поправки. Если дифференциальные поправки от референционной ГНСС станции учесть в расчетах, точность расчета координат ГНСС приемника потребителя повышается в десятки раз. Высокая точность позиционирования (сантиметры, миллиметры) достижима при использовании фазовых измерений – ГНСС приемники потребителя и референционной станции должны выполнять измерения полной фазы несущей частоты сигналов ГНСС (фазовые измерения псевдодальностей). Для расчета навигационного решения и дифференциальных поправок требуется программно-математическое обеспечение (ПМО). Измерения могут быть реализованы в ГНСС приемнике потребителя в режиме реального времени (DGNSS, RTK) или во внешнем вычислителе после сеанса измерений, путем совместной обработки сохраненных данных измерений ГНСС приемника потребителя и референционной ГНСС станции (режим постобработки – PP) [5].

В целях обеспечения высокоточного позиционирования пользователя на территории Казахстана разрабатывается система управления сетевой инфраструктурой референционных ГНСС станций с использованием облачных технологий (далее – система). Программная платформа которой будет комплексным решением в управлении сетью референционных ГНСС станций, а именно содержит автоматизированную информационную систему для сбора и обработки навигационных и телеметрических данных от сети ГНСС станций, и автоматизированную систему управления для контроля телеметрии (о состоянии узлов станций) и удаленного управления (телемеханики) режимами работы ГНСС станций. Использование облачных технологий для сбора и архивации больших объемов навигационных данных, расчета навигационных решений и корректирующей информации для пользователей позволит снизить стоимость создания и эксплуатации системы за счет исключения закупки и обслуживания собственной (корпоративной) вычислительной системы. На рисунке 1 представлена структура сис-

темы управления сетевой инфраструктурой референционных ГНСС станций с использованием облачных технологий.

Система управления сетевой инфраструктурой референционных ГНСС станций с использованием облачных технологий содержит следующие основные компоненты:

- сеть референционных ГНСС станций;
- облачный сервис PaaS включает средства сбора, обработки и хранения данных;
- удаленный центр управления системой с рабочими станциями персонала;
- пользователи системы (потребители услуг) с доступом к системе через любой доступный веб-браузер или мобильное приложение;
- защищенные выделенные каналы связи VPN в глобальной сети передачи данных WAN (Интернет) между облачной вычислительной системой, каждой ГНСС станцией сети, центром управления системой, внешними системами;
- защищенные соединения по протоколу HTTPS пользователей с системой, системы с внешними системами и веб-ресурсами в сети передачи данных WAN (Интернет);
- каналы сотовой связи для подключения навигационной аппаратуры потребителей к системе и передачи цифровых данных по протоколу GPRS/3G/UMTS.

Основными компонентами системы управления сетевой инфраструктурой референционных GNSS станций с использованием облачных технологий являются сеть референционных ГНСС станций, которая является источником входных навигационных и телеметрических данных, и объектом управления системы, а также прикладное программное обеспечение, исполняемое в облачной вычислительной системе. Архитектура сети ГНСС станций предполагает совокупность распределенных на территории равноценных ГНСС станций, покрывающих всю территорию обслуживания сетевыми поправками и обеспечивающих равномерную погрешность навигационных определений.

Удаленный центр управления системой содержит комплекс технических средств для

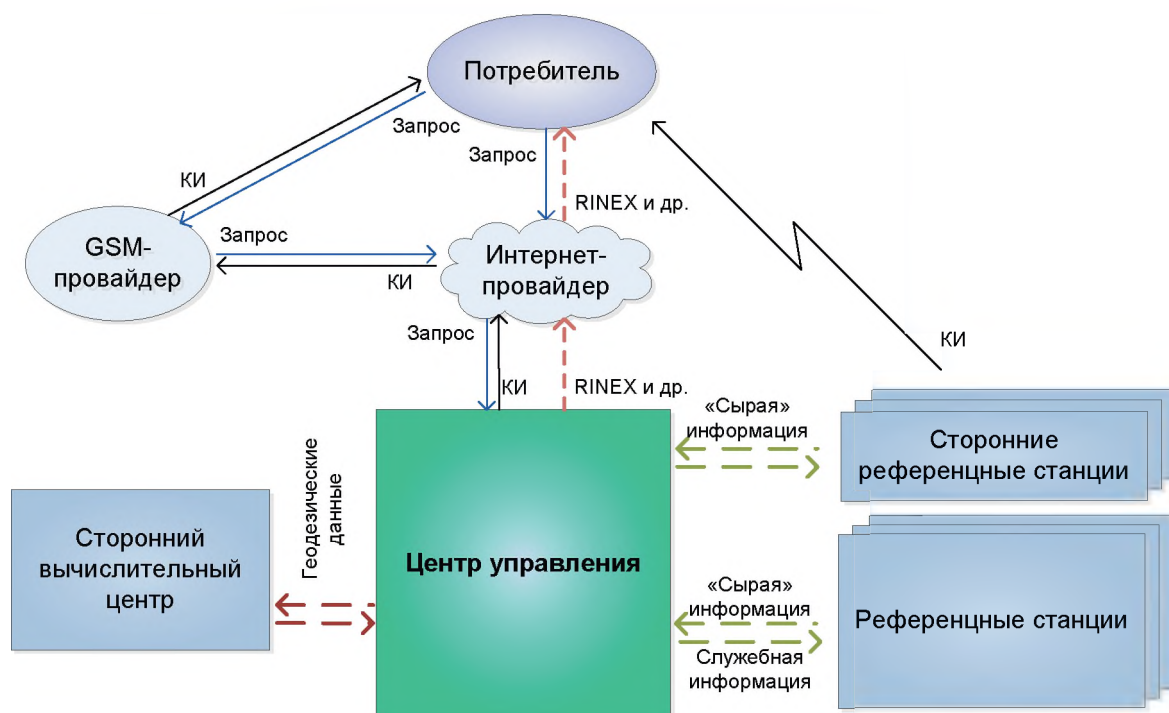


Рис. 1 – Структура системы управления сетью референчных ГНСС станций с использованием облачных технологий

визуального контроля параметров состояния системы и управления режимами работы сети ГНСС станций (Рисунок 2). Комплекс технических средств включает автоматизированные рабочие места АРМ персонала (рабочие станции, ИБП, принтеры, сканеры), средства отображения информации (экраны), средства телекоммуникаций (коммутаторы, маршрутизаторы) и вспомогательные средства (телефонные гарнитуры, шредер). В целях унификации и заменяемости, все рабочие станции однотипные и подключены к локальной сети LAN, это значит, сотрудники центра управления могут подключиться к системе на любых АРМ.

АРМ центра управления системой (6 основных и 4 резервных) объединены в локальную информационную сеть LAN посредством сетевого коммутатора (Switch), подключение к внешней сети WAN (Интернет) через пограничный маршрутизатор (Border Router), который помимо сетевой IP адресации информационных потоков выполняет также функции межсетевого экрана (Firewall). Подключение информационных шин на физическом уровне выполняется проводное (витая пара) по технологии Ethernet 10/100/1000.

Резервные рабочие станции установлены на полноценных АРМ 07-10 и могут функционировать наравне с основными АРМ 01-06 либо находятся в резерве (питание включено, рабочие станции в спящем режиме ожидания). Резервный коммутатор и маршрутизатор хранятся в шкафу/сейфе системного администратора и готовы к оперативной замене. Техническое обслуживание оборудования выполняется по скользящему графику, последовательно поочередно, без перерывов в работе центра управления системой.

Информационный обмен в системе описывается сетевой моделью взаимодействия открытых систем OSI/ISO. Сетевые устройства и локальные сети взаимодействуют друг с другом посредством модели OSI на семи уровнях взаимодействия с использованием стека сетевых протоколов OSI (ГОСТ Р ИСО/МЭК 7498-1). Информационный обмен между компонентами системы осуществляется через единое информационное пространство посредством локальных LAN и глобальных WAN сетей с использованием стандартизированных протоколов передачи и форматов данных.

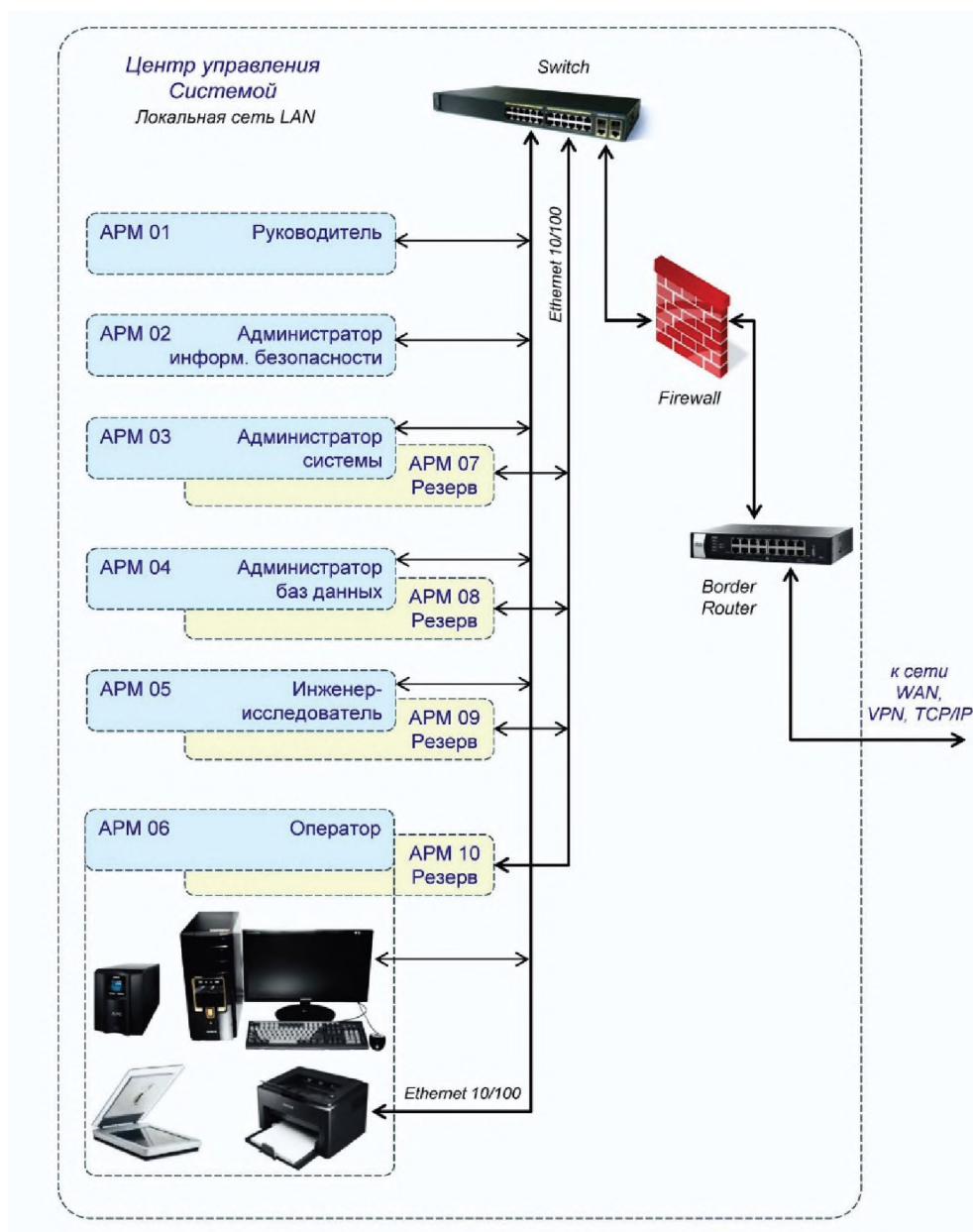


Рис. 2 – Схема деления структурная комплекса технических средств центра управления системой

Конфигурация информационного обмена в системе составлена из совокупности территориально разнесенных локальных информационно-вычислительных сетей LAN, которые объединены в общую информационную сеть посредством защищенных выделенных каналов связи VPN (по технологии виртуальной частной сети) поверх глобальной сети WAN (Интернет). Информационное взаимодействие в сети WAN осуществляется с использованием стека протоколов передачи данных TCP/IP (протоколы транспортного уровня TCP, протоколы сетевого уровня IP, в частности, используется IPv6).

Информационный обмен между сетью ГНСС станций, облачной вычислительной системой, центром управления системой и смежными ГНСС системами осуществляется на межсетевом уровне модели TCP/IP (сетевой уровень модели OSI) по защищенным каналам VPN в сети WAN (Интернет). Информационный обмен системы с пользователями, внешними системами и доступ к веб-ресурсам осуществляется через защищенное соединение по протоколу HTTPS в сети WAN. Информационный обмен мобильных ГНСС приемников пользователей и системы осуществляется по каналам сотовой связи.

вой связи GSM/GPRS/3G/UMTS с выходом в сеть WAN, с поддержкой протоколов TCP/IP. Таким образом, все удаленные компоненты архитектуры системы взаимодействуют на межсетевом уровне через глобальную сеть WAN.

Подключение компонентов системы к сети WAN осуществляется через пограничные маршрутизаторы (роутеры). Исключение могут составлять референчные ГНСС станции, в которых отсутствует маршрутизатор и приемник сигналов ГНСС подключается к сети WAN непосредственно, через встроен-

ный интерфейс Ethernet 10BASE-T/100BASE-TX (RJ45).

Центр управления сетью референчных GNSS станция с использованием облачных технологий является комплексным решением в управлении сетью референчных ГНСС станций, то есть содержит автоматизированную информационную систему для сбора и обработки навигационных и телеметрических данных от сети ГНСС станций, и автоматизированную систему управления для контроля телеметрии (о состоянии узлов станций) и удаленного управления режимами работы ГНСС станций.

ЛИТЕРАТУРА

1. ЭВАК. Сайт ГАИС ЭВАК РК // Режим доступа: <http://evak.online>, дата обращения: 19.06.2018 г.
2. ЭРА-ГЛОНАСС. Сайт АО «Навигационно-информационные системы» // Режим доступа: http://www.nis-glonass.ru/projects/era_glonass, дата обращения: 19.06.2018 г.
3. Принципы навигации. Сайт «Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (г. Королев, Россия) // Режим доступа: <https://www.glonass-iac.ru/guide/navfaq.php>, дата обращения: 19.06.2018 г.
4. Системы функциональных дополнений глобальных навигационных спутниковых систем. Сайт «Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» // Режим доступа: https://www.glonass-iac.ru/guide/gnss/function_dop.php, дата обращения: 19.06.2018 г.
5. Технологии. Сайт ООО «Фарватер» // Режим доступа: <http://farwater-gnss.ru/tech>, дата обращения: 20.06.2018 г.