

Время сделать следующий шаг в сейсмозаписи.

RT System 2

ЕДИНСТВЕННАЯ промышленная система записи сейсмических данных с беспроводной передачей данных в режиме реального времени и возможностью расширения.



RT System 2 обеспечивает гибкость и снижение операционных издержек, присущих беспроводным системам, без потери всех преимуществ традиционной кабельной передачи данных в режиме реального времени. Все сейсмические данные передаются на центральное устройство записи в реальном времени с помощью телеметрической архитектуры, основанной на радиопередаче, которая может быть расширена до более чем 10000 каналов.



ВВЕДЕНИЕ

RT System 2 представляет собой систему регистрации сейсмических данных, разработанную и изготовленную для непосредственной замены традиционных кабельных систем, широко используемых для изучения нефтегазоперспективных территорий, а также разведки других ресурсов.

RT System 2 включает в себя стандартные элементы наземной сейсморазведочной системы: дистанционно расположенные модули высокоточной регистрации данных; инфраструктуру для передачи сейсмических данных с распределенных модулей (посредством беспроводной телеметрии вместо кабелей); и централизованную компьютерную систему обработки данных, осуществляющую функции отображения, хранения и управления данными.

Основным модулем регистрации данных является беспроводной полевой модуль (WRU). Это небольшой модуль, содержащий аналого-цифровой преобразователь, схемы цифрового управления и приемопередатчик, работающий в диапазоне 2,4 ГГц. Каждый WRU питается от одной или двух литий-ионных аккумуляторных батарей. Система оцифровывает сигналы, полученные с внешних аналоговых геофонов.

Функция телеметрии реализуется посредством двухэтапной системы связи: вдоль линии между WRU, а затем поперек линий посредством высокоскоростной трансляционной сети. WRU передают сейсмические данные через друг друга по линии (профилю). Каждый WRU получает данные от соседнего WRU, находящегося дальше в нисходящем направлении, а затем отправляет оба набора данных в восходящем направлении к следующему WRU. Так как расстояние между WRU равно обычному расстоянию между

группами сейсмоприемников при сейсморазведочных работах, они расположены недалеко друг от друга. А вследствие того, что приемопередатчики работают на минимальной мощности, система может работать долгое время при небольшой емкости батарей.

После того как данные попадают в трансляционную сеть, их собирает межлинейный полевой модуль (LIU). LIU выполняет функции интерфейса между сетью WRU и трансляционным оборудованием. На LIU расположено несколько Ethernet-портов, к которым можно напрямую подключить компьютер или, более часто, армированный оптоволоконный кабель или трансляционный радиопередатчик. Трансляционные радиопередатчики работают в диапазоне 900 МГц или 5,8 ГГц. Вторую группу WRU можно развернуть по другую сторону от LIU, симметрично или асимметрично вокруг него.

Далее в нисходящем (на уменьшение нумерации линий) направлении по трансляционной линии расположен еще один LIU со своими двумя линиями WRU, и подобная расстановка продолжается до получения ряда параллельных соединений вдоль линии и трансляционных соединений поперек линий. Трансляционная сеть также выполняет функции системы связи, передавая информацию между точками трансляции. Если необходимо, оптоволоконный кабель можно заменить радиолнией трансляционной сети. В любом случае схема размещения напоминает стандартную конфигурацию кабельной сейсморазведочной системы.

В определенной точке трансляционной инфраструктуры данные прибывают в централизованную систему регистрации. Централизованная система смонтирована в стойке с двумя компьютерами, настроенными по типу

«клиент–сервер». Обычно система устанавливается в передвижной регистрирующей станции со всем дополнительным оборудованием, необходимым для проведения сейсморазведочных работ: приемопередатчиками, регуляторами сейсмоисточника, дисплеями, ИБП, системами хранения данных и т. д. Внутри беспроводная передвижная регистрирующая станция выглядит и работает почти так же, как передвижная регистрирующая станция кабельной системы. Так как RT System 2 работает и регистрирует данные в режиме реального времени, оператор может контролировать характеристики расстановки и быстро проверять статус системы. Для выявления шумов расстановки можно использовать воздушный прибор контроля расстановки.

RT System 2 может выполнять синхронное и асинхронное накопление и корреляцию, поэтому ее можно использовать с различными типами источников - взрывами, падающими грузами, импульсными источниками и сейсмическими виброисточниками.

БЕСПРОВОДНОЙ ПОЛЕВОЙ МОДУЛЬ (WRU)

WRU является важнейшей частью RT System 2. В водонепроницаемом алюминиевом корпусе находятся аналого-цифровой преобразователь, приемопередатчик, модуль GPS, тестовые схемы, блоки питания и, конечно же, микропроцессоры (рис. 1).



Рис. 1. На внешней части корпуса WRU расположены: антенна повышенной прочности диапазона 2,4 ГГц; стандартный разъем геофона; антенна GPS; статусные индикаторы и две аккумуляторные батареи (по одной с каждой стороны)

Аналого-цифровой преобразователь представляет собой 24-разрядный преобразователь новейшей конструкции — микросхему, широко применяемую практически всеми производителями сейсморазведочных систем. В совокупности с высококачественными схемотехническими платами модуль обладает выдающейся линейностью характеристик и динамическим диапазоном.

Схема комплексной самодиагностики объединена с электронными компонентами системы регистрации данных. WRU может проверять доступную емкость батареи, местонахождение по GPS, инструментальные шумы, гармонические искажения, точность усиления, шумы расстановки, утечки, сопротивление и импеданс геофонов.

Гармонические искажения особенно трудно протестировать при помощи полевого прибора, так как измерительный генератор должен создавать достаточно низкие искажения, чтобы сравняться с показателями преобразователя или превзойти их. В RT System 2 установлена инновационная схема, которая удовлетворяет этому требованию, поэтому показатели в этой области гарантированы.

WRU выполняет две основные функции: оцифровка аналоговых сигналов с геофонов и передача данных в восходящем направлении по линии к LIU. Каждый WRU получает сейсмические данные от WRU, находящегося дальше в нисходящем направлении, добавляет собственные данные и передает сводные данные в восходящем направлении. Перемещение данных подобным образом требует от WRU переключения между режимами приема и передачи.

В каждом WRU установлена одна или две литий-ионные аккумуляторные батареи. При двухбатарейной конфигурации система интеллектуального управления питанием первоначально выбирает для питания батарею с меньшим уровнем заряда. Когда данная батарея разрядится, система переключается на батарею с более высоким уровнем заряда. Разряженные батареи можно заменить в полевых условиях, но во многих полевых работах заряда батарей хватает до момента свертывания сети WRU. За состоянием батарей непрерывно следит централизованная система управления. В полевых условиях специалисты отряда определяют, какие батареи требуют замены, по показаниям светодиодных индикаторов.

Подсистема GPS определяет примерное местоположение WRU, и эту информацию впоследствии может использовать централизованная система управления для связывания данных с этого WRU с его координатами, устраняя необходимость в переносном контрольном устройстве. Оператор централизованной системы управления может просмотреть расположение других WRU, что является полезной возможностью при наладке линий, если WRU не был помещен возле пикета.

WRU являются компактными и прочными регистрирующими модулями, предназначенными для быстрого развертывания не обладающими специальными навыками работниками без использования портативных компьютеров (рис. 2). После включения модуль помещают на землю и подсоединяют к группе геофонов или одиночный геофон. После этого он быстро выполняет ряд проверок, устанавливает соединение с GPS и радиосвязь с соседними WRU на линии. Для освоения этой операции практически не требуется обучение.



Рис. 2. Конструкция WRU предусматривает быстрое развертывание не имеющими специальными навыками работниками без применения портативных устройств

Группа индикаторов состояния на WRU позволяет контролировать процесс развертывания. Если в геофоне, GPS, радиолинии или батарее произойдет сбой, загорится красный индикатор. Индикаторы А и В показывают, какая батарея используется. Каждый индикатор мигает во время проверки для предоставления визуальной обратной связи. В целом, постоянно горящий красный индикатор указывает на проблему, и комбинацию горящих светодиодов можно использовать для получения информации с целью настройки линий.

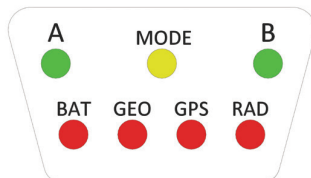


Схема радиосвязи/модема передает данные в диапазоне 2,4 ГГц, в который входят частоты от 2,400 до 2,4835 ГГц. В США и других странах действуют нормативы, регулирующие использование этих каналов. В частности, RT System 2 использует технологию, которая называется «расширение спектра скачкообразной сменой частоты» (FHSS) и заключается в том, что передатчики переключаются между каналами в псевдослучайной последовательности, чтобы один канал не оказался занят в течение продолжительного времени, освобождая частотный диапазон для других WRU, находящихся поблизости. За редким исключением RT System 2 можно использовать по всему миру без лицензии. Система RT System 2 полностью сертифицирована Федеральным агентством по связи США (FCC) и соответствует требованиям CE.

Приемопередатчики 2,4 ГГц работают при различных уровнях мощности, которые автоматически корректируются во время включения телеметрии. Центральный оператор указывает заданную мощность принимаемого сигнала, и WRU подстраивает свою мощность передачи для поддержания данного уровня. При необходимости WRU можно разместить на возвышениях или более высоких точках

пересеченной местности. В линии также можно разместить дополнительный WRU в качестве радиоретранслятора (повторителя) с целью нейтрализации помех, вызванных крупным препятствием.

Дальность передачи на минимальной мощности между WRU невелика по стандартам радиосвязи; от них требуется передавать данные через одну группу сейсмоприемников, что обычно составляет от 25 до 75 метров. На рис. 3 показан поток передаваемых данных. В случае возникновения проблем приемопередатчики могут пропускать один модуль. Автоматический пропуск позволяет оператору отключить точку, где произошел сбой, и восстановить линию, «перепрыгнуть» через проблемный узел. Пропущенный модуль может быть снова включен после устранения проблемы.

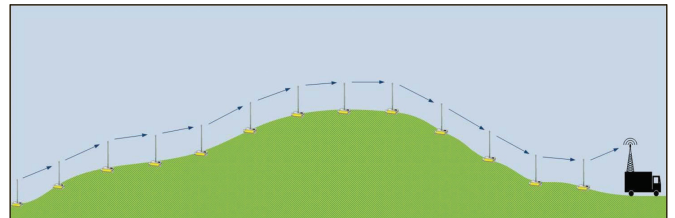


Рис. 3. Канал связи для передачи данных

Сигналы также передаются в противоположном направлении, от центрального компьютера к WRU, с целью обеспечения точности дискретизации и передачи команд, таких как шаг дискретизации и инструкции по проведению испытаний. Следует помнить, что в любой момент времени половина WRU передают данные, а половина принимают. Данная система позволяет избежать проблем с ограниченным количеством каналов и полосой частот, с которыми сталкивались предыдущие модели беспроводных сейсморазведочных систем, так как приемопередатчики работают на небольших расстояниях и все находящиеся поблизости модули используют другие частоты. Эта патентованная методика максимально увеличивает доступную пропускную способность полосы частот. Вторая линия WRU обычно работает на противоположной стороне от LIU. Эта линия использует обратную часть цикла приема-передачи, поэтому LIU большую часть времени находится в цикле получения данных.

RT System 2 работает в двух режимах регистрации: 1) непрерывная регистрация и 2) данные по запросу (DoD) с функцией защиты данных DataSafe для наиболее распространенного режима регистрации сейсмических данных. В режиме непрерывной регистрации сейсмические данные передаются по линии в восходящем направлении в реальном времени. Доступная полоса частот режима реального времени позволяет всей линии насчитывать приблизительно 400 WRU при шаге дискретизации 2 мс (200 на каждой стороне от LIU). В режиме DoD сейсмические данные временно накапливаются в WRU, пока не будут запрошены централизованной системой регистрации. Так как регистрация и сбор данных осуществляются

по отдельности, сейсмическое профилирование может продолжаться долгое время без ожидания сбора данных. Данная функция называется Rapid Fire. Данные остаются в сейсмическом буфере до момента сбора или свертывания модуля. Даже в случае разрыва линии данные сохраняются и будут автоматически собраны после устранения проблемы. WRU поддерживает суммирование с весовыми коэффициентами, метод, который можно применять для повышения скорости сбора данных в линии в режиме реального времени в случаях, когда источник может быть зарегистрирован синхронно (например, сейсмический виброисточник).

МЕЖЛИНЕЙНЫЙ ПОЛЕВОЙ МОДУЛЬ (LIU)

Как правило, LIU расположены намного дальше друг от друга, чем WRU (как показано на рис. 4), аналогично стандартной расстановке кабельных систем регистрации. На самом деле RT System 2 является весьма удобной заменой кабельной системы, упрощая переход к парадигме, основанной на радиосвязи.

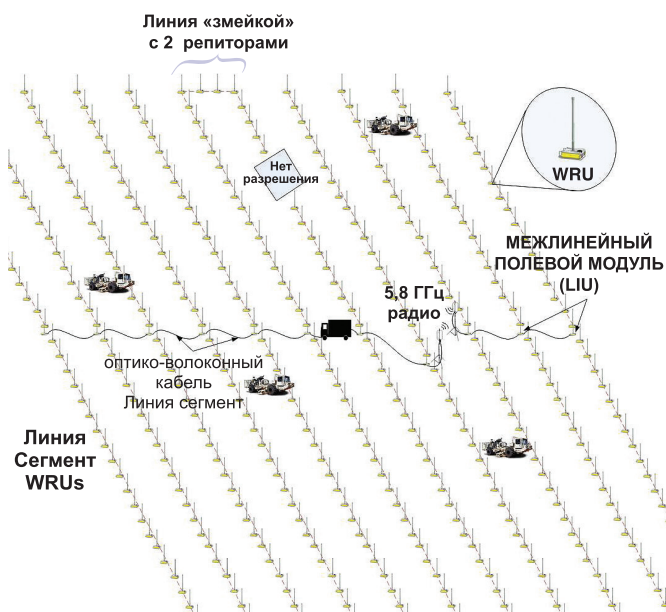


Рис. 4. Пример развертывания системы с несколькими WRU на земле, оптоволоконной трансляционной линией и центральным регистратором

Компоненты трансляционной сети используют больше энергии по сравнению с WRU, и в совокупности со схемами интерфейса требуют батареи большей емкости. Так как трансляционная группа обычно расположена на одной линии (с меньшим количеством), полевому отряду будет относительно удобнее заменять более крупную аккумуляторную батарею по расписанию.

Один человек может настроить трансляционную радиомачту менее чем за 15 минут. Весь комплект отличается хорошей портативностью, и при необходимости его легко можно отнести к точке развертывания, как показано на рис. 5.

Высота мачты может отличаться в зависимости от рельефа и растительности. Вариант, работающий в диапазоне 5,8 ГГц, является по сути системой прямой видимости, но вариант, работающий в диапазоне 900 МГц, способен пробиться через препятствия. Между любой парой LIU возможно проложить оптоволоконный кабель в случае, если радиосвязь в пределах прямой видимости затруднена и (или) присутствуют значительные препятствия. К централизованной системе регистрации можно подвести несколько трансляционных групп для увеличения размера системы.

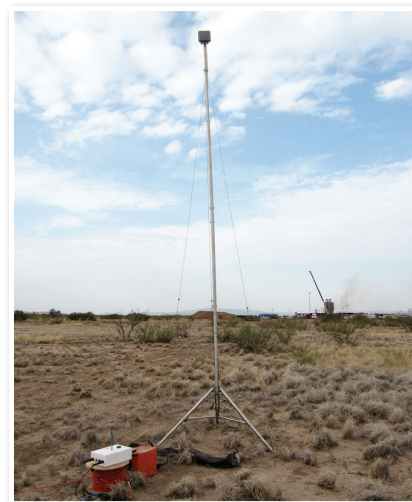


Рис. 5. Трансляционный модуль с LIU и армированным кабелем легко можно донести до места работ

ЦЕНТРАЛИЗОВАННАЯ СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ

Расположенная внутри передвижной станции централизованная система регистрации покажется очень знакомой любому, кто работал с кабельными сейсморазведочными системами. Помимо дисплеев в централизованную систему входят интерфейс источника и элементы, обеспечивающие удобную работу оператора (рис. 6). Доступны различные уровни оснащения, от компьютеров на базе Windows® с одним или несколькими экранами до резервных жестких дисков в RAID-массиве, плоттеров, ИБП и вспомогательной аппаратуры. Если предпочтительной является минимальная система, с системами до нескольких сотен каналов можно использовать ноутбук.

На дисплеях отображается различная диагностическая информация о линии и данных. На экране представлены все данные самодиагностики WRU, а также монитор шумов и запись сейсмических данных в различных форматах. Также предлагается карта расстановки, активная и неактивная, на которой выбранными оператором цветами отмечены проблемы. Существуют различные пороговые значения, которые оцениваются и окрашиваются программным обеспечением централизованной системы.

Система может импортировать стандартные файлы сейсморазведочных работ в различных системах координат. Данные GPS в WRU обычно недостаточно точные, чтобы указать место полевых работ, но фактическое расположение по GPS можно экспортировать с WRU в файл формата



Рис. 6. Пример центральной электроники с четырьмя мониторами

SEGP1. Линию также можно организовать согласно информации GPS, если файл работ недоступен и WRU расположены на расстоянии не менее 5 метров друг от друга.

ИСТОЧНИКИ И РЕЖИМЫ РЕГИСТРАЦИИ

Система может использовать импульсные и механические источники сигналов и легко взаимодействует с множеством источников энергии и систем синхронизации сейсмоисточника. Взаимодействие источника и режимов регистрации определяет объем регистрируемых данных и, таким образом, количество WRU (геофонных станций) вдоль одной линии.

Возможности ширины полосы пропускания линии также является важным фактором, определяющим метод использования системы. Во всех приведенных здесь примерах используется шаг дискретизации 2 мс. Более быстрый или медленный шаг дискретизации окажет соответствующее воздействие на максимальную длину линии.

В режиме непрерывной регистрации данные передаются непрерывно. В центральном регистраторе данные могут быть организованы в традиционной форме файла сейсмограммы общего пункта взрыва или записаны в виде периодов времени (например, одна минута данных), которые можно соединять в файлы необходимой для применения длины. Непрерывную регистрацию можно применять при регистрации микросейсмических волн, связанных с гидравлическим разрывом скважины. В качестве еще одного случая применения непрерывной регистрации можно назвать

непрерывный синфазный свипинг (independent simultaneous sweeping, ISS), при котором несколько вибраторов работают в различных пунктах возбуждения колебаний примерно в одно время. Длина линии WRU будет ограничена шириной полосы пропускания, на данный момент это соответствует немногим более 400 модулей.

В режиме регистрации DoD WRU не телеметрирует данные, пока не будет получен запрос от централизованной системы регистрации. Данные различных сейсмограмм могут накапливаться в WRU, а затем отправляться в нисходящем направлении по линии к LIU согласно имеющейся емкости. В данном случае общее количество WRU в линии может значительно превышать 400 шт.

НАКОПЛЕНИЯ И КОРРЕЛЯЦИЯ

Накопление представляет собой суммирование данных последовательных сейсмограмм с целью улучшения соотношения сигнал–шум в сейсмической записи. Накопление в RT System 2 доступно в синхронном и асинхронном режимах на центральном компьютере. В WRU доступно только синхронное накопление. Такая гибкость системы обеспечивает множество подходов к планированию и осуществлению работ.

Синхронное накопление используется, когда время начала взрыва может быть рассчитано заранее, чтобы первые вступления были должным образом согласованы с интервалом дискретизации (например, если используется сейсмический виброисточник и централизованная система контролирует его системой синхронизации¹). Если накопление выполняется в централизованной системе, максимальное количество станций в линии будет ограничено пропускной способностью линии связи, так как вибросейсмическая запись обычно является непрерывным процессом².

Асинхронное накопление может быть выполнено в централизованной системе регистрации. Данную функцию можно использовать, когда точное время взрыва неизвестно (т. е. записываемые данные не могут быть согласованы с интервалом дискретизации). Например, при использовании ускоренного падающего груза вы можете знать время запуска источника, но на землю он упадет на какую-то долю секунды позже. Время удара будет отличаться вследствие различий в механике системы и поверхности. Фактическое время удара может быть зафиксировано системой при помощи датчика на опорной плите. При исследовании верхней части разреза можно использовать обычную кувалду. Сигнал времени удара направляется в централизованную систему регистрации напрямую либо посредством радиосистемы и затем используется для согласования и накопления повторяющихся ударов на источнике.

Асинхронное накопление также используется, когда RT System 2 не контролирует источник: например, когда она используется в качестве дополнительной

системы, работающей в подчиненном режиме на более крупномасштабных сейсморазведочных работах с целью внесения данных из района, где другая сейсморазведочная система испытывает логистические проблемы. Асинхронное накопление также может использоваться с вибросейсмическими сигналами.

Асинхронное накопление выполняется в централизованной системе регистрации по мере поступления данных от группы WRU. Если время, необходимое системе для получения данных от одного удара (или сигнала), превышает желаемое время шага между пунктами взрыва, то источник, возможно, будет вынужден ожидать готовности RT System 2.

Система может выполнять стандартное накопление записей или суммирование с весовыми коэффициентами, обычно используемое с вибросейсмическими данными. При суммировании с весовыми коэффициентами данные проверяются системой на наличие импульсных помех, и зашумленные данные преобразуются либо обнуляются с целью предотвращения искажения данных.

Вибросейсмические данные могут быть согласованы в централизованной системе регистрации с целью преобразования данных вибросейсмических сигналов в стандартные временные интервалы. Можно использовать любые распространенные контрольные сигналы системы синхронизации сейсмоисточника. Корреляция выполняется в более высоком частотном диапазоне, чтобы централизованная система могла обработать данные, поступающие от большого числа каналов. Оригинальные исходные данные от отдельных сигналов можно сохранить в формате SEG.

ЗАРЯДКА БАТАРЕИ

Система зарядки батарей (рис. 7) состоит из интеллектуальных батарей и устройства непрерывной подзарядки малым током. Одна зарядная стойка может вместить 80 батарей и работает от обычной электрической розетки 110 или 220 В переменного тока. В батареи встроена схема управления зарядом и светодиодный индикатор, показывающий процесс зарядки, достаточный уровень заряда или несоблюдение температурного режима зарядки. Полностью разряженная стандартная батарея заряжается приблизительно 8 часов.



Рис. 7. Стойка для зарядки батарей

¹ Теоретически так может быть и при работе со взрывчатыми веществами, но при использовании взрывчатых веществ накопление применяется редко. Размер заряда регулируется, чтобы одного взрыва хватило для высвобождения достаточного объема сейсмической энергии.

² Предположим, что длительность сигнала сейсмического виброисточника составляет 15 секунд, и система «прислушивается» дополнительные 5 секунд. За эти дополнительные 5 секунд вибратор изменит местоположение, поэтому интервал между сбором последовательных записей составит примерно одну секунду и регистрация будет по сути непрерывной.

Wireless Seismic Russia
+7 926 26 26 071
Владислав Кузьмичев
vkuzmichev@wirelesseismic.com