

Эволюция наземных телеметрических систем регистрации сейсмических данных

Кузнецов И.М. СКБ СП, г. Саратов



В 60-ые годы, несмотря на то, что полевые сейсморегирующие системы были громоздкими и слишком энергопотребляющими, геофизики добивались впечатляющих успехов в области сбора и обработки полевых цифровых сейсмоданных. Однако необходимость повышения плотности пространственного квантования, увеличения скорости выполнения сейсморазведочных работ, появление технологии 3-D наблюдений требовали увеличения канальности используемых сейсморегирующих систем. Вместе с тем, кабель из витых пар, соединяющий геофоны и регистрирующую систему, при большом количестве каналов (например, более 120) и больших длинах стал неприемлемым из-за веса, громоздкости, трудности обеспечения хороших изоляционных характеристик, нарушения контактов в разъемных соединениях, больших взаимных влияний между каналами, высокого уровня наводок в районах с развитой промышленной инфраструктурой.

Спрос порождает предложение! Появились первые телеметрические сейсморегирующие системы (ТСС), в которых разработчики вообще отказались от кабельной системы передачи информации из полевых модулей в центральный пункт регистрации (ЦПР).

Одной из первых ТСС была система SGR, созданная компанией Amoco Production Co. (США) в 1974 г. [1]. Каждый полевой модуль системы SGR обслуживал один канал и имел кассетный регистратор 3М с 4-мя дорожками записи. Емкость кассеты, используемой в регистраторе, составляла 75 5-ти сек. записей.

Подобную систему - систему SGR II выпустила компания GUS Manufacturing (США). В данной системе каждый полевой модуль имел автономное питание и обслуживал один канал. Система в принципе не имела ограничений по канальности. В системе использовался 4-х дорожечный магнитофон DC-300. На стандартной кассете (1140 м) размещалось немногим более 160 6-ти сек. записей. Адрес полевого модуля фиксировался вручную в момент установки модуля и использовался для идентификации информации при последующей ее перезаписи. Номер файла, номер записи и другая информация передавались из центрального пункта регистрации по радио. Кассеты, собранные со всех модулей, переписывались затем на 9-ти дорожечный магнитофон с плотностью записи 1600 бит/дюйм. Перезапись производилась в случайном порядке.

Дальнейшее упорядочение информации производилось в обрабатывающем центре, как часть препроцессорной обработки. Для 200 канальной системы время перезаписи однодневного объема информации занимало около 4-х часов.

Очевидные недостатки первых ТСС с кассетными регистраторами в полевом модуле, такие как:

- ограниченный объем информации, регистрируемой на модульном регистраторе;
 - значительные временные затраты на сбор и перезапись информации;
 - отсутствие контроля исправности полевого модуля в процессе регистрации;
 - большое энергопотребление полевого модуля,
- заставили разработчиков вернуться к использованию кабеля в качестве канала передачи информации.

В 1976 г. компанией Globe Universal Sc. (США) была выпущена первая ТСС с кабельным каналом передачи данных система GUS-BUS [1]. В данной системе полевые модули были оснащены специальными зажимами, которые обеспечивали возможность подключения полевого модуля к двухпроводному кабелю в любой точке путем прокалывания изоляции кабеля. Таким образом обеспечивалась возможность получения любого интервала между группами геофонов. Интересно, что позднее такой способ подключения полевых блоков к кабелю был использован в современной ТСС SUMMIT, выпускаемой немецкой компанией Deutsche Montan Technologie GmbH (Германия) [2]. Каждый модуль системы GUS-BUS обслуживал 4 канала и обеспечивал предварительное усиление, фильтрацию, АРУ, аналого-цифровое преобразование сейсмических сигналов и передачу информации в ЦПР. Каждый модуль имел свой адрес, устанавливаемый вручную в момент установки полевого модуля и используемый для идентификации информации, поступающей из полевого модуля в ЦПР. Система обеспечивала возможность дистанционной установки частот среза фильтров, дистанционного тестирования и проверки работоспособности полевых модулей либо автоматически, либо по команде оператора из ЦПР. Питание полевых модулей было автономное. В качестве регистратора использовался регистратор HDDR с плотностью записи 3000 бит/дюйм, разработанный компанией Leach (США).

В 1977 г. компания SERCEL (Франция) выпустила свою первую ТСС - SN 348 [1]. В данной системе полевой модуль обслуживал один канал. Максимальная канальность системы составляла 480 каналов при 4 мсек. Полевые модули не имели фиксированного адреса. Адреса информационных слов определялись порядком их поступления в ЦПР по телеметрическому кабелю. Питание полевых модулей осуществлялось через телеметрический кабель как из ЦПР, так и с помощью специальных блоков питания. Входной блок системы обслуживал до 10-ти линий наблюдения, подключаемых непосредственно к входному блоку. Система SN 348 получила

ТЕЛЕМЕТРИЯ В ГЕОФИЗИКЕ
ТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР.

широкое распространение и во многом определила конструктивные особенности последующих ТСС, выпущенных компанией SERCEL.

Впервые современная схема сбора данных при выполнении 3-D наблюдений путем передачи данных от приемных линий в ЦПР через соединяющую их кросс-линию была реализована компанией Geosource Inc. (США) в ТСС MDS-16 DX (1983). Эта же компания впервые применила для передачи информации из полевых модулей в ЦПР оптоволоконный кабель. Впервые это было реализовано в ТСС MDS-14, выпущенной в 1981 г. Оптоволоконный кабель был также использован и в последующих ТСС MDS-16 DX (1983), MDS-18 (1988), MDS-18X (1990). Помимо оптоволоконных жил кабель имел проводные витые пары с выводами для подключения сейсмоприемников. При этом сохранялась возможность использования обычного проводного кабеля с витыми парами. Максимальная канальность ТСС MDS-16DX с оптоволоконным кабелем была 1016 каналов, а с проводным кабелем 480 каналов. Оптоволоконный кабель был также использован в ТСС DS-100 компании Texas Instruments (США) [2]. Эта система интересна лишь тем, что она стала последней сейсморегистрирующей системой данной компании, создавшей широко распространенные в свое время линейные сейсморегистрирующие системы DFS-4 и DFS-5.

Надо отметить, что оптоволоконный кабель, при таких его очевидных достоинствах, как: полная электрическая изоляция соединяемых им блоков, большая пропускная способность, малый вес до сих пор не нашел применения в ТСС. Причинами этого являются:

- необходимость в дополнительных устройствах для преобразования электрических сигналов в оптические и обратно;
- недостаточная механическая прочность кабеля;
- трудности, связанные с ремонтом в полевых условиях вышедшего из строя кабеля.

В полевых модулях ТСС рассматриваемого периода, использовались системы квантования с IFR и, как правило, их разрешенность не превышала 15 разрядов. Шаг квантования от 0,5 до 4 мсек. Число каналов, обслуживаемых полевым модулем, составляло от 1 до 16. Максимальная канальность ТСС от 120 (DS-100) до 10000 (SGR-II). Используемые в данных ТСС корреляторы работали во временной области в режиме нереального времени.

Среди ТСС, разработанных в 70-е годы, оригинальным техническим решением полевого модуля выделяется выпущенная в 1978 г. компанией Geophysical Systems Corp. (США) ТСС GEOCOR-IV [1]. Данная система могла обеспечивать регистрацию и обработку информации, поступающей с 1024 каналов. В системе GEOCOR-IV использовались полевые модули с автономным питанием. Каждый полевой модуль обеспечивал прием и обработку данных, поступающих с 16 каналов. Отличительной особенностью системы GEOCOR-IV являлось использование в ней знакового кодирования информации. Это техническое решение в значительной степени упростило аппаратуру полевого модуля. Относительные значения амплитуд восстанавливались из знаковой информации с помощью корреляции, накопления или суммирования по методу ОГТ с большой кратностью (480 и более).

Одним из путей решения проблемы, связанной

с необходимостью передачи значительных объемов информации от полевых модулей в ЦПР является передача информации по радиоканалу. Одними из первых радиотелеметрических сейсморегистрирующих систем, получивших довольно широкое применение, являющиеся ТСС MYRIASEIS (Institut Francais du Petrole, Франция), TELSEIS-200 (компания Fairfield Industries, США) и OPSEIS 5500 (компания Applied Automation, США).

ТСС OPSEIS 5500 [3], созданная в 1978 г., обеспечивала возможность регистрации сейсмической информации, поступающей с 1016 каналов с последующей передачей информации в ЦПР по радиоканалу. Полевой модуль системы обслуживал 4 канала. К полевым модулям придавались специальные приспособления, обеспечивающие возможность использования системы в переходных зонах. Общие временные затраты на передачу информации для 1000-канальной системы составляли 20-30 мин. Если ТСС OPSEIS 5500 в основном использовалась в труднодоступных районах, то такие ТСС как TELSEIS-200 и MYRIASEIS в основном использовались при проведении сейсмических работ в переходных зонах и на мелководье. Дальнейшим развитием системы OPSEIS 5500 является ТСС Opseis Eagle, выпущенная в 1991 г. компанией OPSEIS Inc. (США). Данная система передает данные в ЦПР со скоростью, сравнимой со скоростью передачи данных по кабелю. При необходимости все модули или часть их могут быть соединены кабелем. Такие же возможности заложены в ТСС BOX компании Fairfield Technologies (США) [4].

Обе системы имеют очень хорошие технические характеристики, однако как и все радиотелеметрические системы широкого применения при проведении наземных сейсмических наблюдений не нашли. Причины следующие:

- высокая стоимость оборудования;
- значительный вес полевого модуля;
- значительное энергопотребление;
- сложности, связанные с официальным оформлением рабочих радиочастот.

Вместе с тем, при проведении сейсморазведочных работ в труднодоступных районах, в переходных зонах и на мелководье радиотелеметрические сейсморегистрирующие системы находят широкое применение.

Отличительными особенностями современных ТСС являются:

1. Использование 24-х разрядных аналого-цифровых дельта-сигма преобразователей.

Сейсморегистрирующие системы с 24-х разрядными аналого-цифровыми дельта-сигма преобразователями обеспечивают данные более высокого качества, чем системы с IFR. Аналого-цифровое преобразование осуществляется совершенно по другому принципу, в результате обеспечивая больший динамический диапазон на уровне самых низких шумов системы. Если использованы все преимущества преобразователя с избыточным кодированием, можно получить значительно более гибкую систему. Эти преобразователи позволяют устранить основной источник шумов в системе - аналоговые фильтры. Они снижают вес, цену и потребление энергии. Они значительно упрощают процесс изготовления и отладки системы.

2. Возможность высокоточной корреляции данных в поле.

Используя мощности современных процес-

соров, спецпроцессоров и специально разработанное математическое обеспечение, изготовители ТСС обеспечивают возможность выполнения высокоточной корреляции с использованием БПФ непосредственно в ЦПР практически в режиме реального времени.

3. Широкие возможности пространственного квантования.

Современные многоканальные ТСС (с числом каналов более 10000) позволяют реализовывать на практике любые схемы 3D наблюдений с возможностью коммутации большого числа дополнительных каналов.

4. Обеспечение возможности тестирования и анализа состояния как самой сейсмореагирующей системы, включая самокалибровку и проверку состояния всего развернутого полевого оборудования, так и вибраторов.

Одной из важнейших операций, выполняемых оператором ТСС, является "предварительная проверка линии", обеспечивающая контроль состояния развернутой расстановки перед следующим возбуждением. С учетом часто используемых кратных возбуждений эта задача становится чрезвычайно сложной. В очень короткое время перед следующим возбуждением центральный блок должен автоматически проверить состояние всей внешней рабочей сети и предупредить оператора о возникших проблемах перед очередным возбуждением. Современные ТСС имеют встроенные аппаратно-программные средства контроля качества параметров источников возбуждения.

5. Сетевая телеметрия.

При выполнении 3-D наблюдений стандартным образом к базовой линии (кросс-линии) ортогонально подключаются приемные линии (ортогональные расстановки). Это было приемлемо для простых схем наблюдения. Однако реальные условия наблюдения и увеличение канальности делают такую схему наблюдения неудобной. Требовалась телеметрия, которая могла бы справиться с любым увеличением канальности, обходить любые естественные и искусственные препятствия, обеспечивала бы возможность подключения ЦПР в любой точке развернутой системы, имела бы кабели, которые могли гибко обходить препятствия и соединять полевые модули. Решением является сетевая телеметрия. Впервые данное решение было реализовано в ТСС ARAM-24, выпущенной компанией Geo-X Systems Ltd. (Канада) [5]. ARAM-24, как и более поздняя модель ARAM-ARIES той же компании, могут работать как в обычном варианте с приемными линиями и ортогональными кросс-линиями, так и с расстановкой в режиме сетевой связи. При этом ЦПР может взаимодействовать со всей расстановкой из любой ее точки. Это обеспечивается включением в состав наземного оборудования радиопередающих блоков, возможностью регистрации информации с помощью кросс-блоков, а также буферизацией внутри сети, позволяющей обеспечивать возможность обхода поврежденных участков кабеля путем повторной передачи данных до тех пор, пока они не будут успешно приняты по радиоканалу или по кабельным секциям сети. Математическое обеспечение сетевой телеметрии обеспечивает автоматическую рассортировку поступающих данных, приводя их в соответствие с используемой геометрией расстановки и обеспечивая отображение и запись данных в логической последовательности.

6. Развитое математическое обеспечение.

Матобеспечение современных ТСС позволяет проводить комплексное выполнение проекта - от проектирования съемки до предварительной обработки данных, включая: определение расстановки, формирование скриптов, расчет группирования, географическое моделирование, биннинг, геологическое моделирование, использование стандартных SPS-файлов в процессе выполнения наблюдений, мониторинг хода выполнения съемки и регистрации данных.

Все это, в той или иной мере, могут предложить лучшие образцы современных ТСС. К ним можно отнести такие ТСС, как SN 388 и Sercel 408UL (SERCEL), I/O SYSTEM TWO (Input-Output), ARAM-ARIES (Geo-X Systems) и ряд других.

Сейчас самое время задаться вопросом - куда мы идем?

По нашему мнению ТСС, находящиеся в разработке, должны отвечать следующим основополагающим требованиям:

надежность

Точные результаты сейсмической съемки являются продуктом регистрации сейсмоданных с неизменным качеством и достоверностью. При всем многообразии условий наблюдений последнее, о чем Вы должны беспокоиться, это о Вашей системе регистрации. Диагностическое тестирование, многочисленные фильтры, бесперебойная связь между отдельными составляющими регистрирующего комплекса и контроль качества на каждом функциональном уровне должны обеспечивать неизменную надежность системы.

компактность

Привлекательными характеристиками новых многоканальных систем были бы малый вес и компактность разворачиваемого оборудования, отсутствие необходимости в большом количестве кабелей, а еще лучше их полное отсутствие, низкое энергопотребление. Так согласно [6] уменьшение веса регистрирующего оборудования на 50% дало бы экономию общих затрат на проведение съемки приблизительно от 8% до 25%, в зависимости от характера исследуемой площади.

гибкость

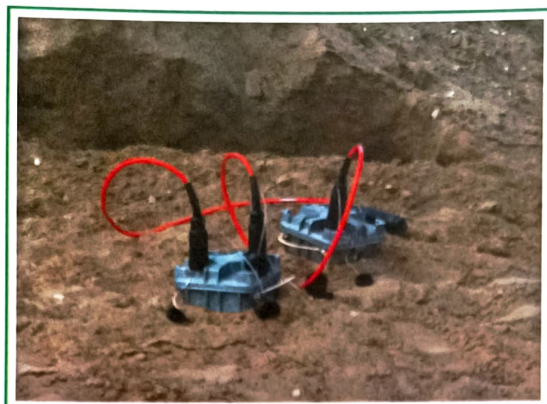
Новые многоканальные системы должны предоставлять пользователю возможность использования последних достижений в технологии сейсморазведки и возможность развития систем для будущего. Система не должна быть замкнутой. Она должна обеспечивать возможность ее расширения путем дополнения новыми функциональными компонентами для решения задач, возникающих у пользователя в процессе ее эксплуатации. Как отмечается в [7], в идеале система должна иметь один датчик на канал. Большим преимуществом этого подхода является то, что вся расстановка могла бы быть сформирована при обработке, с предварительным вводом статических поправок. Более плотное пространственное квантование позволило бы обеспечить существенное подавление шумов в процессе обработки. Эта концепция даже более привлекательна, чем внедрение 24-разрядного квантования [8].

простота в эксплуатации

В полевых модулях должны быть заложены возможности его самотестирования с индикацией состояния модуля и состояния телеметрической связи. Система должна иметь графический интерфейс пользователя для управления всеми процессами регистрации данных и обеспечения их качества. Система должна быть легка в



ТЕЛЕМЕТРИЯ В ГЕОФИЗИКЕ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР



изучении и использовании при помощи простого выбора процедур обработки площади.

дистанционный доступ к развернутой системе

Система должна обеспечивать возможность в реальном времени осуществлять мониторинг, управление и контроль получения материала посредством спутниковой связи. Это даст возможность следить за работой оператора и системы регистрации с удаленного центра, а также, если это необходимо брать на себя управление и получать доступ к полевым данным.

Многое из вышеперечисленного уже реализовано в лучших образцах современных ТСС. Вместе с тем стремительно развивающиеся и быстро внедряющиеся в жизнь технологии в области беспроводной сетевой связи (например технологии WLAN) [9,10] и особенно технологии,

предназначенные для построения так называемых персональных беспроводных сетей (например - Bluetooth) [11], могли бы стать основой для нового качественного скачка в развитии телеметрических сейсморегистрирующих систем

Литература

1. Аналитический информационный доклад о наиболее важных отечественных и зарубежных научно-технических достижениях в области сейсморазведочного приборостроения. Отчет, инв. № 02840009712, 1983.
2. Аналитический информационный доклад о наиболее важных отечественных и зарубежных научно-технических достижениях в области сейсморазведочного приборостроения. Отчет, инв. № 02359008726, 1984.
3. TI's new Distributed System DS-100 Speeds Dynamite and Vibrator Surveys, Geophysics, October, 1983.
4. Seismic Data Net BOX, Информационный материал компании Fairfield Technologies, 1997.
5. A freshlook at seismic recording, Информационный материал компании GEO-X Systems Ltd., 1994.
6. Ian Jack, Land Seismic Technology: Where do we go from here?, First Break, 21, 2003.
7. Ongkiehong, L., Towards the universal seismic acquisition technique, First Break, 6, no. 2, 1988.
8. Ongkiehong, L., Changing philosophy in seismic data acquisition, First Break, 6, no. 9, 1988.
9. Сепреев Р., Технологии WLAN, BYTE, № 9(49), 2002.
10. Сепреев Р., Оборудование WLAN: точки доступа, BYTE, № 10(50), 2002.
11. Борзенко А., Технологии Bluetooth, BYTE, № 9(49), 2002.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ИСТОЧНИК

ГЕОТОН

**УСПЕХИ НАШИХ ПАРТНЁРОВ
ЭТО НАШИ УСПЕХИ**