

Наземная сейсморазведка

Как создавалась новая беспроводная аппаратура для наземной сейсморазведки How a new cable-less land seismic survey acquisition system was born

Джон Флавелл Смит (John Flavell Smith) рассказывает как компания Vibtech из Шотландии, вопреки сомнениям скептиков, успешно внедряет в наземной сейсморазведке свою беспроводную аппаратуру, основанную на технологиях, начало которых лежит в сфере мобильной связи и в Интернет-сообществе.

История компании Vibtech началась случайно. В конце 1980-х годов ее основатели Билл Парк (Bill Park) и Джон Флавелл Смит вместе работали в Великобритании, в компании GECO, а затем по очереди вернулись в Шотландию. 1995 г. Флавелл

Смит увидел в газете маленькое объявление Парка, который набирал полевую бригаду, и связался с ним. Они договорились о встрече, с которой и начала свой путь компания Vibtech.

Оба специалиста считали нужным избавить наземную и прибрежную сейсморазведку от неудобных, создающих проблемы, кабельных кос и разъемов, из-за которых возникают значительные трудности в транспортировке, поиске неисправностей и др. Если бы этого удалось достичь, можно было бы увеличить число каналов, а полевики сосредоточились бы на качестве данных, а не занимались погрузкой и транспортировкой громоздкого оборудования. Возникла идея, что для этого можно применить технологии, применяемые в мобильной связи и в Интернете. Для изучения этих вопросов была создана компания, создавшая аппаратуру Cellular Seismic («сотовая сейсморазведка»).

Таким образом, впервые при разработке аппаратуры для сейсморазведки в основу легли разработки из другой отрасли, интегрированные в архитектуру системы. Тем самым был разрушен барьер, исторически сложившийся вокруг конструирования сейсморазведочной аппаратуры, которое традиционно развивалась сама по себе. Огромным преимуществом этого подхода стало то, что совершенствование технологии не требовало полного изменения конструкции аппаратуры. Компания Vibtech постоянно использует эти возможности для обновления своей продукции. Огромные преимущества легких беспроводных систем очевидны, и разработчики и полевики мечтают о них, как рыцари Камелота о Граале. Эти преимущества ранее широко обсуждались в работах (Burger, 2000), (Jack, 2003), (Heath, 2004) и др. Следует заметить, что конкуренты Vibtech признали такой подход к созданию беспроводной аппаратуры правильным и даже скорректировали собственные планы в этом направлении.

К настоящему времени компания Vibtech разработала, производит и продает полноценную сейсморазведочную аппаратуру, чего многие хотели, но не у всех получилось. Капитализация компании со штатом более 30 человек, с постоянно действующим отделом НИОКР, с офисами в Лондоне и Хьюстоне и с представительствами во всех регионах, где ведется разведка, оценивается в 20 млн. долл.

К настоящему времени с аппаратурой компании Vibtech проведено более 100 работ по 3D сейсморазведке в Северной Америке, Австралии и Китае.

Идея Cellular Seismic

Первым продуктом компании Vibtech стала аппаратура Infinite Telemetry System (*itSystem*), запущенная в серию в октябре 2002 г. Идея системы была проста, но довольно широка. В ходе разработки компания Vibtech стремилась создать беспроводную систему реального времени, способную работать с неограниченным количеством каналов, которая, в отличие от прежних систем с УКВ радиоканалом, не использует лицензируемых частотных диапазонов и не имеет ограничений по помехам и скорости передачи данных.

Из всех доступных частотных диапазонов для передачи данных сейсморазведки подошел диапазон ISM 2.4 ГГц с протоколом IEEE 802.11, который является стандартом для мобильных ПК. В протоколе используется технология Direct Sequence Spread Spectrum, созданная в Великобритании в годы Второй Мировой войны для защиты системы связи от проникновения извне, что важно и для сейсмических операций, особенно при ответственных работах. Диапазон 2.4 ГГц входит в состав нелицензируемого диапазона ISM (Industrial, Scientific and Medical), который признан почти повсеместно и содержит очень много частот. В этом диапазоне работают микроволновые печи, поэтому введение лицензирования частот этого диапазона маловероятно, по крайней мере - пока эти устройства используются для разогрева пищи в ходе просмотра телепрограмм.

Ранее диапазон 2.4 ГГц не интересовал разработчиков аппаратуры для сейсморазведки, поскольку в нем невозможна передача на расстояние, достаточно большое для использования в рамках традиционной концепции о передаче с приемника на станцию без ретрансляции. Компания Vibtech превратила это якобы недостаток в главное достоинство. Поскольку дальность передачи зависит от мощности передатчика и чувствительности антенны приемника, выдерживать это расстояние довольно просто.

В системе *itSystem* – запатентованной системе «сотовой сейсморазведки» – расстановка приемников разделяется на ряд фрагментов («сот»), причем соседние «соты» работают на различных частотах. В каждой «соте» имеется несколько

Наземная сейсморазведка

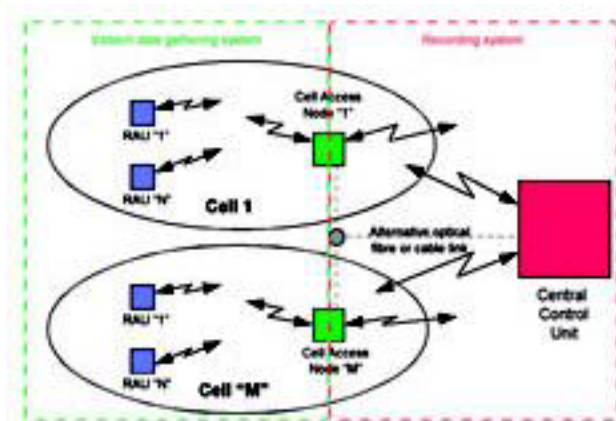


Схема архитектуры «сотовой сейсморазведки», используемой в аппаратуре *itSystem*.

четырехканальных удаленных устройств сбора (УУС; Remote Acquisition Units, RAU). Каждое УУС связано с датчиками – группами сейсмоприемников, отдельными сейсмоприемниками, многокомпонентными сейсмоприемниками или пьезоприемниками. В УУС производится оцифровка данных и, далее, передача оцифрованных данных на узел сотовой связи (УСС; Cell Access Node, CAN), который управляет всеми УУС «соты». Передача данных с УСС на станцию проводится по оптоволоконной линии.

Сотовая конфигурация допускает многократное использование частот, расширяя тем самым диапазон частот до бесконечности, как это делается в сотовой связи (но на этом аналогия заканчивается). Чтобы сотовая конфигурация работала, радиоволны должны затухать на расстояниях, меньших, чем расстояния между «сотами» с одинаковыми частотами, иначе эти соты будут создавать помехи одна другой. Для эффективного использования диапазона 2.4 ГГц необходимо описанное выше выдерживание расстояний передачи. Если нужно увеличить число каналов, нужно просто увеличить число «сот».

Выпуск системы на рынок

Поиск начального капитала для компании и разработка продукции составляют один круг задач, а выпуск системы на рынок – другой. На этапе разработки компания вела переговоры с нефтяными компаниями и основными исполнителями работ по сейсморазведке, полагая, что первыми покупателями станут именно крупные западные фирмы. Проникнуть на рынок со сложившейся системой конкуренции, насыщенный хорошо работающей аппаратурой, с различными марками которой эффективно работают полевики, оказалось нелегко. Задача была убедить потенциальных покупателей, что новая система дает гораздо большую гибкость, что может повысить эффективность работы, и, тем самым, доходность.

В данном случае первые продажи произошли на Дальнем Востоке, где велика тяга к новым технологиям. На Западе первыми покупателями были небольшие частные компании, а также фирмы, для которых ключевыми вопросами были гибкость системы и легкость сбора данных. То есть, все получилось, как в учебнике для бизнес-школы – поиск первых покупателей является важной частью стратегии выхода на рынок. Аппаратура *it System* конструировалась для многоканальных работ с высокой плотностью наблюдений, которые ведут нефтяные компании. Изолированные беспроводные устройства сбора данных как нельзя лучше подходят для таких работ, и, что характерно, именно в таких работах и применяли их первые покупатели.

Первый комплект купила компания China Coal, которая сразу же провела с ними 3D съемку высокой плотности. Работы проводились в провинции Шэньдун, в нескольких сотнях километров юго-западнее Пекина, как в сельской, так и в городской местности, с застроенными территориями, автомагистралями, и крупными реками на всей площади работ. Исполнитель отметил, что с кабельными системами эти работы провести было бы невозможно. В результате исполнитель получил еще один заказ на аналогичные сложные работы. Второй комплект приобрела компания BGR, крупнейший в мире исполнитель работ по сейсморазведке, где эта аппаратура используется таким же образом.

Во многих регионах, особенно на Западе, сейсморазведочные работы не разрешаются из-за необходимости получения разрешений или природоохранных ограничений. В этих ситуациях использование «щадящей сейсморазведки» с легким оборудованием и малочисленными полевыми отрядами позволило бы все же провести такие работы. Для примера назовем работы независимой компании LaMesa Geophysical, которая работает на территории Barnett Shale plays в Северном Техасе и в Оклахоме. Участки работ в регионе обычно имеют малые размеры и сложную форму. Получить разрешение на работы довольно сложно. Гибкость оборудования упрощает проведение работ на таких участках. Компании La Mesa за несколько дней удалось провести серию работ на таких сложных участках, сократив при этом численность полевых отрядов.



УУС аппаратуры *itSystem*.

Наземная сейсморазведка

Компания BHP-Billiton работает с *itSystem* в Новом Южном Уэльсе, Австралия, на территории с жестким природоохранным режимом. Работы обычно проводятся с симметричными расстановками одиночных датчиков с шагом по профилю и расстоянием между профилями 10-20 м. Ландшафт меняется от открытых пастбищ до лесных зарослей, с глубокими каньонами в песчаниках, озерами и руслами. Компания BHP-Billiton использует 800-канальную систему, но малый вес позволяет проводить работы полевым отрядом всего из пяти человек.

Гибкость системы позволяет проводить сбор данных в местах, непригодных для использования кабельных систем, например, вокруг озер с заросшими берегами и в залесенных ущельях, через которые в этом случае не нужно тянуть кабели. В ряде регионов основной проблемой является безопасность полевого отряда. Работы обычной сейсморазведочной партии скрыть трудно, а отряды малой численности, работающие в La Mesa и BHP-Billiton могут скрытно от враждебных элементов проникнуть в район работ, выполнить съемку, и покинуть район, не привлекая излишнего внимания.

Компания Vibtech's уверена, что будущее – за бескабельными телеметрическими системы типа *itSystem*, и так же считают в НАСА, где подбирают аппаратуру для программы геофизических изысканий на планетах (Planetary Exploration Geophysics Strategy, PEGS). Геофизики НАСА заинтересовались архитектурой *itSystem*, которая, по их мнению, может стать лучшим решением при создании гибкой ультралегкой сейсморазведочной аппаратуры для внеземных работ, в которых вес оборудования является решающим фактором. Компания Vibtech тесно сотрудничает с НАСА при испытаниях системы в США и в Антарктиде.

Системы будущего

В конце 2004 г. конструкция аппаратуры была детально пересмотрена, и появилась новая система, использующая новейшие технологии, в которой учтены пожелания пользователей по характеристикам аппаратуры. В ноябре 2005 г. было объявлено о создании, на базе проверенной в поле платформы Infinite Telemetry System, аппаратуры *Unite*, поставки которой начнутся в апреле 2006 г.

Полевые модули системы представляют собой одиночные УУС *Unit*, в которых, как и прежде, для обеспечения скорости передачи данных используется структура «сотовой сейсморазведки». Каждая «сота» опрашивается новым бескабельным УСС, которое передает данные на станцию по многоканальной радиосети в диапазоне ISM, исключая, тем самым оптико-волоконную связь, применявшуюся в *itSystem*. Таким образом, аппаратура *Unite* позволит полностью отказаться от использования кабелей при сохранении экологичности, полной свободы в размещении приемников и простоты транспортировки, отличающих аппаратуру *itSystem*.

Unite создана как «самопозиционирующаяся» система, что позволит сократить время на топографическую привязку, поскольку, благодаря встроенным устройствам позиционирования, положение каждого УУС *Unit* будет всегда известно.



Работы в австралийском буше

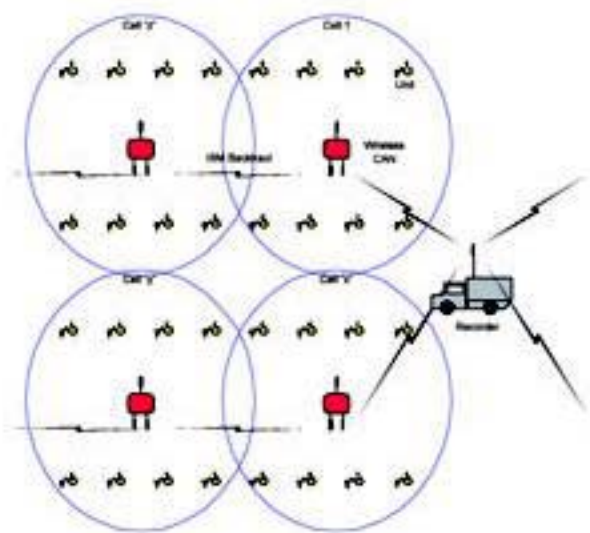


Испытания аппаратуры *itSystem* на марсианском полигоне НАСА (сухое русло в Антарктиде).



Компания Vibtech совместно с НАСА проводит испытания в США и в Антарктиде.

Наземная сейсморазведка



В аппаратуре Unite используется «сотовая сейсморазведка» с беспроводными УЧС с радиосвязью в диапазоне ISM.

Через трехуровневую «настраиваемую по обстановке» систему передачи, при хорошей радиосвязи полный набор данных передается на станцию после каждого возбуждения, а при средних условиях связи – по частям, с промежуточным хранением в отдельных устройствах. Полная запись формируется по запатентованной компанией Vibtech's технологии дистанционного сбора (remote harvesting technique). Каждое УЧС Unit, при отсутствии радиосвязи, ведет непрерывную запись, пока до него не дойдет очередь опроса.

Возможно, самой привлекательной чертой аппаратуры Unite является «пакет опций», позволяющий пользователю изменять систему под свои нужды, например батарея большей емкости, многоканальные УЧС Unit, ЭМ датчики, кабельные интерфейсы и расширенная память. Система Unite полностью совместима с аппаратурой itSystem, пользователи которой могут, таким образом, использовать Unite для модернизации своего оборудования.



УЧС Unit со встроенными антенной и батареей.



Малогабаритная бескабельная сейсмостанция Min-it.

Другие приложения

Применение сейсморазведки никоим образом не исчерпывается разведкой на углеводороды. Сейсморазведка давно используется в инженерно-геологических и других малоглубинных изысканиях. В настоящее время такие работы МОВ и МПВ проводятся со специализированной аппаратурой. Чтобы проводить работы обоих типов, нужно иметь два комплекта оборудования.

Чтобы дать возможность проводить с одним комплектом аппаратуры как малоглубинные, так и глубинные работы, компания Vibtech выпустила аппаратуру Min-it на базе переносной станции, созданной в экспериментальных целях по заказу НАСА. Эта наращиваемая система позволяет проводить малоканальные работы с аппаратурой itSystem, а также может использоваться как минимальная конфигурация, которую затем, не приобретая новую станцию, можно развернуть в полномасштабную систему сейсморазведки МОВ.

Заключение

Гибкие бескабельные системы позволяют произвольным образом размещать приемники и избавиться от ограничений, налагаемых традиционными сейсморазведочными системами наблюдений. Бескабельные системы позволяют полностью отказаться от проводов, сохраняя возможность записи данных в реальном времени. Они удобны в транспортировке при наземных работах и работах в береговой зоне, позволяя сосредоточиться на качестве данных, а не на транспортных проблемах, а также отвечают жестким природоохранным требованиям, расширяя возможности применения метода.

Благодарности

Автор благодарит астронавта Дрю Фостеля (Drew Feustel) за разрешение опубликовать его фото из Антарктиды и сотрудника LaMesa Geophysical Кена Хупера (Ken Hooper) за помощь при написании этой статьи.