

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПРОЗРАЧНОГО УДАЛЕННОГО ДОСТУПА К ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ БУРЕНИЯ И ДАННЫМ СКВАЖИННОЙ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Василий Сергеевич Литвинов

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 1, магистрант, e-mail: kvas.omsk@gmail.com

Александр Александрович Власов

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: vlasovaa@ipgg.sbras.ru

Дмитрий Владимирович Тейтельбаум

Научно-производственное предприятие геофизической аппаратуры «Луч», 630051, Россия, г. Новосибирск, ул. Юргинская 2-я, 34, начальник отдела, e-mail: teytelbaum@gmail.com

В ряде случаев при бурении нефтегазовых скважин требуется оказание сопровождения процесса бурения, заключающееся в контроле параметров и принятии неотложных решений. На основе реализации протокола SSH разработано программное средство прозрачного доступа к параметрам бурения, учитывающее ограничения каналов связи офиса и буровой (такие как низкая скорость передачи данных, частые разрывы соединения, использование NAT) и упрощающее процесс сопровождения.

Ключевые слова: наклонно-направленное бурение, сопровождение бурения, SSH, port forwarding.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR TRANSPARENT REMOTE ACCESS TO TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF DRILLING AND DATA FROM A DOWNHOLE TELEMETRY SYSTEM IN UNSTABLE COMMUNICATION CONDITIONS

Vasily S. Litvinov

Novosibirsk National Research State University, 1, Pirogova St., Novosibirsk, 630073, Russia, Graduate, e-mail: kvas.omsk@gmail.com

Aleksandr A. Vlasov

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., Senior Researcher, e-mail: vlasovaa@ipgg.sbras.ru

Dmitry V. Teytelbaum

SPEGE «Looch», 34 2-ya Yurginskaya St., Novosibirsk, 630051, Russia, Head of Department, e-mail: teytelbaum@gmail.com

In some cases, drilling of oil and gas wells requires the provision of support for the drilling process, which includes monitoring of parameters and making urgent decisions. Based on the implementation of the SSH protocol, a software tool has been developed for transparent access to drill-

ing parameters, taking into account the constraints of office-rig channels, such as low data transfer rates, frequent connection breaks, the use of NAT.

Key words: directional drilling, drilling tracking, SSH, port forwarding.

Введение

При бурении нефтегазовых скважин возникают нештатные ситуации, требующие принятия неотложных решений. Промедление с разрешением таких ситуаций может привести к тяжелым последствиям для персонала, оборудования, ствола скважины, к трате ресурсов на устранение этих последствий. Для контроля параметров бурения и принятия неотложных решений привлекаются высококвалифицированные специалисты [1, 2], чаще работающие в офисе и занимающиеся надзором над бурением сразу нескольких скважин. Существует типичный набор средств, применяемых для решения задачи удаленного сопровождения бурения, но специалисты, работающие с ними, сталкиваются с ограничениями, связанными с особенностями каналов связи офиса и буровых, с организацией вычислительных сетей предприятия, с вопросами информационной безопасности, с простотой применения данных средств.

В рамках работы была поставлена задача – разработать программное средство прозрачного удаленного доступа к технологическим параметрам бурения и данным скважинной телеметрической системы в условиях нестабильной связи с целью сопровождения бурения и оказания помощи инженерам наклонно-направленного бурения.

Организация процесса сопровождения бурения

Обычно удаленное сопровождение бурения проходит с использованием существующих каналов связи с буровой. Ниже приведены наиболее распространенные варианты организации связи с их характерными особенностями.

1. Спутниковая связь. Зачастую это единственный вариант, доступный в полевых условиях из-за удаленности от населенных пунктов. Задержка передачи данных при таком способе соединения достигает нескольких сотен миллисекунд. Скорость приема данных обычно лежит в интервале от 64 кбит/с до 6 Мбит/с, скорость передачи – от 32 кбит/с до 2 Мбит/с. Часто указанная пропускная способность разделяется между несколькими буровыми. Максимально возможная скорость приема-передачи данных зависит от множества физических параметров, от погодных условий, однако телекоммуникационное оборудование рассчитано на работу на скорости сотен Мбит/с. Обычно на буровых устанавливается спутниковый модем с маршрутизатором.

2. Мобильная связь (GPRS, 3G, 4G) вблизи населенных пунктов, в зонах покрытия сети. Она имеет меньшие задержки передачи данных, проще в организации. Как правило, устройство абонента не имеет адреса в Интернете, поэтому прямой доступ к ПК на буровой затруднен и приходится использовать

ПО, в котором соединения устанавливаются недоступной через Интернет стороной (как сделано в Teamviewer).

3. Кабельная связь. Обладает наивысшей скоростью передачи данных, но в данной статье не рассматривается из-за редкого использования и недоступности подрядным сервисным организациям.

Довольно распространенный способ организации контроля за бурением – накопление нужных данных на ПК буровой и периодическая (например, после пробуривания скважины на длину одной трубы) ручная отправка их по электронной почте заказчику буровых работ для анализа и принятия решений. Если же реализуется возможность наблюдения за параметрами в процессе бурения, то непроизводительное время, ушедшее на разрешение нештатных ситуаций, сокращается благодаря сокращению времени на выявление таких ситуаций.

Анализ технических средств

Проведем краткий анализ инструментов, применяемых для удаленного контроля параметров бурения.

1. Специализированное клиентское ПО – программное обеспечение для контроля параметров бурения, поддерживающее работу со специализированными форматами для машинной обработки. Данные каротажа обычно хранятся на сервере и могут быть представлены в разных форматах, например, в текстовом LAS (Log ASCII Standard), в PDF (каротажный материал в графическом виде). Доступ к данным, хранящимся на сервере, может осуществляться по разным протоколам, как открытым (WITS), так и проприетарным, специфичным только для определенного ПО. Примером такого ПО может служить RealDepth 5 для работы с телеметрической системой «Луч» [3], использующее специально разработанный протокол, позволяющий передавать не только глубинные, но и временные данные. Часто реализуются системы сбора и интерпретации данных, создаваемые для решения узкоспециализированных задач [4].

2. Удаленный рабочий стол – обобщенное название приложений для удаленного управления рабочим столом с клиент-серверной архитектурой (например, TightVNC, Radmin).

3. TeamViewer – это приложение для удаленного управления и организации конференций. Отличие этого средства от удаленного рабочего стола заключается в использовании промежуточного сервера, доступного обеим сторонам, для установления соединения. Это позволяет подключаться к рабочим столам пользователей, чьи ПК недоступны из-за NAT.

4. VPN – это обобщенное название технологий, позволяющих обеспечить одно или несколько сетевых соединений (логическую сеть) поверх другой сети. Используется вместе с клиентским ПО из п.1, п.2.

5. SSH port forwarding – это технология и тип SSH-канала, предусмотренный стандартом протокола SSH. Поддержка таких каналов на стороне SSH-сервера позволяет перенаправлять TCP/IP подключения с определенного

порта сервера на определенный адрес и порт со стороны клиента. Используется вместе с клиентским ПО из п.1, п.2.

В результате сравнения данных инструментов было выявлено, что ни одно из рассмотренных средств в полной мере не учитывает всех важных особенностей удаленного сопровождения бурения, таких как пригодность для использования в условиях низкой пропускной способности канала связи, обеспечение конфиденциальности передаваемых данных, простота в использовании и настройке в полевых условиях и т.д.

Анализ требований и проектирование

Разрабатываемое программное средство рассматривалось с точек зрения:

1. Ведущих инженеров наклонно-направленного бурения, работающих в офисе. В их интересах иметь средство для оперативного доступа к данным бурения, чтобы контролировать параметры совместно с полевыми инженерами наклонно-направленного бурения. В разных ситуациях могут быть удобными разные решения: сеанс удаленного рабочего стола, если у полевого инженера возникли проблемы с настройкой ПО, или подключение клиентским ПО забойной телеметрической системы, по сравнению с удаленным рабочим столом это позволяет экономно расходовать отведенный объем трафика. Поэтому было предложено с помощью разрабатываемого программного средства предоставлять доступ к нескольким сервисам, запущенным на ПК буровой. В таком случае был бы полезен монитор, отображающий состояние программного средства на ПК буровой и доступность указанных сервисов, способ подключения к этим сервисам. Кроме того, при разборе нештатных ситуаций возникает потребность понять, находился ли полевой инженер на рабочем месте в определенный момент времени, чем он был занят. Для этого было предложено собирать с ПК буровых снимки экранов и наличие пользовательского ввода, отображать эти данные в мониторе ведущего инженера и иметь возможность сформировать из них отчет за указанный промежуток времени.

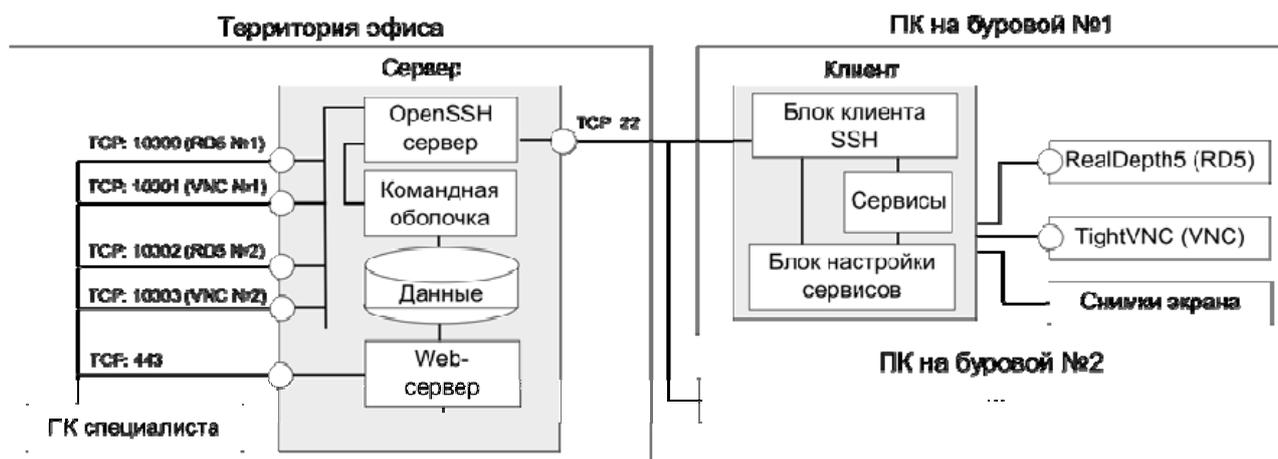
2. Системных администраторов, работающих в офисе, занимающихся разворачиванием и настройкой программного средства. В их задачи входит сетевое администрирование и формирование списка зарегистрированных ПК буровых, чтобы ведущие инженеры имели доступ только к нужным буровым. Месячный трафик нескольких буровых ограничен, поэтому для контроля над расходом трафика средством удаленного контроля было предложено встроить в него сбор статистики использования сети и инструмент для просмотра этой статистики за определенный временной интервал. В случае аномального расхода трафика средством удаленного контроля системные администраторы смогут установить, что именно является причиной данного явления.

3. Полевых инженеров наклонно-направленного бурения – инженеров телеметрической службы, ГТИ. Основная их работа – планирование и организация работ по геонавигационному сопровождению скважин и непосредственно сопровождение. Предполагалось, что их участие в процессе настройки и экс-

платации программного средства удаленного контроля потребуется только в целях диагностики.

Основными нефункциональными требованиями были:

1. ограничение на объем передаваемых собственных данных программного средства;
 2. сжатие и шифрование всего трафика программного средства;
 3. простота в обращении для полевых инженеров – отсутствие надобности читать руководство по эксплуатации для выполнения основных действий с программным средством; в идеальном случае отсутствие какого-либо взаимодействия полевого инженера по наклонно-направленному бурению и программного средства;
 4. длительное время стабильной работы программного средства;
 5. работоспособность программного средства в условиях плохой связи с частыми разрывами соединения;
 6. возможность запуска на ОС Windows 7, 8, 10, Linux.
- Общая схема работы программного средства приведена на рисунке.



Архитектура программного средства и схема подключения ПК буровых и ПК специалиста к серверу для оказания удаленной помощи

В основу разрабатываемого средства было решено положить технологию SSH port forwarding (перенаправление портов), т.к. ее настройка и использование не требуют изменения системных параметров. Из этого выбора следует, что архитектура разрабатываемого программного средства должна быть клиент-серверной, где клиентами будут являться узлы, расположенные на буровых, на которых запущены сервисы, предоставляющие по TCP/IP доступ к технологическим параметрам бурения и данным скважинной телеметрической системы. На сервере должна быть запущена командная оболочка, через которую клиенты будут передавать данные о своем состоянии. Для ведущих инженеров, работающих в офисе, будут доступны Web-интерфейсы, отображающие состояние подключений клиентов и порты, соответствующие сервисам на ПК буровой.

В результате была выработана архитектура программного средства для удаленного сопровождения бурения, показанная на рисунке.

Типичный сценарий подключения к сервису на ПК буровой:

1. Клиентское ПО подключается автоматически к серверу и проходит описанный в предыдущем сценарии процесс настройки.

2. Ведущий инженер через веб-интерфейс наблюдает за состоянием (работоспособность, номер ТСР-порта) интересующего его сервиса на ПК полевого инженера. Если сервис доступен, ведущий инженер вводит настройки подключения клиентского ПО, адрес сервера удаленного сопровождения и номер соответствующего сервису порта, подключается к сервису на буровой и осуществляет сопровождение бурения в соответствии с установленными стандартами.

Результаты тестирования

В результате тестирования были получены следующие характеристики и выводы:

1. минимальная скорость, при которой удалось добиться стабильной работы программного средства – 3 кбит/с на прием и передачу данных;

2. в качестве заставки рекомендуется использовать сплошную заливку одним цветом, т.к. снимок такого рабочего стола лучше подвергается сжатию;

3. программное средство работает стабильно в течение 3-4 недель, затем может произойти критический сбой, причина которого пока не выявлена. Данный срок значительно больше времени нахождения телеметрической системы под столом ротора буровой, поэтому такое время работы вполне удовлетворительно.

В настоящее время проводится внедрение в телеметрическую службу ПАО «Сургутнефтегаз». В данной организации уже имеется сеть VPN, объединяющая буровые с офисом управления бурением, поэтому возможность удаленного доступа уже была там до внедрения. Предполагается, что разработанное программное средство найдет применение в качестве монитора состояния сервисов на буровых и как единая точка доступа к данным бурения. Кроме того, полезной будет информация об активности пользователей, например при разборе нештатных ситуаций.

Заключение

Разработано программное средство для прозрачного удаленного доступа к технологическим параметрам бурения и данным скважинной телеметрической системы в условиях нестабильной связи. За основу средства была взята клиент-серверная архитектура с сервером, расположенным в офисе, и клиентами, расположенными на буровой и имеющими прямой доступ к данным бурения. С применением данного средства ведущие инженеры наклонно-направленного бурения для доступа к данным бурения могут использовать те же программные средства, что и полевые инженеры. Средство из-за выбора на-

бора технологий получилось универсальным, пригодным не только для удаленного доступа к данным бурения, но к любым данным, доступным по ТСР/IP на ПК буровой. Реализован сбор снимков экранов и времени активности пользователей ПК буровой как дополнительного источника информации при разборе нештатных ситуаций.

Проведены тесты, по результатам которых определена пригодность разработанного средства для работы в полевых условиях с использованием спутниковой и мобильной связи буровой и офиса: программное средство работает стабильно при скорости приема и передачи данных, равной 3 кбит/с, и работает без сбоев в течение 3-4 недель.

С помощью данного программного средства оперативно устранены неисправности в работе ПО забойной телеметрической системы «Луч» путем подключения к СУБД на ПК буровой и переводением ее в согласованное состояние. Разработанное программное средство используется для удаленной помощи в эксплуатации данного комплекса.

Из недостатков можно отметить возможную необходимость учитывать доступность ТСР-портов сервера (а, следовательно, и клиентских сервисов, предоставляющих доступ к данным бурения) из локальной сети офиса, и предотвращать несанкционированный доступ к ним. На данный момент этот недостаток устраняется с помощью творческого подхода системных администраторов, например, используются межсетевые экраны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Structural Steering – A Path to Productivity / A. Amer, F. Chinellato, S. Collins, J.-M. Denichou, I. Dubourg, R. Griffiths, R. Koepsell, S. Lyngra, Ph. Marza, D. Murray, I. Roberts // *Oilfield Review* 25. – 2013. – № 1. – P. 14–31.
2. Gorgone I., Gomez J., Uddenberg G. Remote operations, the future of drilling: Directional drilling remote control // *SPE/IADC Drilling Conference: Proceedings of the conf. (Orlando, USA, 4-6 March, 2008)*. – Orlando, USA: SPE, 2008. – P. 554-559.
3. Власов А.А., Фаре А.Н., Тейтельбаум Д.В., Расковалов П.С., Программа для предварительной обработки данных автономного каротажа RealDepth 5, Свидетельство о регистрации №2014662063 от 21 ноября 2014 г.
4. Sun, Q., Sun, Y., The application of real-time data remote transmission for LWD/MWD in oilfield // *E-Commerce, E-Business and E-Service: Proceedings of the International Conference (Hong Kong, China, May 1-2, 2014)*. – Hong Kong, China: CRC Press, 2014. – P. 155-158.
5. Информационное средство хранения, мониторинга и первичной обработки данных забойной телеметрической системы измерений процессе бурения / Н.О. Косогова, Д.В. Баранов, А.А. Власов, Д.В. Тейтельбаум // *Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология» : сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.)*. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 2. – С. 43–47.

© В. С. Литвинов, А. А. Власов, Д. В. Тейтельбаум, 2019