МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

ФАКУЛЬТЕТ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Допущен к защите:

зав. кафедрой «Компьютерные технологии»

д. ф.-м. н., профессор _____ Куралбаев З.К.

«___»_____20 __г.

Магистерская диссертация

на тему:

«Разработка системы сбора и обработки данных с сейсмических датчиков в реальном времени с использованием беспроводной связи»

Специальности:

«6М070400 – Вычислительная техника и программное обеспечение»

Магистрант Поляков Глеб Станиславович

_____ Поляков Г. С.

Научный руководитель,

д. т. н., профессор_____ Ташимов М. А.

Алматы, 2014

АНДАТПА

Негізгі жүйе сейсмографтарға жатады, жер тербелісін жазуға арналған аспап болып саналады, барлаулық ізденістерге, оның ішінде сейсмологиялық зерттеулерге арналған. Мәлімет сигналдары көптеген қадағалардан желісіз байланыс арқылы жеткізіледі. Геофизакалық дереу зерттеу өткізілгенде де, вибрациялық қуат қайнары арқылы өткізілетін де, өңделмеген деректерсіз немесе геофизикалық зерттеу процессінің жағдайында да бұл жүйе – желісіз каналдар арқылы сейсмоқабылдағыш тобы мәліметтерді жетеізе алады.

АННОТАЦИЯ

Настоящая система относится к сейсмографам для поисково-разведочных работ, в частности, к системам сейсмической разведки, в которых сигналы данных от множества датчиков передают с помощью беспроводного средства. Система позволяет по беспроводным каналам считывать данные группы сейсмоприемников, даже в случае быстрого повторения геофизических исследований, проводимых с использованием источника вибрационной энергии, без накопления необработанных данных или задержек в процессе геофизических исследований.

ABSTRACT

This system belongs to the seismographs for exploration, in particular, to the seismic system in which data signals from multiple sensors are transmitted by wireless means. The system allows to wirelessly read data geophone group, even in case of fast repetitions of geophysical research conducted using a source of vibrating energy, no accumulation of the raw data or delay in the process of geophysical research.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ **4**

1 Принцип сейсмической разведки 4

1.2 Исследовательский интерес и мотивация 5

1.3 Значение исследования и обоснование 5

1.4 Сущность системы 5

1 НЮАНСЫ РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СИСТЕМЫ **7**

2.1 Аспекты системы 7

2.2 Полезные и коммерческие свойства системы 8

2.3 Считывание массива с использованием последовательной передачи данных 9

2.4 Развертывание массива для получения сейсмических данных 10

2.5 Последовательная передача данных 10

2.6 Механизмы мультиплексирования 11

2.7 Отдельные этапы передачи данных 13

2.8 другой вариант воплощения системы 16

3 СТРУКТУРА РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СИСТЕМЫ **21**

3.1 краткое описание чертежей 21

3.2 Подробное описание системы 31

3.3 Формула системы 54

ЗАКЛЮЧЕНИЕ **58**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ **59**

Приложение А. Перечень рисунков **63**

ВВЕДЕНИЕ

Компании, занимающиеся поисково-разведочными работами природных ресурсов, и другие учреждения часто используют сейсмическую разведку для получения изображений подземной геологической структуры. Эти изображения используют для определения оптимальных мест бурения для добычи нефти газа и для планирования и мониторинга улучшенных программ восстановления ресурса, помимо других вариантов применения. Сейсмическую разведку также можно использовать во множестве вариантов за пределами нефтепоисковых работ, таких как, например, поиск подземных месторождений воды и планирование при строительстве дорог.

1 Принцип сейсмической разведки

Сейсмическую разведку обычно выполняют путем размещения массива датчиков вибрации (акселерометров или датчиков скорости, называемых "сейсмоприемниками"), расположенных на земле обычно в линию или в виде сетки с прямоугольной или другой структурой. Вибрацию генерируют либо с использованием взрывов или механических устройств, таких как источники вибрационной энергии, или путем сбрасывания веса. В некоторых геофизических исследованиях может использоваться множество источников энергии. Вибрация от источника энергии распространяется через толщу пород, проходя по различным траекториям, отражаясь и преломляясь от разрывов непрерывности в подземных породах, и детектируется с помощью массива вибрационных датчиков. Сигналы от датчиков усиливают и преобразуют в цифровую форму, используя либо отдельные электронные средства, или используя внутреннюю обработку в случае "цифровых" датчиков. Геофизические исследования также могут выполняться пассивно путем записи естественных вибраций толщи пород.

Цифровые данные множества датчиков, в конечном итоге, записывают на носители информации, например на магнитную ленту или на магнитные или оптические диски, или в другие запоминающие устройства вместе с соответствующей информацией, относящейся к геофизическим исследованиям и источнику энергии. Источник энергии и/или активные датчики перемещают, и процесс продолжают до тех пор, пока не будет получено множество сейсмических записей, которые составляют сейсмометрические исследования. Данные, полученные в результате геофизических исследований, обрабатывают на компьютерах для формирования требуемой информации о подземной геологической структуре.

1.2 Исследовательский интерес и мотивация

Обычно, чем больше используется датчиков, которые размещают ближе друг к другу и/или которые охватывают более широкую область, тем лучше качество получаемого изображения. Очень часто при сейсмической разведке используют тысячи датчиков, которые располагают по поверхности, измеряемой квадратными километрами. Сотни километров кабелей могут быть уложены по земле и используются для соединения этих датчиков. Большое количество рабочих, моторных транспортных средств и вертолетов обычно используют для размещения и сворачивания этих кабелей. Компании, проводящие геофизические исследования, обычно предпочитают выполнять исследования с большим количеством датчиков, размещенных ближе друг к другу. Однако дополнительные датчики требуют еще большего количества кабелей и дополнительно увеличивают стоимость геофизического исследования. Экономический компромисс между стоимостью геофизического исследования и количеством датчиков обычно требует снижения качества результатов геофизического исследования.

Кроме затрат, связанных с материально-техническим обеспечением, кабели создают проблемы надежности. Помимо нормального физического износа во время работы с кабелями, они часто повреждаются животными, транспортными средствами, ударами молнии, и с ними связаны другие проблемы. Значительное время для проведения полевых работ затрачивается на решение проблем, связанных с кабелями. Дополнительные затраты на материально-техническое обеспечение также оказывает влияние на окружающую среду в области, в которой проводятся геофизические исследования, которые, помимо прочего, увеличивают затраты, связанные с проведением исследований, или не позволяют проводить исследования в некоторых областях с чувствительной окружающей средой.

1.3 Значение исследования и обоснование

Таким образом, в данной области техники существует потребность в создании улучшенных систем способов беспроводного сбора сейсмических данных. Как будет понятно из следующего описания, системы и способы в соответствии с настоящим системам направлены на решение этих проблем и множества других проблем, относящихся к сбору сейсмических данных.

1.4 Сущность системы

Настоящая система направлена на методы и способы сбора сейсмических данных с использованием беспроводной сети и множества отдельных модулей сбора данных, которые выполнены с возможностью сбора сейсмических данных и передачи этих данных в центральную систему

записи и управления. Система, таким образом, обеспечивает бескабельную компоновку модулей сбора данных, а также беспроводное считывание сейсмических данных. Использование бескабельной компоновки модулей сбора данных является предпочтительным по сравнению с обычными системами, в которых используется кабельная передачи данных, по нескольким причинам. Например, бескабельная система не подвержена повреждению, связанному с физическим износом, воздействию животных, ударам молнии и т.д. Кроме того, бескабельная система может быть легко развернута через реки, шоссейные дороги или другие препятствия, тогда как в этих областях трудно развернуть систему геофизического исследования, в которой используются кабели. Кроме того, сейсмическая разведка на основе кабелей требует относительно большого количества транспортных средств и трудозатрат для транспортировки, укладки кабелей, охватывающих несколько квадратных километров.

Возможность беспроводного сбора данных также является потенциально предпочтительной. Например, когда одиночный кабель поврежден, все данные от удаленных модулей сбора данных, размещенных на удаленном конце поврежденного кабеля, могут быть потеряны. Проблемы этого типа отсутствуют в системах, в которых сейсмические данные передают по беспроводным каналам. В частности, перенаправление данных является намного более просто выполнимым при использовании беспроводной сети, которая потенциально обеспечивает более надежную систему.

1 НЮАНСЫ РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СИСТЕМЫ

2.1 Аспекты системы

Некоторые предложенные бескабельные и/или беспроводные системы сбора сейсмических данных до настоящего времени требовали считывания данных вручную, или по другим причинам в них предполагалось выполнение процедуры считывания данных, в результате чего возникали задержки в процессе сейсмической разведки. Таким образом, общепризнано, что важно обеспечить сбор данных из беспроводного массива таким образом, при котором исключаются накопления необработанных данных или задержка процесса геофизического исследования. То есть система может работать намного более эффективно и при меньших затратах, если сбор данных будет осуществляться без задержки процесса геофизических исследований (например, без задержки последующих сейсмических событий). Обычно процесс геофизического исследования подразумевает развертывание массива датчиков вибрации (акселерометров или датчиков скорости, называемых сейсмоприемниками) на поверхности земли, обычно с охватом нескольких квадратных километров. Затем вибрационное/сейсмическое событие может распространяться через толщу пород и может детектироваться этими датчиками. Сигналы от датчиков считывают и анализируют с помощью модуля обработки. Обычно сейсмические события создают с помощью одного из двух способов. Во-первых, могут использоваться взрывы для генерирования вибрации толщи пород. В качестве альтернативы, может использоваться транспортное средство - источник вибрационной энергии. Транспортное средство - источник вибрационной энергии - представляет собой транспортное средство, разработанное для генерирования вибраций в толще пород. Как правило, транспортное средство - источник вибрационной энергии - генерирует вибрацию в одном месте в течение короткого периода времени (например, в течение 15 или 20 с). Затем транспортное средство может перемещаться в другое местоположение, расположенное рядом, и может немедленно начать генерировать другую вибрацию. Между каждым событием вибрации может проходить только несколько секунд. Такой процесс может продолжаться в течение нескольких часов до тех пор, пока требуемое количество сейсмических данных не будет получено. Процесс геофизической разведки является очень дорогостоящим с учетом требуемого количества оборудования и трудозатрат, поэтому любые задержки в процессе измерения являются чрезвычайно дорогостоящими. Таким образом, следует понимать, что сейсмические данные предпочтительно либо сохраняют локально для всего геофизического исследования, или каким-либо образом передают, например, в систему центрального хранения, со скоростью, достаточной для обеспечения работы вибрационного источника без задержек.

2.2 Полезные и коммерческие свойства системы

Кроме упомянутых выше аспектов существует множество атрибутов, которые считаются полезными для обеспечения коммерчески желательной беспроводной системы сейсмической разведки. Эти атрибуты включают в себя следующие.

1. Стоимость системы должна приблизительно равняться или должна быть меньше, чем стоимость проводной системы.
2. Система должна работать на неровной местности и вокруг или над препятствиями, на площади, измеряемой квадратными километрами.
3. Система должна быть пригодной для использования во всем мире без каких-либо сложных проблем, связанных с лицензированием передачи радиосигналов.
4. Потребление энергии должно быть достаточно низким, чтобы работа с батареями и замена батарей не создавала чрезмерных проблем с материально-техническим обеспечением.
5. Сейсмические данные должны быть доступными для проверки в режиме, близком к режиму реального времени, для обеспечения качества и исключения необходимости повторения некоторых или всех сборов сейсмических данных.
6. Система должна обеспечивать обработку вплоть до тысячи датчиков.
7. Система должна удовлетворять спецификациям технических характеристик современных проводных систем.

Различные аспекты настоящего системы включают в себя протокол беспроводной передачи, который обеспечивает возможность сбора сейсмических данных из группы сейсмоприемников без задержки сейсмической разведки. В этом отношении следует отметить, что объем данных, генерируемых в массиве датчиков вибрации, может быть значительным. Например, если каждый датчик вибрации снимает 500 выборок в секунду с разрешением 24 бита на выборку, размер выборки для каждого датчика составляет 12000 битов в секунду. Для вибрации в течение 20 с (т.е. сейсмического события) полученный размер выборки составит 240 Кбит на датчик. Достаточно часто используют множество датчиков, установленных в линии или в связке, которые содержат сотни или больше датчиков. Кроме того, множество линий или связок могут быть расположены параллельно так, что образуется массив датчиков, которые охватывают требуемую географическую область. Для сейсмической разведки, в которой используется 1000 датчиков, в каждом сейсмическом событии могут генерироваться 240000000 битов. В соответствии с этим беспроводная передача всех данных от датчиков в центральную систему (системы) записи с достаточной скоростью для соответствия сейсмическим событиям может быть проблематичной в результате ограниченной полосы пропускания. В одном варианте воплощения настоящего системы отдельные модули сбора данных передают сейсмические данные в соседние или близкие соседние

модули, которые, в свою очередь, передают принятые сейсмические данные вместе со своими собственными данными в дальнейший модуль.

Этот процесс передачи данных продолжается до тех пор, пока данные достигнут отвода от линии или центральной системы записи и управления. Такая компоновка является предпочтительной по нескольким причинам. Во-первых, поскольку модули сбора данных передают данные только в соседние модули, а не непосредственно в центральное местоположение, можно использовать относительно малую мощность передачи. Экономия энергии позволяет обеспечить более длительную работу модулей без замены батарей и/или обеспечить работы, используя батареи с меньшей емкостью. Кроме того, при низкой мощности передачи радиоволны распространяются на меньшие площади, что обеспечивает возможность использования меньшего количества каналов (или доступные каналы для размещения большего количества модулей сбора данных), поскольку их можно повторно использовать в разных областях массива без взаимных помех. Кроме того, использование сигналов с меньшей мощностью может улучшить информацию о местоположении модуля с использованием технологии на основе уровня сигнала. Однако следует понимать, что проблематично согласовать желание использования такой последовательной передачи данных с требуемой скоростью считывания, как описано выше. Такие потенциально конфликтующие цели достигаются с помощью системы, описанного ниже.

2.3 Считывание массива с использованием последовательной передачи данных

В соответствии с одним аспектом настоящего системы предусмотрена группа сейсмоприемников, которая может по беспроводному каналу считывать массив с использованием последовательной передачи данных с достаточной скоростью для исключения задержки работы источника вибрационной энергии. Как отмечено выше, источник вибрационной энергии обычно генерирует вибрации в течение нескольких секунд для определения сейсмического события, затем перемещается в другое местоположение и немедленно начинает снова генерировать вибрации. Этот цикл может повторяться всего лишь через несколько секунд, например 20-30 с. Желательно считывать полученные в результате сейсмические данные в базовой станции или т.п. последовательно таким образом, чтобы в каждом модуле требовалось передавать только данные соседнего модуля или модуля, близкого соседнему, и можно было использовать малую мощность передачи. Однако последовательная передача данных обычно приводит к повышению требований к скорости передачи данных, как функции длины пути последовательной передачи данных, для заданного общего времени считывания массива.

2.4 Развертывание массива для получения сейсмических данных

В настоящем аспекте системы предусматривается способ и устройство ("утилита"), которая предусматривает развертывание массива для получения сейсмических данных, соответствующих повторяющейся работе источника вибрационной энергии. В связи с этим массивом предусмотрен механизм считывания, который определяет по меньшей мере один путь последовательной передачи данных для считывания сейсмических данных. Механизм считывания во время работы считывает данные из массива достаточной скоростью для исключения задержки в работе источника вибрационной энергии. Например, механизм считывания может работать для считывания пути последовательной передачи данных, включающего в себя множество модулей (например, больше чем приблизительно 10 модулей), в течение не более чем приблизительно 20 с.

2.5 Последовательная передача данных

В соответствии с другим аспектом настоящего системы более чем один модуль сбора сейсмических данных в заданном пути последовательной передачи данных может передавать данные одновременно. Как отмечено выше, пути последовательной передачи данных являются желательными, но могут привести к требованиям повышенной скорости передачи данных. Для решения этой потенциальной проблемы более чем один модуль на пути последовательной передачи данных может передавать одновременно, например, используя соответствующий механизм мультиплексирования для исключения взаимных помех. Таким образом, утилита в соответствии с настоящим аспектом системы включает в себя следующее: развертывание массива, включающего в себя по меньшей мере один путь последовательной передачи данных, в котором данные последовательно передают между множеством модулей по маршруту в базовую станцию или к другой точке сбора; и обеспечение работы массива таким образом, что по меньшей мере два из множества модулей на пути последовательной передачи данных выполняют передачу одновременно. Таким образом, большее количество рабочих циклов может быть обеспечено для отдельных передатчиков, в результате чего повышается эффективность считывания.

В соответствии с еще одним другим аспектом настоящего системы разные модули на разных маршрутах последовательной передачи данных группы сейсмоприемников используют разные частоты передачи. И снова, пути последовательной передачи данных являются предпочтительными, но при этом возникают определенные проблемы, связанные со скоростью считывания данных из массива. Эти проблемы могут быть решены при использовании множества частот на одном пути последовательной передачи данных с тем, чтобы, например, обеспечить возможность

мультиплексирования с частотным разделением. Соответствующая утилита в соответствии с настоящим аспектом системы включает в себя следующее: развертывают массив, включающий в себя по меньшей мере один путь последовательной передачи данных, имеющий множество модулей; и обеспечивают работу массива таким образом, что первый модуль на пути последовательной передачи данных передает с первой частотой, и второй модуль на пути последовательной передачи данных передает со второй частотой, отличающейся от первой частоты. Например, различные частоты могут быть назначены всем модулям в пределах диапазона приема друг друга этих модулей, которые одновременно осуществляют передачу.

2.6 Механизмы мультиплексирования

В соответствии с еще одним аспектом настоящего системы множество механизмов мультиплексирования воплощены на пути последовательной передачи данных группы сейсмоприемников. Например, каждый механизм мультиплексирования позволяет обеспечивать возможность скоординированной работы передатчиков на пути последовательной передачи данных для обеспечения улучшенной скорости считывания без возникновения взаимных помех. В одном варианте воплощения как мультиплексирование с временным разделением, так и мультиплексирование с частотным разделением используют совместно на пути последовательной передачи данных. Например, мультиплексирование с временным разделением может быть воплощено таким образом, что только одна половина (одна треть, одна четвертая часть и т.д.) передатчиков на пути последовательной передачи данных передает в любом определенном интервале времени. Этим передатчикам, которые передают одновременно (или, по меньшей мере, передатчики, передающие в одно и то же время, и находящиеся в пределах дальности приема приемника на пути передачи данных), могут быть назначены разные частотные каналы, и/или в них может использоваться другой механизм мультиплексирования, такой как мультиплексирование с кодовым разделением. В случае, когда множество последовательных путей присутствует в массиве, такое мультиплексирование также может быть воплощено таким образом, чтобы исключить взаимные помехи между путями распространения.

Для улучшения сбора сейсмических данных из массива модулей сбора сейсмических данных, при исключении задержек в процессе сейсморазведки может быть желательным обеспечить синхронизированную передачу сейсмических данных из множества модулей сбора данных, в которых используется общий беспроводный путь последовательной передачи данных для передачи сообщений, содержащих сейсмические данные. Таким образом, вдоль пути последовательной передачи данных, определенного множеством модулей сбора данных, первый поднабор модулей сбора данных может работать так, что в нем одновременно происходит передача сейсмических

данных во второй поднабор модулей сбора данных. Такая компоновка позволяет одновременно передавать сейсмические данные из множества расположенных выше по потоку модулей сбора данных во множество расположенных ниже по потоку модулей сбора данных, которые расположены ближе к точке сбора данных (например, к отводу от линии или базовой станции). Например, каждый второй модуль сбора данных на пути последовательной передачи данных может во время работы передавать сейсмические данные в соседний, расположенный ниже по потоку модуль сбора данных в течение первого интервала времени. Аналогично, расположенные ниже по потоку модули сбора данных принимают данные из соседнего, расположенного выше по потоку модуля, модули, расположенные ниже по потоку, могут передавать принятые данные и/или дополнительные сейсмические данные далее вниз по потоку в течение второго интервала. В результате повторения процесса множество наборов сейсмических данных может быть одновременно передано, этап за этапом, из множества модулей сбора данных в одну или больше базовых станций и/или центральную систему записи и управления.

Для обеспечения такой одновременной передачи сейсмических данных из множества модулей сбора данных, в одном аспекте настоящего системы предусматривается утилита для передачи сейсмических данных. Эта утилита предполагает развертывание множества модулей сбора сейсмических данных в виде массива, в котором каждый модуль сбора данных во время работы передает по беспроводному каналу данные по меньшей мере в один другой модуль сбора данных в массиве. В соответствии с этим такая передача данных между модулями сбора данных позволяет определять путь передачи данных через массив. Предусмотрена базовая станция, которая во время работы принимает сейсмические данные по меньшей мере из одного модуля сбора данных в массиве. В этом отношении базовая станция обеспечивает беспроводный обмен данными путем передачи данных. Для передачи сейсмических данных из множества модулей сбора данных утилита дополнительно включает в себя следующее: вначале передают первые сейсмические данные по меньшей мере из одного модуля первого поднабора модулей сбора данных по меньшей мере в первый модуль второго поднабора модулей сбора данных во время первого периода передачи. После первого периода передачи первые сейсмические данные могут быть переданы из первого модуля второго поднабора модулей сбора данных во второй модуль первого поднабора модулей сбора данных в течение второго периода передачи. При этом первый набор сейсмических данных может быть передан по пути передачи данных в направлении базовой станции.

2.7 Отдельные этапы передачи данных

Для передачи данных в направлении базовой станции во время каждого из этапов передачи отдельные модули сбора данных могут передавать сейсмические данные в другой модуль сбора сейсмических данных, который расположен ближе к базовой станции. При этом данные могут быть переданы из удаленно расположенных модулей сбора данных в модули сбора данных, которые расположены ближе к базовой станции. Кроме того, один или больше модулей сбора данных, расположенный в пределах дальности передачи базовой станции, может передать сейсмические данные в базовую станцию. В дополнение к повторной передаче первых сейсмических данных, принимаемых из первого модуля первого поднабора, первый модуль второго поднабора может во время работы прикреплять дополнительные сейсмические данные (т.е. сгенерированные первым модулем второго поднабора) ко второму модулю первого поднабора. При этом во время каждого этапа передачи дополнительные данные могут быть прикреплены к сейсмическим данным, принятым из удаленно расположенного модуля сбора данных. В соответствии с этим первый и второй этапы передачи между первым и вторым поднаборами модулей сбора данных могут повторяться для дополнительных модулей каждого поднабора до тех пор, пока все сейсмические данные из множества модулей сбора данных не будут приняты базовой станцией. В любой компоновке каждый модуль сбора сейсмических данных во время работы генерирует сейсмические данные в ответ на сейсмическое событие. В случае источника вибрационной энергии событие может длиться несколько секунд (например, 20 с). В соответствии с этим может быть желательным начать передачу данных до окончания сейсмического события. Таким образом, инициирование передачи данных до окончания сейсмического события может существенно уменьшить время, требуемое для полной передачи всего набора данных, собранного для сейсмического события. Такая передача может завершаться, по существу, в режиме реального времени или до инициирования второго сейсмического события. Для воплощения такой передачи во время сейсмического события каждый модуль сбора данных во время работы может формировать пакеты из сейсмических данных, которые он генерирует. Полученные в результате пакеты (например, с заданным размером данных или периодом времени), могут включать в себя информацию, идентифицирующую модуль сбора данных, который сгенерировал эти данные, а также время сбора данных для этого пакета. Пакет может быть затем передан в базовую станцию (например, через один или больше ретрансляторов), в центральную систему управления и сохранения или в другое местоположение, в котором пакеты могут сохраняться и/или могут быть повторно собраны. Таким образом, множество пакетов от отдельных модулей сбора сейсмических данных для одного сейсмического события могут быть повторно скомпонованы в один файл данных, в местоположении, удаленном от модулей сбора данных. В одном

варианте воплощения для того, чтобы упростить одновременную передачу из первого поднабора модулей сбора данных во второй поднабор модулей сбора данных, каждому из множества сейсмических модулей сбора данных назначают частоту передачи, предназначенную для использования при передаче сейсмических данных. Кроме того, учитывая потенциально большое количество модулей сбора данных, формирующих один последовательный путь передачи данных, может быть желательным и/или необходимым назначать первому и второму модулям сбора сейсмических данных в пределах пути последовательной передачи общую частоту передачи. Таким образом, ввиду ограниченных доступных частот передачи, может быть полезным повторно использовать одну или больше частот. Мощность передачи и/или физический промежуток между модулями можно выбирать таким образом, чтобы предотвратить взаимную помеху между модулями, имеющими общие частоты передачи. Кроме того, когда общую частоту повторно используют на одном пути последовательной передачи данных в течение общего периода передачи, может быть желательным, чтобы модули, в которых используется общая частота, были отделены расстоянием, которое больше чем дальность передачи модулей. Следует понимать, что модули, в которых используется общая частота передачи, могут быть дополнительно скомпонованы таким образом, что они будут передавать сейсмические данные в течение разделенных по времени периодов передачи, или таким образом, что они будут использовать дополнительный механизм мультиплексирования, такой как мультиплексирование с кодовым разделением, для уменьшения или исключения взаимных помех. Промежутки между модулями и/или мощность передачи модулей сбора данных также могут зависеть от частот передачи в одном или больше соседних путях передачи, которые используются для передачи сейсмических данных из дополнительных массивов. В соответствии с другим аспектом системы предусмотрена утилита, которая улучшает скорость передачи данных между множеством модулей сбора сейсмических данных, образующих массив, и базовой станцией, которая во время работы собирает сейсмические данные из массива путем координирования работы множества модулей, которые связаны непосредственно с базовой станцией. Утилита подразумевает размещение множества модулей сбора сейсмических данных на физическом пути, например, в линии модулей, при этом каждый модуль сбора сейсмических данных на физическом пути во время работы передает по беспроводному каналу данных по меньшей мере в один другой модуль сбора сейсмических данных на пути таким образом, что данные последовательно передают из удаленных модулей в модули, расположенные ближе к базовой станции. Первый и второй пути передачи последовательных данных определены через физический путь. Первый и второй (или дополнительный) пути передачи данных могут быть сформированы с использованием альтернативных модулей сбора данных или с использованием другой структуры размещения

модуля сбора данных вдоль пути на физическом пути распространения. В соответствии с этим каждый из первого и второго путей передачи данных во время работы передает данные в модули, которые формируют каждый путь, и базовая станция предпочтительно во время работы поочередно воспринимает передачу сейсмических данных из первого и второго путей передачи данных. В этом отношении базовая станция может во время работы, по существу, постоянно принимать передачу сейсмических данных из первого и второго путей передачи.

Например, базовая станция во время работы может поочередно принимать передаваемые данные из первого и второго путей таким образом, что приемник базовой станции будет иметь, по существу, 100% рабочий цикл. В соответствии с другим аспектом системы предусмотрена утилита, предназначенная для передачи сейсмических данных через последовательность модулей сбора данных, в который в заданном модуле используются разные частоты для приема и передачи данных. В утилите используется множество модулей сбора сейсмических данных, которые расположены последовательно и во время работы обеспечивают беспроводную связь по меньшей мере с одним расположенным выше по потоку модулем сбора данных и по меньшей мере одним расположенным ниже по потоку модулем сбора данных с целью передачи сейсмических данных между ними. При этом модули сбора сейсмических данных типично работают так, что они принимают полученные выше по потоку сейсмические данные по меньшей мере из одного модуля сбора сейсмических данных, расположенного выше по потоку, и передают данные, полученные выше по потоку, в модуль сбора данных, расположенный ниже по потоку. Кроме того, для обеспечения возможности передачи множества наборов данных из модуля, расположенного выше по потоку, во множество наборов модулей сбора данных, расположенных ниже по потоку, может быть полезно назначать различные частоты передачи и приема каждому из модулей сбора данных. Обычно это требует, чтобы любой отдельный модуль сбора данных во время работы принимал данные, полученные выше по потоку на первой частоте передачи, и передал полученные выше по потоку данные, а также любые данные, генерируемые принимаемым модулем сбора данных, в расположенный ниже по потоку модуль сбора данных на второй частоте передачи. В соответствии с этим каждый отдельный модуль передачи может быть настроен на прием частоты, ассоциированной с модулем сбора данных, расположенным выше по потоку, и настроен на передачу на частоте, которая соответствует приемной частоте модуля сбора данных, расположенного ниже по потоку. Отдельную антенну или множество антенн можно использовать с этой целью. Модуль сбора данных во время работы может принимать передачу из непосредственно соседнего, расположенного выше по потоку модуля сбора данных и передавать сейсмические данные, полученные выше по потоку, в соседний модуль сбора данных, расположенный ниже по потоку. В другой компоновке модуль сбора данных может во время работы получать

передачу из не соседнего модуля сбора данных, расположенного выше по потоку, и передать в не соседний модуль сбора данных, расположенный ниже по потоку. При этом при приеме и передаче могут быть пропущены соседние модули сбора данных таким образом, что первый и второй пути последовательной передачи данных чередуются в пределах физического пути сейсмических модулей сбора данных. В соответствии с другим аспектом системы, по меньшей мере, некоторые из модулей выполнены с возможностью самостоятельного определения своего местоположения. Для обеспечения возможности обработки данных, снимаемых датчиками, необходимо определять географическое местоположение каждого датчика. Вместо измерения вручную местоположения тысяч датчиков, как выполнялось ранее, в настоящем системе могут использоваться различные способы автоматического определения местоположения, по меньшей мере, некоторых из модулей. Например, в одном варианте воплощения каждый модуль может включать в себя приемник Системы глобальной навигации (GPS, СГН). В модулях может использоваться приемник для самостоятельного определения местоположения, и, кроме того, они могут по беспроводному каналу передавать данные местоположения в центральную систему записи.

2.8 другой вариант воплощения системы

В другом варианте воплощения только некоторые модули или базовая станция могут быть оборудованы приемниками GPS, или ни один из модулей может не быть оборудован таким приемником. В системе предпочтительно может использоваться РЧ (RF, радиочастотная) технология для определения местоположения, по меньшей мере, некоторых модулей. Например, модуль или базовая станция могут излучать сигнал с помощью своего передатчика в несколько других удаленных модулей. Другие модули или базовая станция (станции) могут индивидуально записывать время, в которое сигнал был принят из первого модуля или из базовой станции, и/или уровень этого сигнала. Используя время, в которое сигнал был принят в каждом удаленном модуле, направление, из которого сигнал был принят, уровень сигнала или другие параметры, можно определить местоположение этого модуля. Таким образом, если местоположение одного или больше модулей или базовой станции известно, местоположение удаленных модулей, излучающих сигнал, может быть определено. Следует понимать, что этот аспект не ограничивается использованием одного конкретного способа на основе РЧ-технологии, для определения местоположения удаленного модуля. Для специалиста в данной области техники будет понятно, что имеется множество способов, в которых используется РЧ-технология, которую можно применять, как будет более подробно описано ниже. Кроме того, местоположение модуля может быть определено на основе сигналов, принятых в модуле из других модулей или базовых станций, или

местоположение модуля может быть определено на основе сигналов, переданных из модуля в другие модули или базовые станции (например, технология может быть основана на модуле или может быть внешней). В еще одном варианте воплощения можно использовать РЧ-способы определения местоположения в комбинации со способами GPS. Например, часть модулей и/или базовая станция могут включать в себя GPS-приемники. Поскольку способы GPS позволяют точно определять местоположение, эти модули или базовые станции можно использовать как опорные местоположения. Затем опорные местоположения можно использовать для расчета фактического местоположения других модулей, которые не оборудованы приемниками GPS, с использованием относительного местоположения, рассчитываемого при применении способов на основе РЧ-технологии. Например, только базовые станции (или их поднабор) могут включать в себя приемники GPS. В другом примере все модули могут включать в себя приемники GPS. Затем оба способа, способ определения местоположения на основе РЧ и способ GPS, могут использоваться совместно для обеспечения точного измерения местоположения.

Предпочтительное свойство настоящей системы состоит в способности записи местоположения удаленных модулей в центральной системе записи и обработки в режиме, близком к реальному времени. Таким образом, нет необходимости перемещаться к каждому модулю для получения данных о местоположении. Вместо этого, удаленные модули или платформы в других местах могут быть выполнены с возможностью беспроводной передачи данных о местоположении обратно в центральную систему управления и записи. Данные о местоположении могут передаваться через ту же сеть, которая используется для передачи сейсмических данных, или может использоваться отдельная сеть. Кроме того, различные частоты, уровни мощности или другие параметры сигнала можно использовать для определения местоположения сигналов (относительно сигналов передачи сейсмических данных). Следует понимать, что местоположение модулей не требуется определять до инициирования сбора сейсмических данных. Вместо этого, местоположение может быть определено одновременно с или после сбора сейсмических данных. В соответствии с еще одним дополнительным аспектом настоящего системы могут использоваться технологии самостоятельного определения местоположения модуля, в которых используется преимущество контекста беспроводной группы сейсмоприемников, для определения местоположения. Как отмечено выше, известно, что важно обеспечить автоматическое определение местоположения удаленных модулей сбора данных, например, с использованием РЧ-технологии определения местоположения внедренных приемников GPS, комбинации этих двух подходов или других соответствующих способов. Обычно определение точного местоположения потенциально тысяч модулей сбора данных является дорогостоящей и требующей времени задачей. Вначале рабочие обычно движутся к каждому

модулю сбора данных и определяют его местоположение, используя приемник GPS или аналогичное устройство. Это требует, прежде всего, чтобы рабочие знали общее местоположение каждого модуля так, чтобы его можно было найти. Как только модуль будет найден, обычно требуется значительное время для получения с помощью приемника GPS точного измерения местоположения. Местоположение каждого устройства должно быть введено в компьютерную систему, где его используют при обработке данных. Время, затрачиваемое на определение местоположения устройства, ожидание данных GPS и сохранение данных местоположения, может быть существенным. Кроме того, этот процесс может повторяться для тысяч датчиков. Поэтому система, которая обеспечивает автоматическое определение местоположения модулей сбора данных, по существу, без одновременного вмешательства человека является предпочтительной. Настоящее система обеспечивает автоматическое определение местоположения, по меньшей мере, некоторых модулей, уменьшая, таким образом, затраты на установку. При этом может использоваться любая соответствующая технология самостоятельного определения местоположения, включая в себя системы определения местоположения GPS, встроенные в модули, и позволяющая по беспроводному каналу сообщать свои местоположения.

Однако было определено, что благодаря беспроводной передаче данных модулей сбора данных обеспечиваются дополнительные возможности самостоятельного определения местоположения. В частности, было разработано множество технологий определения местоположения на основе РЧ-технологии в связи с беспроводной телефонией и ячеистыми сетями. Обычно в этих технологиях применяются алгоритмы мультилатерации (такие как триангуляция) с использованием информации о дальности и/или информации о направленности, полученной из множества сигналов, такой как разница во времени прихода сигнала (TDOA, РВПС), угол прихода сигнала (AOA, УПС), сила сигнала и т.д.

В частности, было определено, что эти технологии могут быть адаптированы для настоящего контекста беспроводного сбора данных. Существующие технологии основаны на парадигме, сформулированной для множества мобильных телефонов и меньшего количества фиксированных сетевых структур, таких как базовые станции беспроводной сети. Цель этих систем, в общем, состоит в определении местоположения мобильных телефонов, и при этом известны местоположения фиксированных сетевых структур. Часто, однако, телефонные трубки имеют ограниченный контакт с фиксированными структурами из-за расстояния, наличия зданий или других препятствий и локальной топологии, в результате чего становится невозможным точно и своевременно определить местоположение телефонных трубок. Кроме того, поскольку телефонные трубки являются мобильными, сигналы местоположения обычно требуется получать, по существу, одновременно. В результате, во многих случаях невозможно

определить место расположения телефонных трубок, используя такие технологии, или местоположение определяется с большими неопределенностями.

Может показаться, что такие технологии являются непривлекательными для определения местоположения модулей сбора данных в соответствии с настоящим контекстом, в частности, учитывая требуемую точность. Однако множество факторов делают эти технологии приемлемыми в данном контексте, если их правильно адаптировать. Во-первых, множество передатчиков РЧ могут быть доступными в непосредственной близости к модулю сбора данных, местоположение которого требуется определить, что, таким образом, позволяет использовать алгоритмы мультилатерации с высокой пространственной разрешающей способностью. Кроме того, если требуется, местоположение ряда таких РЧ-передатчиков можно точно определить с использованием GPS или других технологий, и они, таким образом, могут использоваться как опорные точки, для привязки мультилатеральных расчетов. Кроме того, модули сбора данных являются стационарными, что позволяет выполнять статистическую обработку с течением времени для снижения неопределенностей в методиках мультилатерации. Опорные точки также могут быть расположены так, чтобы обеспечивалась непрерывная передача РЧ-сигналов о местоположении. Следует понимать, что расчеты местоположения могут выполняться в модулях сбора данных (например, на основе специализированных сигналов определения местоположения или других сигналов, принимаемых из множества передатчиков) или в других местоположениях (например, на основе специализированных сигналов определения местоположения или других сигналов, передаваемых из модуля и принимаемых множеством приемников).

Другой аспект настоящего системы подразумевает использование утилиты для конструирования беспроводного сейсмического исследования, используя параметры, которые являются уникальными для беспроводных систем сейсмической разведки. Например, компоновка удаленных модулей сбора данных не ограничивается физическим соединением между каждым модулем, как в случае обычной системы, построенной на основе кабелей. Это обеспечивает для проектировщика системы большую свободу при выборе компоновки модулей. Например, может потребоваться размещать модули в такой конфигурации, которая позволяет исключить препятствия. Кроме того, параметры, относящиеся к особенностям беспроводной передачи, могут использоваться для разработки беспроводного сейсмического исследования (например, мощность передачи, количество каналов, полоса пропускания и т.д.). В качестве примера, мощность передачи и/или расстояние между модулями могут быть увеличены или уменьшены для достижения конкретных задач геофизического исследования. Кроме того, количество беспроводных каналов, требуемых для передачи сейсмических данных, может зависеть от промежутков между удаленными модулями сбора данных.

Кроме того, количество и промежутки (плотность) между модулями сбора данных могут отличаться от обычных проводных массивов, благодаря экономии, связанной с беспроводным вариантом воплощения, которая влияет на экономический компромисс между затратами на проведение геофизического исследования и количеством датчиков. В соответствии с этим утилита в соответствии с данным аспектом настоящего системы включает в себя следующее : получают информацию о пара-метре, который относится к потенциальной конфигурации массива, в которой конфигурация массива представляет собой функцию характеристик систем беспроводной передачи данных; получают информацию о задачах геофизического исследования, относящуюся к рассматриваемой сейсмической разведке; и определяют конфигурацию массива, основанную на информации о параметрах и информации о задачах геофизического исследования.

В еще одном аспекте настоящее система подразумевает прием сейсмических данных из беспроводной системы сейсмического исследования с быстрым считыванием (например, обеспечивается считывание между сейсмическими событиями) и обработкой данных с преобразованием их в форму, которая может использоваться для анализа характеристик одной или больше подземных геологических структур. Этап приема может включать в себя, например, передачу сейсмических данных в компьютерную систему, которая выполнена с возможностью обработки этих данных. Этап обработки может включать в себя множество способов манипуляции сейсмическими данными (например, фильтрация, суммирование, синхронизация, отображение, нормальное приращение времени, выполнение общей срединной точки или другой подборки и т.д.). Следует понимать, что это может дополнительно включать в себя конкретную обработку, уникальную для беспроводного контекста, такую как устранение чередования данных от разных модулей и учет уникальной беспроводной геометрической структуры массива. В дополнение или в качестве альтернативы, этап обработки может включать в себя интерпретацию сейсмических данных для идентификации характеристик одной или больше подземных геологических структур.

3 СТРУКТУРА РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СИСТЕМЫ

3.1 краткое описание чертежей

Для более полного понимания настоящего системы и его дополнительных преимуществ ниже приводится ссылка на следующее подробное описание, которое следует рассматривать совместно с чертежами, которые кратко описаны ниже.

На этой схеме показана типичная компоновка датчиков и кабелей в проводной сейсмической системе.

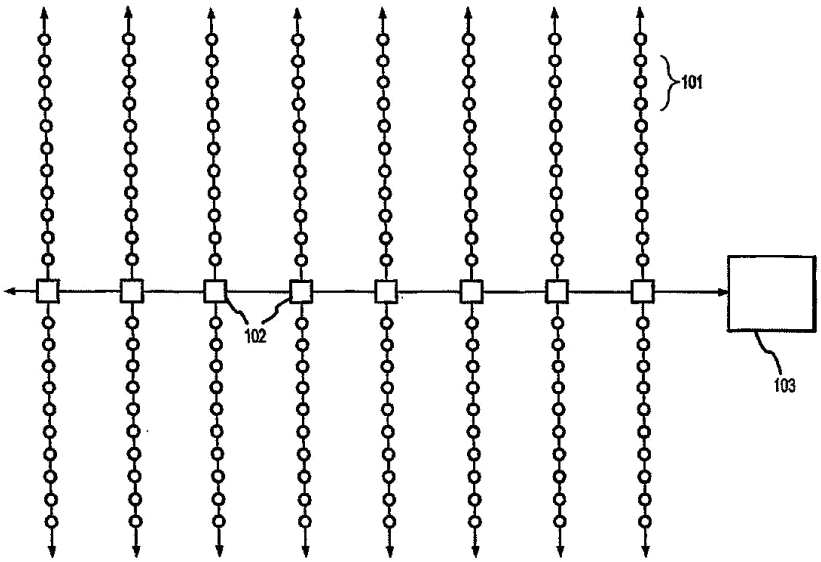

Рисунок 1 - Типичная компоновка датчиков и кабелей в проводной сейсмической системе

На рисунке 2 показана блок-схема удаленного модуля сбора и передачи данных в соответствии с вариантом воплощения настоящего системы.

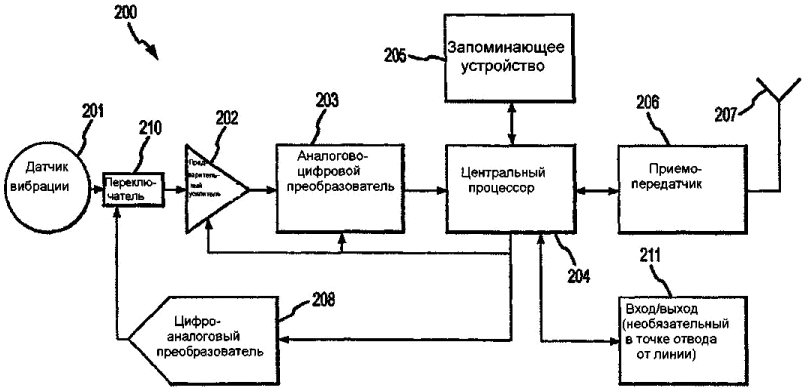

Рисунок 2 – Блок-схема удаленного модуля сбора и передачи данных

На рисунке 3 показана типичная компоновка модулей и датчиков в беспроводной системе в соответствии с вариантом воплощения системы.

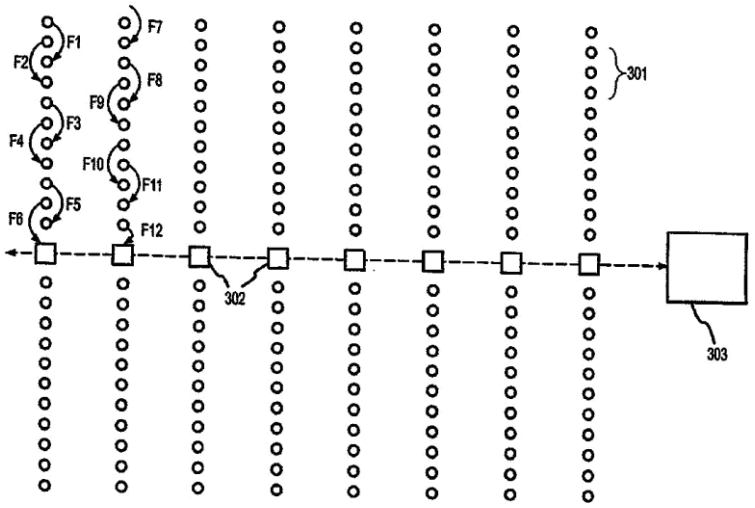

Рисунок 3 – Типичная компоновка модулей и датчиков в беспроводной системе

На рисунке 4 представлен подробный чертеж участка беспроводной системы, используемый для описания распределения частот и операции в соответствии с вариантом воплощения системы.

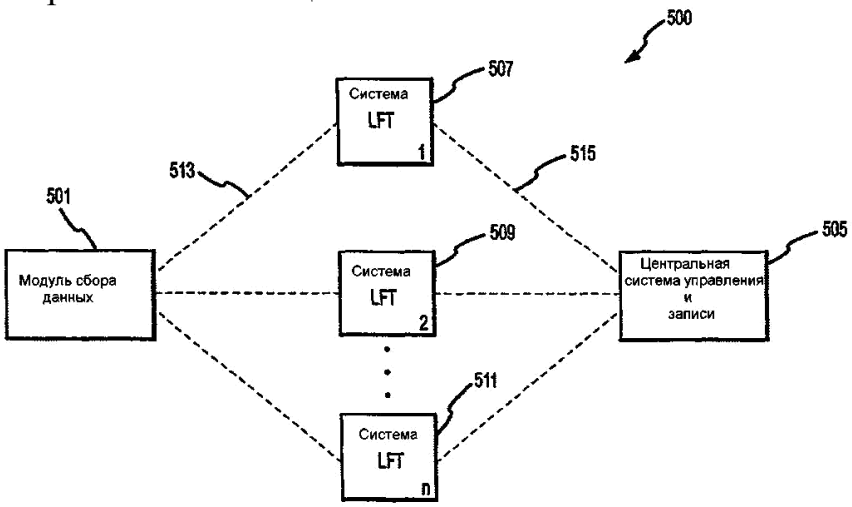

Рисунок 4 – Подробный чертеж участка беспроводной системы, используемый для описания распределения частот и операций

На рисунке 5 иллюстрируется система автоматического определения местоположения модулей сбора данных.

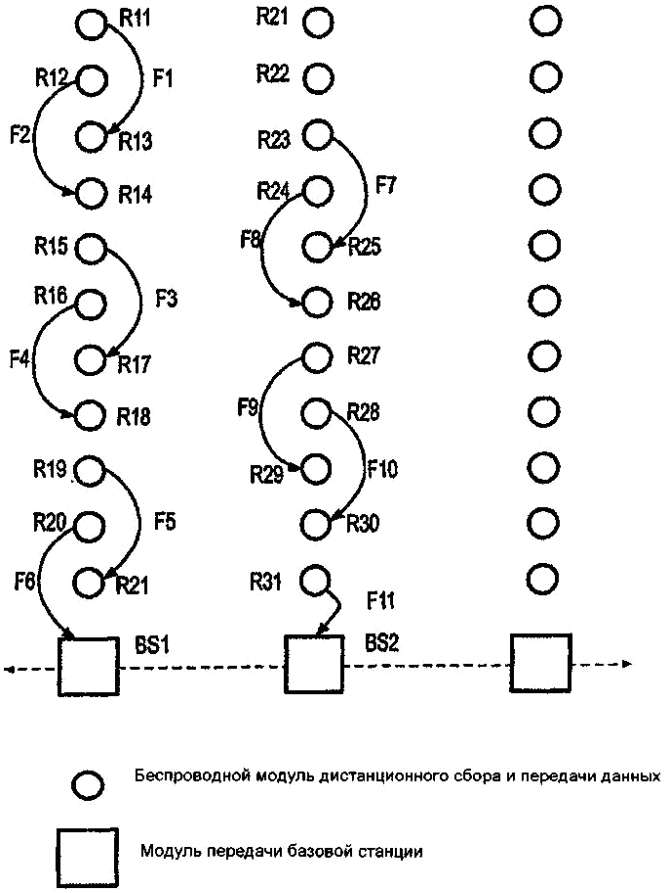

Рисунок 5 – система автоматического определения местоположения модулей сбора данных

На рисунках 6.1-6.3 иллюстрируется работа различных технологий, которые можно использовать для автоматического определения местоположения модулей сбора данных.

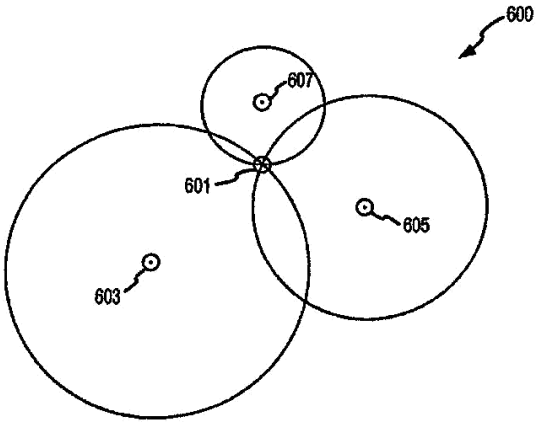

Рисунок 6.1 – Технология, используемая для автоматического определения местоположения модулей сбора данных

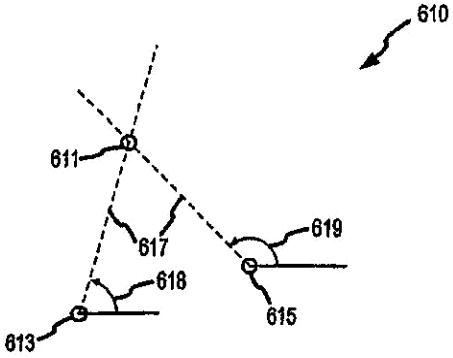

Рисунок 6.2 - Технология, используемая для автоматического определения местоположения модулей сбора данных

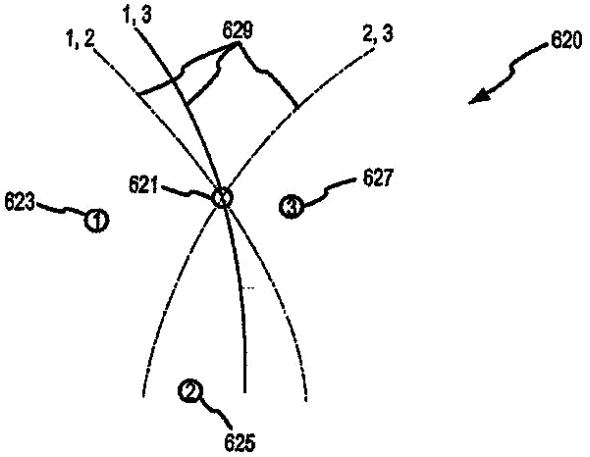

Рисунок 6.3 - Технология, используемая для автоматического определения местоположения модулей сбора данных

На рисунке 7 иллюстрируется компоновка модулей беспроводной системы сейсмической разведки в соответствии с вариантом воплощения настоящего системы.

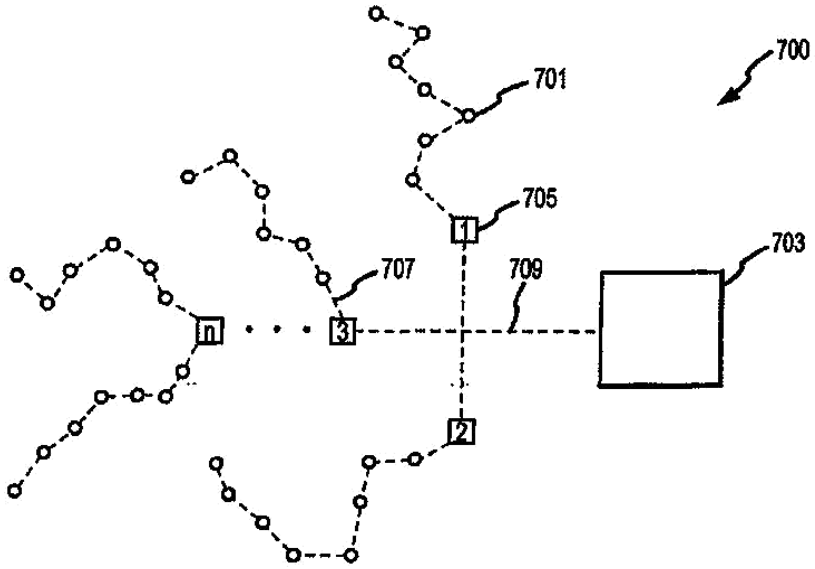

Рисунок 7 – Компоновка модулей беспроводной системы сейсмической разведки

На фиг. 8 иллюстрируется альтернативная компоновка группы сейсмодатчиков и ассоциированного протокола считывания в соответствии с настоящим системам.

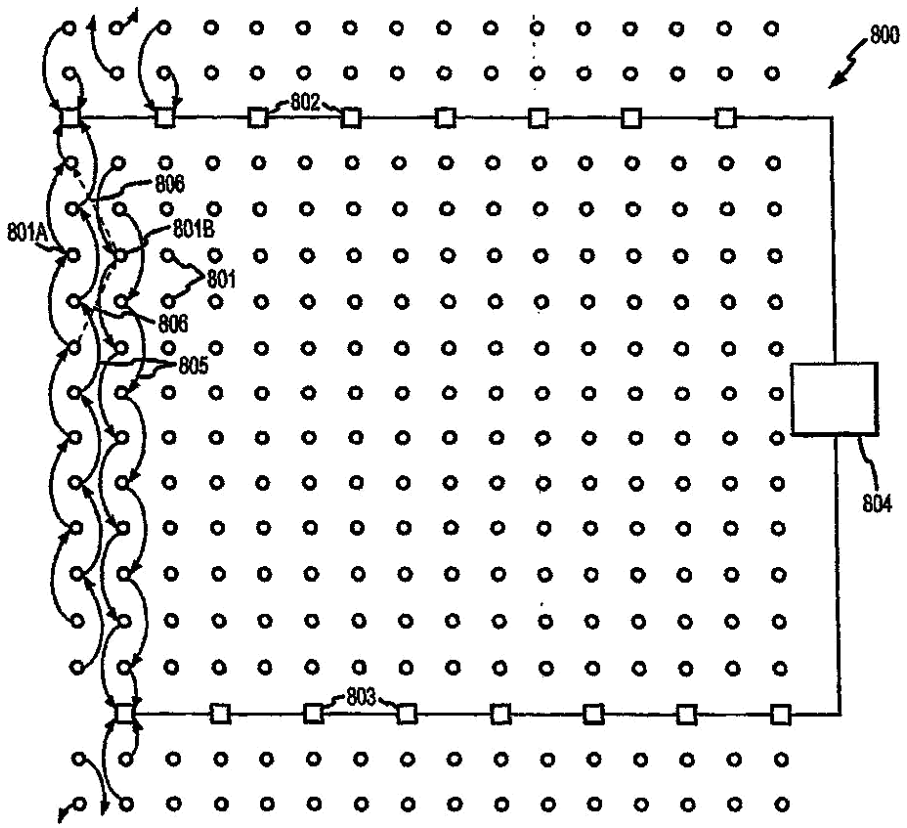

Рисунок 8 – Альтернативная компоновка группы сейсмодатчиков и ассоциированного протокола

На фиг. 9А-9С иллюстрируется некоторая структура и функции самостоятельного определения местоположения в соответствии с настоящим системам.

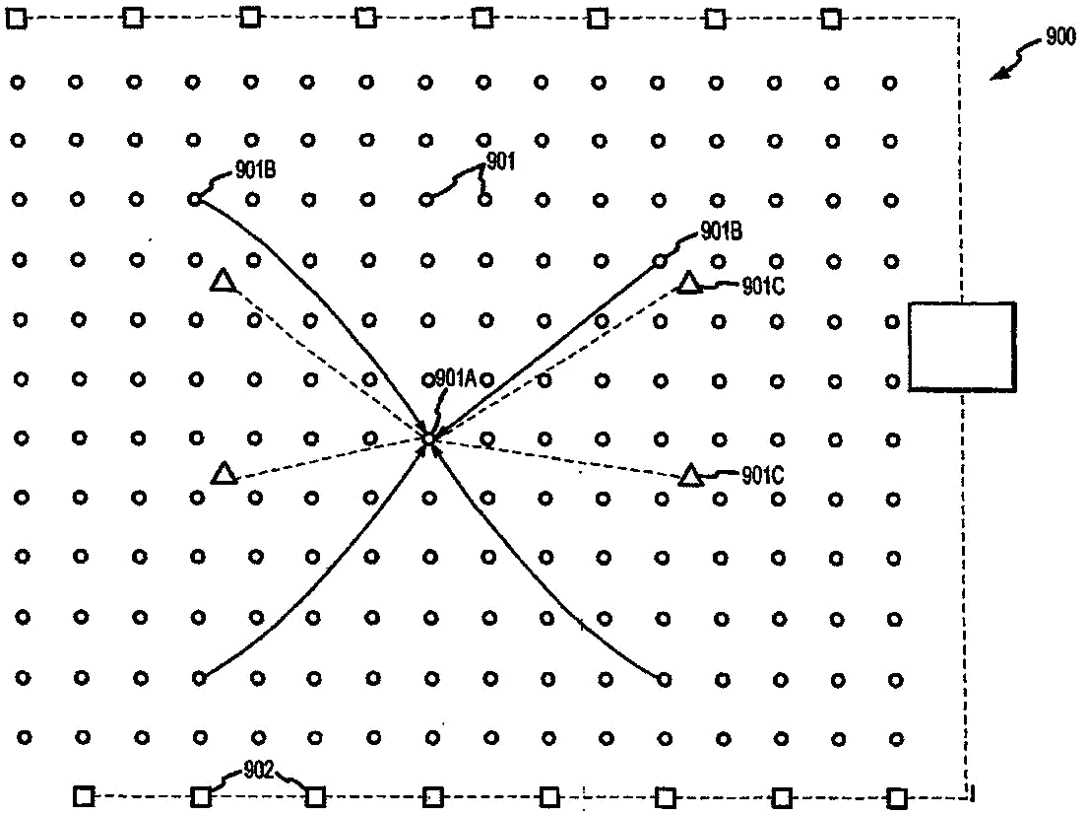

Рисунок 9.1 – Структура и функции самостоятельного определения местоположения

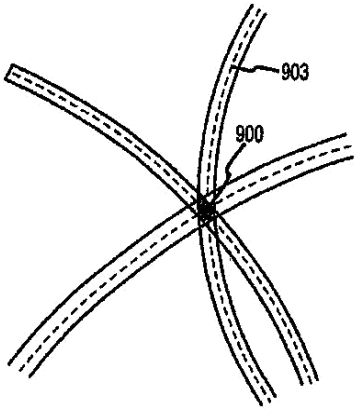

Рисунок 9.2 - Структура и функции самостоятельного определения местоположения

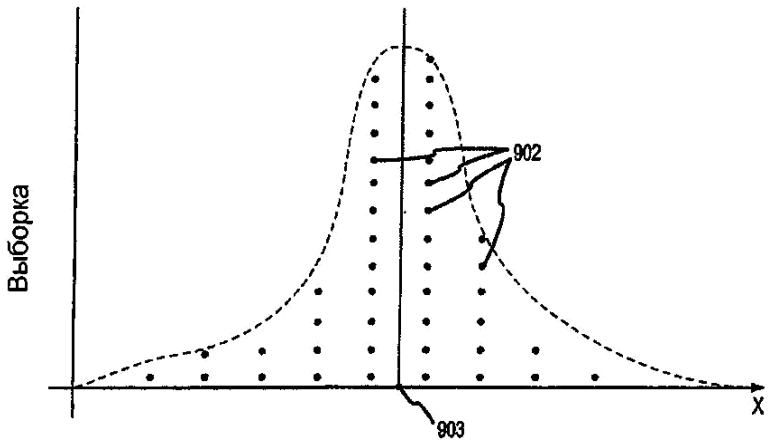

Рисунок 9.3 - Структура и функции самостоятельного определения местоположения

На фиг. 10 показана блок-схема последовательности операций, иллюстрирующая процесс разработки группы беспроводных сейсмодатчиков в соответствии с настоящим системам.

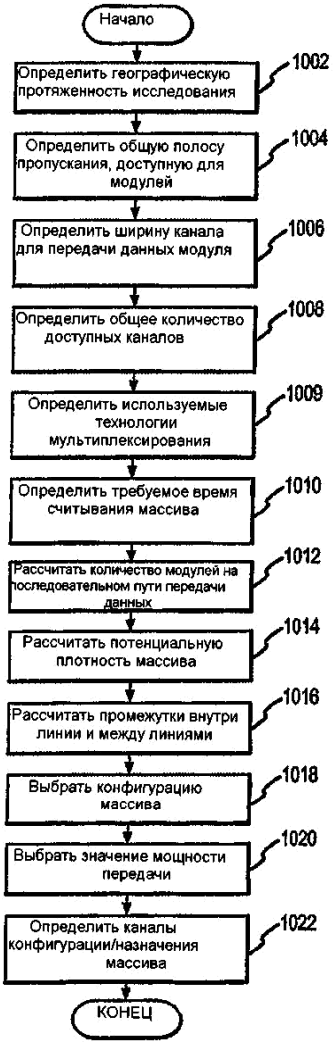

Рисунок 10 – Блок-схема

На рисунке 11 показана блок-схема последовательности операций, иллюстрирующая процесс обработки данных из группы беспроводных сейсмодатчиков в соответствии с настоящим системам.

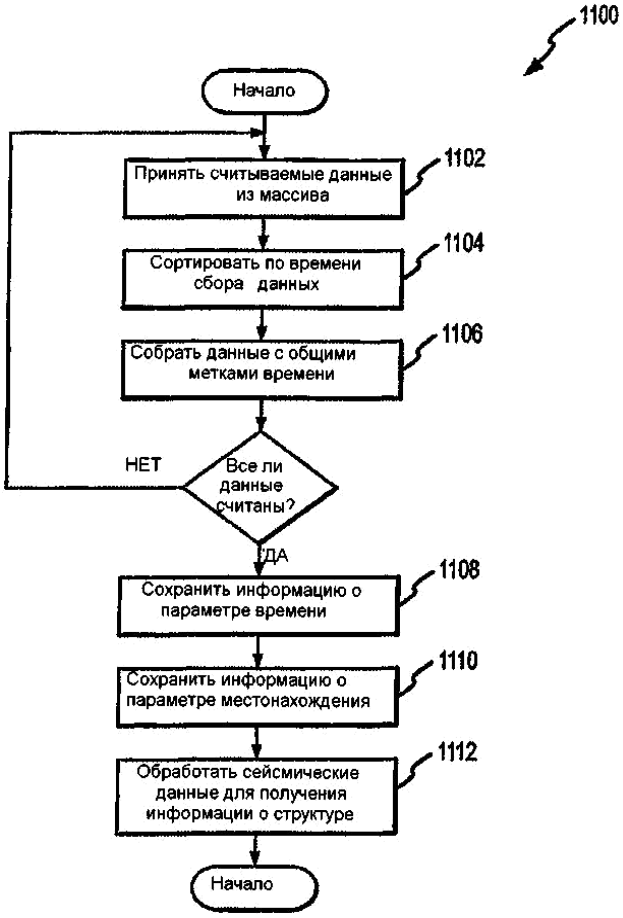

Рисунок 11 – Блок-схема

На рисунке 12.1-12.3 иллюстрируется процесс передачи данных вдоль пути последовательной передачи данных группы беспроводных сейсмодатчиков в соответствии с настоящим системам.

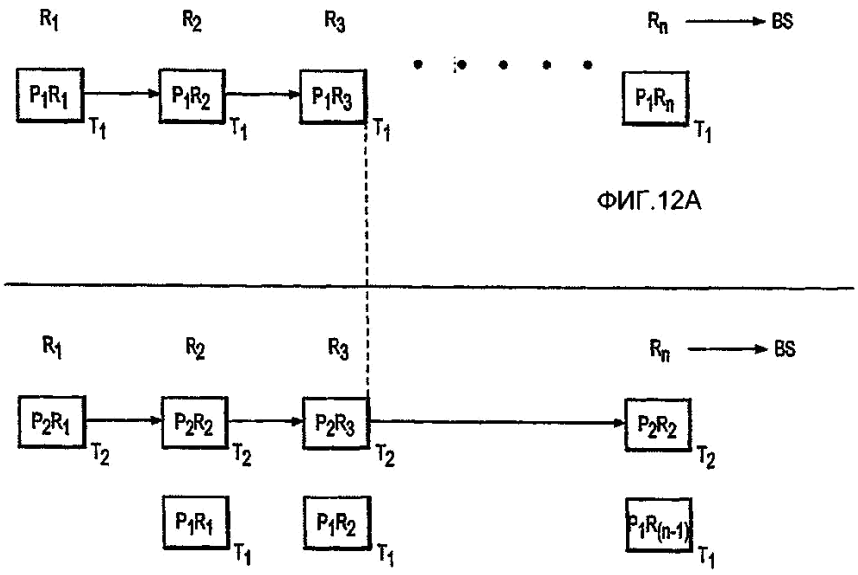

Рисунок 12.1 – Процесс передачи данных

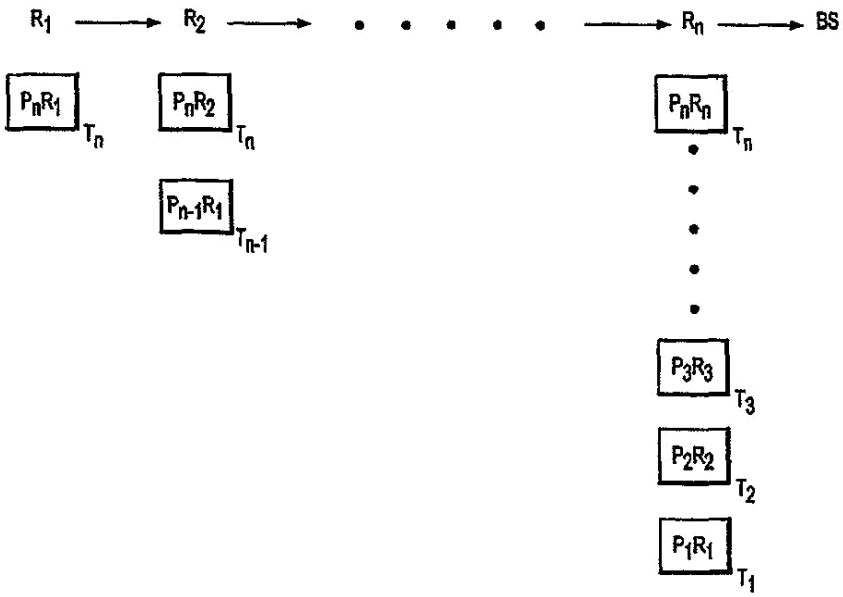

Рисунок 12.2 - Процесс передачи данных

3.2 Подробное описание системы

Хотя система может быть выполнена с различными модификациями и в альтернативных формах, конкретные варианты его воплощения представлены в качестве примера на чертежах и подробно описаны ниже. Следует, однако, понимать, что не предполагается ограничивать система конкретной раскрытой формой, а скорее, система должно охватывать все модификации, эквиваленты и альтернативы, попадающие в пределы объема системы, как определено формулой системы.

В некоторых вариантах воплощения, описанных ниже в настоящем системе, используется комбинация функции сбора данных и функции радиопередачи в одном модулей, решая, таким образом, множество проблем. Каждый модуль обычно передает данные в другой модуль по определенному маршруту в центральную систему управления и записи. Некоторые преимущества одного варианта воплощения настоящего системы включают в себя следующие:

- Поскольку промежуток между модулями мал, обычно не превышает приблизительно 50 м, можно использовать радиоустройство с относительно малой мощностью для передачи информации в следующий модуль. Экономия энергии позволяет обеспечить работу модулей в течение нескольких дней от батареи для карманного фонаря или даже дольше на солнечных батареях. Кроме того, батареи могут быть заменены или могут быть заряжены во время планируемой смены местоположения модулей.
- Интегральные радиомикросхемы с малой стоимостью доступны, что обеспечивает конструкцию, которая стоит меньше, чем изготовление системы с кабелями, проложенными между модулями в проводной системе.
- Поскольку массив модулей сбора данных уложен на местности в виде сетки, он автоматически адаптируется к неровностям местности. Если существует какое-либо препятствие, можно использовать запасной модуль для передачи сигнала над или вокруг препятствия.
- Если будет выбрана полоса частот 2,4 ГГц, она будет разрешена в большинстве регионов мира для работы с низкими уровнями мощности. Поскольку сейсмические исследования обычно выполняются в удаленных областях, помеха от внешних источников не должна составлять проблему.
- Благодаря работе модулей на разных частотах в пределах этого частотного диапазона модули могут непрерывно передавать данные по группе сейсмоприемников по "цепочке", обеспечивая сбор данных в режиме реального времени и передачу их в центральную систему управления и записи.
- Протяженность сети может быть расширена путем добавления модулей и увеличения массива так, что в нем могут содержаться тысячи модулей.

На рисунке 1 представлена общая физическая компоновка обычного геофизического исследования. Множество удаленных модулей 101 сбора данных соединены с помощью кабелей в линии и расположены в виде

массива на земле. С каждым из модулей соединен один или больше датчиков, выполненных как отдельные датчики, многокомпонентные датчики или связки датчиков, связанных проводами в группы. Каждый из модулей может содержать электронные схемы для усиления, преобразования в цифровую форму и сохранения сигналов от датчиков или, в случае цифровых датчиков, для сбора и сохранения данных. Удаленные модули сбора данных могут содержать дополнительные схемы, предназначенные для проверки датчиков и/или схем сбора данных, для обеспечения правильного функционирования и рабочих характеристик.

Удаленные модули соединены вместе в линию электрическими или оптоволоконными кабелями, и эта линия соединена со вторым устройством, называемым "отводом от линии" или "модулем пересечения" 102. Отводы от линии затем соединяют вместе в связки и, в конечном итоге, поступают в центральную систему 103 управления и записи.

Сейсмические данные обычно получают и передают по кабелям от удаленных модулей сбора данных до отводов от линии и оттуда в центральную систему управления и записи. Инструкции и сигналы времени передают по кабелям из центральной системы управления и записи в отводы от линии и оттуда в удаленные модули сбора данных. Другие структуры могут использоваться, включая в себя только линейный массив. Избыточные линии или кольцевая топология могут использоваться для получения альтернативных путей передачи данных и сигналов управления в случае неисправностей или наличия препятствий. Множество развернутых датчиков может существенно изменяться в зависимости от требований геофизического исследования. Если одна из линий должна быть выполнена с разрывом, ввиду наличия некоторого препятствия, такого как река, система радиочастотной передачи данных может быть установлена для передачи данных и инструкций через этот разрыв.

Центральная система управления и записи обычно состоит из компьютера с дисплеем, клавиатуры, интерфейса для связки отводов от линии и системы цифрового накопителя. В одном варианте воплощения центральная система управления и записи может состоять из стандартного сетевого компьютера с Ethernet, USB (универсальная последовательная шина) или беспроводного интерфейса для подключения к связке отводов от линии или устройства интерфейса, которое соединяется со связкой отводов от линии. Данные могут сохраняться на внутреннем жестком диске компьютера. Для более крупных систем центральная система управления и записи может состоять из большого компьютера с отдельным дисплеем и клавиатурой и отдельным устройством накопителем, таким как привод на ленте, один или более жестких дисков или некоторые другие устройства - накопители, которые соответствуют для сохранения относительно больших количеств данных.

В настоящей системе беспроводные модули сбора и передачи данных заменяют обычные проводные модули. Положения удаленных модулей могут

быть такими же, как и в проводной системе, или массив может быть адаптирован для эксплуатации гибкости беспроводной системы. В дальнейшем описании вначале представлен обобщенный пример для иллюстрации гибкости настоящей системы. Таким образом, модули сбора данных могут быть расположены, по существу, в виде любой структуры последовательной передачи сейсмоданных, которая выполняется вдоль, по существу, любого маршрута, для передачи информационных сообщений в центральную систему управления и записи. После этого представлены конкретные примеры, которые иллюстрируют преимущественные конфигурации массива и протоколов считывания.

На рисунке 7 показана компоновка беспроводной системы 700 сейсморазведки в соответствии с одним вариантом воплощения настоящего системы. Система 700 включает в себя модули 701 сбора данных, которые распределены по месту проведения сейсморазведки. Модули 701 сбора данных выполнены с возможностью связи с окружающими модулями через беспроводные каналы 707 передачи данных. Обычно сейсмоданные передают по беспроводным каналам из модулей 701 сбора данных, которые расположены дальше всего от центральной системы 703 управления и записи, к модулям, которые в меньшей степени удалены, до тех пор, пока данные не достигнут центральной системы 703 управления и записи. Как показано на чертеже, данные могут передаваться в модули 701 сбора данных до тех пор, пока они не достигнут базовой станции 705. Базовая станция может быть выполнена с возможностью передачи и приема данных между центральной системой 703 управления и записи с использованием любого соответствующего способа (например, Ethernet, USB, оптоволоконного канала передачи данных, некоторых беспроводных интерфейсов, совместимых с компьютером, таких как IEEE 802.11, и т. д.). Кроме того, базовые станции 705 могут просто представлять собой модули сбора данных, которые выполнены с возможностью непосредственной связи с центральной системой 703 управления и записи.

Рисунок 7 иллюстрирует компоновку модулей сбора данных, которая не обязательно должна представлять собой линейный массив или какую-либо правильную геометрическую конфигурацию. Это является предпочтительным, поскольку обеспечивает возможность работы системы геофизических исследований вокруг препятствий и обеспечивает свободу для проектировщиков геофизических исследований выбора компоновки, которая оптимизирует рабочую характеристику системы.

Следует понимать, что путь передачи сейсмических данных между модулями сбора данных может быть сконфигурирован вручную или автоматически. В последнем случае каждый модуль может быть запрограммирован, например, для связи с заданными модулями, которые будут размещены непосредственно рядом или близко друг к другу. В качестве альтернативы, модули могут быть выполнены с возможностью автоматического детектирования и выбора оптимального пути для передачи

сейсмических данных. В этом последнем случае модули могут быть установлены без необходимости размещения определенных модулей в определенных местах положения. Затем модули могут выбирать оптимальный путь передачи данных, учитывая различные факторы, такие как препятствия, сила сигнала, скорость передачи данных и т.д.

Важный аспект настоящей системы состоит в способности обеспечивать быстрый сбор данных из беспроводного массива. Таким образом, система может работать более эффективно и с меньшими затратами, если сбор данных будет осуществляться без задержек процесса геофизического исследования, как описано выше. Для достижения этой цели предпочтительно, чтобы сейсмические данные требовалось либо сохранять локально (например, в базовой станции модуля или в другой станции сбора данных), полностью или частично для всего геофизического исследования, или каким -либо другим образом передавать в центральную систему управления и записи так, чтобы не создавать помеху или задержку работы устройства вибрационного источника. В настоящем системе предусмотрена система беспроводной передачи сейсмических данных, которая позволяет достичь этой цели. В одном варианте воплощения настоящего системы все сейсмические данные для сейсмического события передают из модулей сбора данных в центральную систему управления и записи, или в другую систему накопителя, не более чем приблизительно за 20 с после окончания события вибрации. Это обеспечивается путем выбора скорости передачи данных, количества модулей сбора данных в массиве и в каждой линии последовательной передачи данных и с учетом других факторов. Пример предпочтительного варианта воплощения подробно описан ниже.

На рисунке 2 показана блок-схема беспроводного модуля 200 удаленного сбора и передачи данных в соответствии с вариантом воплощения настоящего системы. Датчик 201 вибрации преобразует вибрацию в электрические сигналы, которые передают через переключатель 210 в предварительный усилитель 202 и оттуда в аналогово -цифровой (А/Ц) преобразователь 203. Цифровые данные из А/Ц-преобразователя 203 поступают в центральный процессор 204 или непосредственно в цифровое запоминающее устройство 205. В качестве альтернативы, в случае, когда датчик 201 имеет прямой цифровой выход, сигналы могут поступать непосредственно в процессор 204 или в запоминающее устройство 205.

В дополнение к управлению системой и сохранению данных в запоминающем устройстве , процессор 204 может выполнять некоторые расчеты с данными, включающие в себя прореживание данных, фильтрацию, суммирование повторяющихся записей, корреляцию, синхронизацию и т.д. Удаленный модуль 200 также может принимать информацию через приемопередатчик 206, например информацию о времени, опорные сигналы для взаимной корреляции, параметры сбора данных , инструкции проведения испытаний и инструкции программирования, информацию о местоположении, сейсмические данные из расположенных выше по потоку

модулей и обновления программных средств, помимо других команд. Передача и прием сигналов осуществляется через антенну 207.

Процессор 204 может управлять приемопередатчиком 206, что включает в себя состояние передачи/приема, частоты, выходную мощность и поток данных, а также другие функции, требуемые для выполнения операций. Удаленный модуль 200 также может принимать данные и команды из другого удаленного модуля или базовой станции, сохранять их в запоминающем устройстве и затем передавать их снова для приема другим удаленным модулем, который расположен выше или ниже по потоку линии.

Цифроаналоговый (Ц/А) преобразователь 208 может быть включен в себя в систему, которая принимает цифровые данные из процессора 204, для подачи сигналов через переключатель 210 во входные схемы. Эти сигналы, которые могут, например, состоять из постоянных напряжений, токов или синусоидальных колебаний, могут быть преобразованы в цифровую форму и могут быть проанализированы для определения, правильно ли функционирует система и удовлетворяет ли она спецификациям ее рабочих характеристик. Типичный анализ может включать в себя входные шумы, гармонические искажения, динамический диапазон, постоянное смещение и другие испытания или измерения. Сигналы также могут быть поданы в датчик 201 для определения таких параметров, как сопротивление, величина утечки, чувствительность, демпфирование и собственная резонансная частота. Напряжение источника питания также может быть подключено через переключатель 210 к А/Ц-преобразователю 203 для мониторинга уровня заряда батареи и/или питания системы. Предварительный усилитель 202 может иметь регулируемый коэффициент усиления, устанавливаемый процессором 204 или другим средством для регулирования уровней входных сигналов. Датчик 201 вибрации может представлять собой отдельный типовой модуль, который распложен как внешний модуль относительно удаленного модуля 200 и соединен с помощью кабелей, или датчик 201 может быть выполнен как модуль, интегрированный в пакет удаленного модуля.

Если удаленный модуль 200 требуется использовать как базовую станцию, эквивалент "отвода от линии" или интерфейс для центральной системы записи, он также будет иметь функцию 211 цифрового ввода/вывода, которая может быть представлена, например, как Ethernet, USB, оптоволоконное соединение или некоторый совместимый с компьютером беспроводный интерфейс (например, один из стандарта IEEE 802.11) или другое средство передачи данных через проводной или радиоканал передачи данных. Также может быть приемлемо использование больших блоков батарей для беспроводного сбора данных с отвода от линии и модулей-ретрансляторов, поскольку их количество обычно мало, и они могут обеспечивать передачу данных на большие расстояния с использованием скоростного протокола передачи данных.

Удаленный модуль 200 построен с использованием обычных

интегральных схем, поставляемых множеством поставщиков. Интегральная схема 206 передатчика/приемника может представлять собой приемопередатчик цифровых данных с программируемыми функциями, включающими в себя вывод мощности, синхронизацию, рабочую частоту, полосу пропускания и другие необходимые функции. Рабочая полоса частот предпочтительно может представлять собой полосу частот, которая обеспечивает возможность работы без лицензирования во всем мире, например, в диапазоне 2,4 ГГц. Центральный процессор 204, запоминающее устройство 205 и переключатель 210 могут включать в себя любое количество типовых, широкодоступных частей. А/Ц-преобразователь 203 предпочтительно может представлять собой 24-битный сигма-дельта преобразователь, такой как поставляется множеством поставщиков. Предварительный усилитель 202 предпочтительно представляет собой малошумящий усилитель с дифференциальным входом, поставляемый из множества источников, или, в качестве альтернативы, он может быть интегрирован с А/Ц- преобразователем 203. Ц/А-преобразователь 208 предпочтительно должен представлять собой модуль с очень малыми искажениями, который позволяет формировать синусоидальное колебание с малыми искажениями, которые можно использовать в системе для проведения испытаний на гармонические искажения. Модуль 200 может включать в себя множество других компонентов, не показанных на фиг. 2, таких как направленные антенны для АОА измерений сигналов, отдельные передающую и приемную антенны, отдельные антенны для сигналов определения местоположения и сигналов передачи сейсмических данных, приемники GPS, батареи и т.д.

В следующем примере представлено, как система может непрерывно получать сейсмические данные. Предположим, что каждый модуль выполняет выборку вибрационных сигналов с частотой 500 выборок в секунду, с разрешающей способностью 24 бита на выборку. Сейсмические данные от датчика вибрации преобразуют в цифровую форму и сохраняют в запоминающем устройстве. В это время приемопередатчик 206 принимает данные из следующего модуля, который расположен на большем расстоянии от центральной системы записи. После того как определенное количество данных будет собрано от датчика 201 и других модулей, модуль переключается в режим передачи и передает некоторые пакеты данных, собранные датчиком 201, и полученные из других модулей, в направлении модуля, расположенного ближе к центральной системе записи. К каждому пакету данных также прикрепляется аннотация, содержащая некоторую идентификацию исходного датчика - источника и времени сбора. Модуль продолжает принимать и сохранять данные в течение фазы передачи таким образом, что отсутствуют какие-либо перерывы при записи.

Аннотация - метка времени может поступать от часов микропроцессора или по радио. Часы во всех модулях могут быть периодически установлены и синхронизированы с использованием сигнала из центральной системы

записи или из другого источника. На фиг. 3 показана одна возможная конфигурация беспроводной сейсмической системы в соответствии с вариантом воплощения настоящего системы. Множество удаленных модулей 301 могут быть расположены в линии так же, как это выполнено в проводной системе, показанной на рисунке 1, за исключением того, что отсутствует какое-либо физическое соединение между удаленными модулями. Модули отвода от линии заменяются модулями 302 базовой станции, которые могут быть соединены с центральной системой 303 управления и записи, с использованием Ethernet, оптоволоконной линии или другого канала передачи цифровых данных или беспроводным его заместителем. Примерные радиоканалы, работающие на частотах F1-F12, обозначены стрелками. Следует отметить, что для улучшения скорости передачи данных, каждый радиоканал в представленном варианте выполнения прыгает за пределы близкого удаленного модуля к следующему модулю, который расположен ближе к базовой станции. Возможны другие пути радиопередачи, включающие в себя прямую передачу в ближайший удаленный модуль, выполнение пропуска через несколько модулей, или в случае наличия препятствия или отказа оборудования, за пределы дефектного удаленного модуля или даже в другую линию, или осуществление передачи по любому другому логическому пути, который устанавливает поток передачи данных. Центральная система управления и записи может представлять собой переносной компьютер или большую эквивалентную систему.

На рисунке 4 показан вид с покомпонентным представлением деталей участка линии, представляющей массив беспроводных удаленных модулей Rn и базовых станций BSn, соединенных вместе с помощью Ethernet или оптоволоконных соединений, или беспроводных радиочастотных каналов, или других каналов передачи данных, в соответствии с вариантом воплощения настоящего системы. Во время фазы сбора данных сигналы от датчиков преобразуют в цифровую форму и сохраняют в запоминающем устройстве. Некоторые из удаленных модулей затем передают в цифровые данные из запоминающего устройства через РЧ-канал передачи данных. Другие принимают цифровые данные из соседних модулей, временно сохраняя данные в запоминающем устройстве. При максимальной скорости передачи данных половина удаленных модулей может находиться в режиме передачи, и другая половина находится в режиме приема в любой момент времени. Таким образом, для того, чтобы модули не создавали помеху друг другу, разные частоты могут быть назначены каждому удаленному модулю, находящемуся в пределах дальности действия любого другого удаленного модуля. Например, удаленный модуль R11 будет передавать на частоте F1 в удаленный модуль R13. Удаленный модуль R12 может одновременно передавать на частоте F2 в удаленный модуль R14. Удаленные модули R15, R16, R19 и R20 также передают данные на своих назначенных частотах F3, F4, F5 и F6 соответственно. Удаленный модуль R20 передает свой пакет

данных в базовую станцию BS1. После того как пакеты данных будут переданы между удаленными модулями, состояние передачи/приема удаленных модулей переключают на обратное, как представлено на чертеже, в виде следующей связки удаленных модулей. Удаленный модуль R23 передает свой пакет данных на частоте F7, и процесс продолжается, при этом удаленный модуль R31 передает свой пакет данных в базовую станцию BS2. Данные далее передают вниз по потоку по каналу передачи данных в центральную систему записи и управления.

Таким образом, следует понимать, что сигналы, используемые модулями, мультиплексированы с разделением по времени и мультиплексированы с частотным разделением. Таким образом, как отмечено выше, модулям, находящимся в пределах дальности приема друг от друга, которые осуществляют передачу в течение одних и тех же интервалов времени, могут быть назначены разные частотные диапазоны передачи для исключения помехи. Таким образом, разные модули в пределах дальности приема друг друга и даже в пределах одного пути последовательной передачи данных (например, пути, определенного как R11, R13, R15, R17, R19, R21, BS1 на фиг. 4), могут одновременно выполнять передачу данных, увеличивая, таким образом, скорость считывания данных.

Кроме того, как отмечено выше, любой конкретный модуль может выполнять передачу только половину времени или меньше. Например, модуль может передавать данные, по существу, в течение первой половины времени и может принимать данные из расположенного выше по потоку модуля или модулей, по существу, половину времени. Таким образом, в пределах заданного пути последовательной передачи данных соседние модули обычно выполняют передачу в противоположные интервалы времени (т.е. с чередованием). Сигналы от соседних модулей, поэтому, обычно получаются мультиплексированными с разделением по времени. При этом заданный частотный диапазон может повторно использоваться модулями в пределах дальности приема друг от друга или даже в пределах данного пути последовательной передачи данных, в результате чего обеспечивается лучшее использование доступных каналов передачи данных, что позволяет обеспечить большую плотность развертывания массива (меньший промежуток между модулями), если это требуется.

Кроме того, следует отметить, что каждая физическая линия модулей по рисунку 4 фактически определена двумя (в примере на рисунка 4) или большим количеством путей последовательной передачи данных с чередованием. Таким образом, модули с четными номерами, связанные с базовой станцией BS1 (R12...R20), определяют один путь последовательной передачи данных, и модули (R11... R21) с нечетными номерами образуют другой путь. Эти два пути последовательной передачи данных могут быть скоординированы для улучшения считывания данных. Например, такие пути последовательной передачи данных могут быть синхронизированы таким образом, что модули R20 и R21 поочередно будут передавать в базовую

станцию BS1. Таким образом, ресурсы используются более эффективно, поскольку одна антенна в базовой станции BS1, работающая, по существу, со 100% рабочим циклом, может принимать сигналы от R20 и R21. В качестве альтернативы, базовая станция BS1 может принимать сигналы из пространственно разделенных линий для обеспечения аналогичного эффективного использования ресурсов. Хотя это не показано на фиг. 4, базовые станции BS1, BS2 и т.д. могут принимать данные из отдельных линий, например, с противоположных сторон базовых станций.

Следует понимать, что преимущества множества технологий мультиплексирования (например, мультиплексирования по времени и по частоте) могут быть реализованы различными путями. Например, вместо разделения работы заданного модуля на два, по существу, равных интервала, образующих период цикла (например, интервал приема, после которого непосредственно следует интервал передачи), период цикла может быть разделен на большее чем два количество интервалов. Например, модуль может принимать данные из первого расположенного выше по потоку модуля в течение первого интервала, принимать данные из второго расположенного выше по потоку модуля в течение второго интервала и передавать данные (полученные в модуле и/или полученные из первого и/или второго расположенных выше потоку модулей) в третьем интервале. Например, такой цикл из трех интервалов можно использовать совместно с нелинейной компоновкой последовательной передачи данных. В качестве альтернативы, три цикла интервалов могут использоваться совместно с чередованием трех путей последовательной передачи данных по одной физической линии модулей, в соответствии с необходимостью.

Кроме того, в некоторых случаях модули могут работать с менее чем 100% рабочим циклом в отношении приема и передачи беспроводных данных, то есть с интервалами молчания в течение периода цикла, во время которых модуль ни передает и ни принимает данные. Например, цикл может быть разделен на четыре интервала, и при этом модули с нечетными номерами принимают в течение первого интервала, передают в течение третьего интервала и не передают, и не принимают в течение второго и четвертого интервалов. Модули с четными номерами могут принимать в течение второго интервала, передавать в течение четвертого интервала и не передают, и не принимают данные в течение первого и третьего интервалов. Это обеспечивает дополнительные возможности мультиплексирования с разделением по времени, как между чередующимися линиями последовательной передачи данных, если это требуется, например, в случае, когда эффективное использование полосы пропускания является более критичным, чем полное использование рабочего цикла какой-либо отдельной антенны.

Другие технологии мультиплексирования, чем разделение по времени и мультиплексирование с частотным разделением, также можно использовать, например, мультиплексирование с кодовым разделением. При

мультиплексировании с кодовым разделением паре передатчик-приемник назначают цифровой код, который обеспечивает возможность выделения сигнала, представляющего интерес, из других сигналов, даже когда другие сигналы накладываются на сигнал, представляющий интерес, по времени и частоте. Коды потенциально создающих помеху друг другу сигналов могут быть выбраны так, чтобы они были математически ортогональными, для уменьшения взаимных помех. В случае вариантов применения, которые включают в себя множество потенциально создающих помехи друг другу сигналов, можно использовать длинные коды, что потенциально усложняет обработку и увеличивает накладные затраты. В настоящем контексте, в котором используется малая мощность передачи и хорошо определенная геометрия массива, может оказаться достаточным использовать короткие коды. Кроме того, мультиплексирование с кодовым разделением можно комбинировать с мультиплексированием с временным разделением и/или частотным разделением, как описано выше, для дополнительного сокращения кодов и оптимизации обработки. В случае необходимости, в зависимости от экономических требований, определенное количество других деталей, множества антенн, например, отдельных передающей и приемной антенн, можно использовать для данного модуля.

В примере, показанном на рисунке 4, в котором подразумевается использование частоты выборки 500 выборок в секунду и разрешение выборки 24 бита, удаленный модуль R11, передающий половину времени, должен передавать данные с частотой 24000 битов в секунду в удаленный модуль R13, который в настоящий момент времени получает данные от своего собственного датчика со скоростью 12000 битов в секунду. Через некоторое время все удаленные модули переключаются между состоянием приема и передачи, и передают данные далее вниз по потоку в направлении базовой станции. Теперь удаленный модуль R13 будет передавать данные, ранее принятые из R11, а также свои собственные накопленные данные, в удаленный модуль R15. Поскольку теперь требуется передавать данные от двух датчиков, скорость передачи данных должна составлять 48000 выборок в секунду для предотвращения накопления данных в датчиках. Следует понимать, что данные, поступающие из разных модулей, даже если они будут в последующем переданы в течение одного интервала передачи, могут иметь несколько отличающееся опорное время или метку времени, как более подробно описано ниже. Соответствующий заголовок или метаданные могут быть ассоциированы с данными, которые не только идентифицируют модуль/местоположение источника, но также и идентифицируют время сбора данных.

Требуемая скорость передачи данных будет линейно увеличиваться, по мере удлинения линии из удаленных модулей. Когда количество станций в линии, умноженное на удвоенную частоту выборок, превышает максимальную скорость передачи данных беспроводных модулей сбора и передачи данных, линия больше не в состоянии поддерживать поток данных.

В этой точке необходимо добавить другую линию базовых станций или обеспечить "периоды ожидания". В случае источника вибрационной энергии, это будет означать увеличение компонентов в системе или остановку источника энергии на необходимую задержку. Таким образом, в некоторых случаях данные могут быть сохранены в одном или больше модулей или в базовых станциях для считывания во время изменения положения источника энергии или в другое время, без задержки процесса геофизического исследования. Другой вариант может состоять в корреляции и/или размещении в стеке пилотного сигнала из источника вибрационной энергии в удаленных модулях, используя центральный процессор, что существенно уменьшает количество требуемых данных. Еще один вариант может состоять в использовании сжатия данных для уменьшения количества битов данных, требуемых для переноса информации, что могло бы позволить использовать в системе большее количество удаленных модулей на базовую станцию. Когда используют взрывной источник для генерирования вибрации, количество сейсмических данных, собираемых за период времени, намного меньше, поэтому массивы могут быть намного большими, чем при геофизических исследованиях, в которых используют транспортное средство - источник вибрационной энергии.

Каждый пакет данных из каждого удаленного модуля может содержать информацию о времени сбора данных, параметрах сбора данных, номере индекса и серийном номере удаленного модуля, координатах станции и т.д. Периодически команды и информация могут быть переданы вверх или вниз по линии в удаленные модули (например, синхронизация времени, параметры сбора данных, инструкции самостоятельного тестирования и т.д.). Модули базовой станции могут содержать схемы множества модулей, что обеспечивает возможность передачи данных в два или больше массива одновременно или в разных направлениях.

На рисунке 12.1-12.3 графически иллюстрируется последовательная передача пакетов сейсмических данных из последовательности модулей R1-Rn в базовую станцию BS. Как показано на чертеже, каждый модуль R1-Rn генерирует пакет $P1R_{(1-n)}$ данных в соответствии, по меньшей мере, с частью сейсмического события. Данные в каждом пакете $P1R_{(1-n)}$ собирают в течение первого периода T1 времени. Первый пакет каждого модуля затем передают в другой модуль, расположенный вдоль пути последовательной передачи данных ближе к базовой станции BS. Процесс повторяют в течение второго периода T2 времени. Однако следует отметить, что второй модуль R2, в дополнение к генерированию второго пакета P2R2 данных в течение второго периода времени T2, также принимает первый пакет P1R1 в течение первого периода времени, принимаемый из первого модуля (рисунок 12.2). Первый пакет P1R1 данных может быть прикреплен ко второму пакету P2R2 данных для передачи в третий модуль R3 во время следующего периода передачи. При этом файл данных, передаваемый вторым модулем R2 в R3, будет включать в себя пакеты P1R1 и P2R2 из разных модулей (т.е. модулей R1 и

R2). Кроме того, эти пакеты P1R1 и P2R2 будут содержать сейсмические данные, которые собирают в течение двух отдельных периодов T1 и T2 времени.

Следует понимать, что по мере увеличения количества периодов времени, количество пакетов данных, передаваемых последним удаленным модулем Rn в базовый модуль BS, может быть равно количеству удаленных модулей на пути последовательной передачи. Например, последний модуль Rn может включать в себя пакет данных из каждого модуля R(1-n). Кроме того, каждый из этих пакетов данных может включать в себя данные для разных периодов T(1-n) времени. В соответствии с этим перед использованием пакетов из модуля R(1-n), эти пакеты будут скоррелированы и повторно собраны. Например, пакеты, ассоциированные с первым модулем R1 (например, $P1R1_{T1}$-$PnR1_{Tn}$), могут быть составлены из множества файлов данных, которые были переданы в базовую станцию BS. Составленные пакеты могут быть повторно собраны во временном порядке для определения отклика первого модуля R1 на сейсмическое событие. Следует отметить, что такое составление и/или повторная сборка могут выполняться в базовой станции, в центральной станции управления или в месте, удаленном от места проведения сейсмической разведки. В последнем случае такое составление и/или повторная сборка могут выполняться после выполнения сейсмической разведки.

Частоты назначают модулям таким образом, чтобы исключить взаимные помехи для других модулей. Такая компоновка может зависеть от известного местоположения и расстояния между модулями, или может быть основана на проведении автоматических полевых испытаний, в которых фактические эксперименты проводятся вручную или автоматически с использованием центрального компьютера. В качестве альтернативы, отдельные модули могут получать инструкции для проведения своих собственных тестов для определения лучшего распределения частот. В случае слабого уровня сигнала, модули могут корректировать свою выходную мощность до уровня, необходимого для соответствия минимальному использованию энергии батареи. В случае наличия препятствия, такого, как горная гряда, структура, или в случае другой проблемы с радиосвязью, один или больше дополнительных модулей могут быть размещены для поддержания потока данных, которые действуют как радиоретрансляторы. Дополнительный модуль может содержать или может не содержать датчик вибрации.

Прием данных, преобразование данных от датчиков в цифровую форму, и радиопередача ранее собранных данных происходят одновременно таким образом, что происходит незначительная задержка между сбором и передачей данных. Соответственно, каждый пакет данных может включать в себя информацию, относящуюся к источнику и времени сбора данных. Пакеты данных будут повторно собраны в файл с записями всех датчиков, составляющих активный участок массива.

Следует понимать, что возможно множество вариантов систем,

показанных на рисунках 3 и 4. Одна такая система 800 показана на рисунке 8. Представленная система 800 включает в себя, в общем, прямолинейный массив модулей 801 сбора данных, которая, в общем, аналогична системам, показанным на фиг. 3 и 4. Однако представленная система 800 включает в себя множество рядов модулей базовых станций, включающих в себя ряд первых модулей 802 базовых станций и ряд вторых модулей 803 базовых станций. Как описано выше, колонна из модулей 801 сбора данных передает данные последовательно в базовую станцию 802 или 803. В этом случае чередующиеся колонны модулей 801 сбора данных передают данные в противоположные базовые станции 802 или 803, как обозначено стрелками 805. Таким образом, если данная колонна передает данные в первую базовую станцию 802, соседняя колонна с обеих ее сторон передает данные во вторую базовую станцию 803. Существуют различные причины, в связи с которыми массивы могут быть построены таким образом. Например, если заданный модуль 801А сбора данных окажется дефектным или по какой-либо другой причине будет выключен, данные могут быть переданы вокруг этого модуля 801А, используя модуль 801В в соседней колонне, как обозначено пунктирными линиями 806. Например, это может быть воплощено путем соответствующей регулировки частот передачи и/или приема соответствующих модулей 801. При этом благодаря тому, что соседние колонны выполняют считывание в противоположных направлениях, обеспечивается возможность исключить необходимость передачи ненужного количества данных. Таким образом, как отмечено выше, количество передаваемых данных увеличивается по мере приближения к базовой станции в каждой колонне из-за использования протокола последовательной передачи данных. В представленном случае модули 801, расположенные ближе к базовой станции, являются проксимальными для модулей 801 в соседней колонне, которые удалены от своих соответствующих базовых станций. В соответствии с этим обычно становится возможным использовать модуль 801В из соседней колонны, как представлено на чертеже, для обхода дефектного модуля 8С1А, без перегрузки обходного модуля 801В. В этом случае каждый модуль, принимающий данные из обходного модуля 801В, может только повторно передавать данные, относящиеся к его линии последовательной передачи данных.

Иллюстрируемые базовые станции 802 и 803 передают данные в центральную систему 804 управления и записи, в общем, как описано выше. Кроме того, как представлено на фиг. 8, базовые станции 802 и 803 могут принимать информацию из модулей 801 с обеих сторон. Например, каждая базовая станция 802 или 803 может иметь пару приемников для приема данных из модулей 801 с противоположных ее сторон.

Рассмотрим теперь рисунок 5, на которой представлена система 500 беспроводного геофизического исследования, обеспечивающая возможность автоматического определения местоположения модулей сбора данных. Как показано на чертеже, в системе может использоваться одна или больше из

систем 507, 509, 511 технологии определения местоположения (LFT, ТОМ), предназначенной для определения местоположения модуля 501 сбора данных. В системах LFT могут использоваться множество технологий определения местоположения, таких как AOA, TDOA, GPS, уровень сигнала или другие способы. Примеры таких систем включают в себя системы на основе инфраструктуры, такие как AOA, TDOA и уровень сигнала, внешние системы, такие как GPS, и гибридные системы, такие как GPS, работающие совместно с инфраструктурной системой. Обычно системы, работающие на основе инфраструктуры, могут определять местоположение модуля сбора данных на основе обмена данными между модулем сбора данных и другими модулями беспроводного определения местоположения (WLU, БОМ) (например, специализированные модули LFT, другие модули сбора данных и т. д.). Например, и как более подробно будет описано ниже, такие системы могут принимать информацию, относящуюся к опорной точке модуля сбора данных или расстоянию модуля относительно одного или больше других WLU. На основе такой информации местоположение модуля сбора данных может быть определено способом триангуляции или с использованием аналогичных геометрических/математических технологий. Внешние системы, такие как системы GPS, обычно определяют местоположение модуля сбора данных относительно внешней системы (например, относительно созвездия спутников GPS). Это осуществляется благодаря установке в модуле сбора данных приемника GPS.

Обычно выход системы LFT может быть передан в центральную систему 505 управления и обработки. Свойство выходного сигнала и способ передачи данных более подробно описаны ниже. Обычно выходной сигнал включает в себя местоположение одного или больше модулей сбора данных и используется процессором данных для обработки сейсмических данных с преобразованием их в формат, который может быть проанализирован.

С целью иллюстрации множество разных технологий определения местоположения представлено на рисунке 6.1-6.3. На рисунке 6.1 представлена LFT 600, основанная на времени поступления (TOA) сигнала. В этом случае расстояние между первым модулем 601 сбора данных и другим WLU 603 определяют на основе времени поступления или времени передачи сигнала из модуля сбора данных в другой WLU. Когда известно расстояние между модулем сбора данных и, по меньшей мере, тремя другими WLU 603, 605, 607, относительное положение первого модуля 601 сбора данных может быть определено путем решения пересечения расстояний.

На рисунке 6.2, в общем, представлена система 610 LFT на основе AOA. Системы LFT на основе AOA могут определять местоположение первого модуля 611 сбора данных на основе угла прихода сигналов 618, 619, как, в общем, обозначено пунктирными линиями 617 из первого модуля сбора данных, что измеряется двумя или больше WLU 613 и 615, которые оборудованы антеннами, позволяющими определять угол прихода сигнала, такими как многонаправленные антенны (не показаны). Следует понимать,

что модули, поэтому, могут быть оборудованы с этой целью специализированными антеннами. Различные углы прихода можно использовать для расчета местоположения первого модуля 611 сбора данных на основе пересечения углов от двух или больше WLU.

На рисунке 6.3 представлена система 620 LFT на основе TDOA. В системах TDOA множество WLU 623, 625, 627 измеряют время поступления сигналов из первого модуля 621 сбора данных. На основе таких измерений разность времени поступления между двумя WLU позволяет получить информацию, относящуюся к местоположению первого модуля сбора данных в виде гиперболы 629. Пересечение трех или больше гипербол 629 можно использовать для определения местоположения первого модуля 621 сбора данных.

Следует понимать, что некоторые из способов, описанные выше, обеспечивают получение относительного местоположения модуля сбора данных, то есть местоположения относительно одного или более WLU. Для перевода относительного местоположения модуля сбора данных в абсолютное значение, абсолютное местоположение, по меньшей мере, одного WLU может быть заранее определено. Это может быть выполнено с использованием нескольких способов. Например, один или больше WLU могут быть оборудованы приемником GPS. В качестве другого примера, местоположение одного или больше WLU может быть определено с помощью любого соответствующего способа, и местоположение одного или больше WLU можно использовать для перевода относительного местоположения в абсолютное местоположение.

Кроме того, следует отметить, что WLU могут быть предусмотрены как любое количество соответствующих устройств. В качестве примера, в предпочтительном варианте воплощения WLU может включать в себя другие модули сбора данных и/или базовые станции. В данном варианте воплощения модули сбора данных могут быть выполнены с возможностью приема сигналов из (или передачи сигналов в) окружающих модулей сбора данных (или базовых станций) с целью автоматического определения местоположения. В качестве альтернативы, WLU могут включать в себя приемники, которые выполнены специализированными для выполнения функции определения местоположения модулей сбора данных.

Следует понимать, что управление и обработка, выполняемые в системе автоматического определения местоположения, могут осуществляться в центральной системе управления и записи или дистанционно. В одном варианте воплощения центральная система управления и записи передает команду в первый модуль сбора данных, определяющую начало процедуры автоматического определения местоположения. Эта команда может быть передана тем же способом, с помощью которого передают сейсмические данные, или в качестве альтернативы, для нее может использоваться отдельный способ передачи данных. Другими словами, структура передачи данных в систему автоматического определения местоположения может быть

или может не быть той же, что используется для передачи сейсмических данных. Затем первый модуль сбора данных, или отдельная платформа управления, может по беспроводному каналу передавать команду в окружающие модули сбора данных, обозначающую, что они должны подготовиться к приему сигнала. Затем первый модуль сбора данных может передавать сигнал, и окружающие модули могут принимать его. Окружающие модули могут затем передавать необработанные данные (которые могут включать в себя идентификацию, информацию о времени, углы приема, географические координаты и т.д.), или обработанную информацию обратно в центральную систему управления и записи с использованием соответствующего способа передачи данных. В случае необработанных данных центральная система управления и записи может затем использовать информацию, поступившую из окружающих модулей, для расчета местоположения первого модуля сбора данных, используя один или больше описанных здесь способов. В качестве альтернативы, логика, выполняющая расчет местоположения, может быть включена в WLU или в другие соответствующие системы. В последнем случае WLU могут передавать обработанные данные, которые включают в себя местоположение одного или больше модулей сбора данных, обратно в центральную систему управления и записи.

Как отмечено выше, система, в соответствии с настоящим системам, может использовать различные технологии мультилатерации, которые были разработаны для беспроводной радиотелефонии и ячеистых сетей. Однако в системе, в соответствии с настоящим системам, используется технология контекста группы сейсмоприемников для оптимизации этих технологий определения местоположения. При этом примерный массив 900 сейсмоприемников представлен на рисунке 9.1. Массив 900 включает в себя множество модулей 901 сбора данных. По меньшей мере, один из модулей 901A сбора данных представляет собой модуль, самостоятельно определяющий свое местонахождение, в данном случае, используя РЧ-технологию, такую как технология TDOA или уровень сигнала. Такие технологии мультилатерации включают в себя передачу данных между модулем 901A, местоположение которого определяется, и множеством опорных структур. Например, множество опорных структур могут передавать сигналы в модуль 901A, местоположение которого определяется, и/или модуль 901A может передавать сигналы в опорные структуры. В этом случае опорные структуры могут представлять собой другие модули 901B сбора данных или специализированные опорные структуры 901 C. Например, может быть удобно использовать все или некоторые базовые станции 902 для выполнения функции опорных структур 901C. Аналогично, сигналы, используемые с целью определения местоположения, могут быть специальными сигналами определения местоположения или могут представлять собой сигналы передачи данных, включающие в себя кодированную информацию, которую можно использовать с целью

определения положения.

В представленном примере модуль 901A принимает сигналы определения местоположения из множества других модулей 901B сбора данных. При этом модуль 901A может принимать сигналы определения местоположения из более чем минимального количества модулей 901B, требуемых для трехмерного определения местоположения, для улучшения точности определения местоположения. Поскольку модуль 901A является неподвижным, нет необходимости принимать различные сигналы определения местоположения одновременно. Таким образом, например, модуль 901A может включать в себя антенну, которая может быть настроена на разные частоты в разные моменты времени для приема сигналов определения местоположения из разных модулей 901B. В качестве альтернативы, модули 901B могут передавать сигналы определения местоположения на заданной частоте для модуля 901A. Передающие структуры 901C, которые могут представлять собой другие модули или базовые станции, могут использовать большую мощность передачи для сигналов определения местоположения, чем для сигналов передачи сейсмических данных для обеспечения большей дальности передачи. Поскольку обычно используется меньше сигналов определения местоположения, чем сигналов передачи сейсмических данных, такой подход, в общем, может осуществляться без излишнего расходования энергии батарей. Таким образом, следует понимать, что представленная система определения местоположения имеет множество преимуществ, по сравнению с системой определения местоположения в беспроводной телефонной связи, благодаря конфигурации массива и благодаря тому, что массив является стационарным.

Другие преимущества при этом представлены на рисунке 9.2 и 9.3. Как отмечено выше, некоторые технологии мультилатерации, такие как TDOA и сила сигнала, включают в себя расчет расстояний между модулем сбора данных, местоположение которого определяется, и множеством внешних опорных точек. С целью иллюстрации приведенного выше описания такие технологии представлены как использующие одновременное решение уравнения, представляющего определенные кривые. В действительности, каждое из этих уравнений дальности имеет неопределенность, например, относящуюся к неопределенностям при измерениях времени или измерениях силы сигнала. Это графически представлено на рисунке 9.2. В частности, неопределенность в этих измерениях соответствует конечной толщины огибающей вокруг каждой кривой. В результате, местоположение модуля сбора данных определяется с использованием затененной области 900 неопределенности, представляющей перекрытие толщины огибающих. Таким образом, в представленном примере может присутствовать существенная неопределенность на основе решения трех кривых расстояния. Хотя область 900 неопределенности представлена в двух измерениях, следует понимать, что область неопределенности продолжается в трех

измерениях, и все они представляют собой интерес для обработки сейсмических данных.

Благодаря тому, что группа сейсмоприемников является неподвижной, некоторые статистические методики обработки можно использовать для уменьшения этой неопределенности. Это представлено на рисунке 9.3. В частности, на рисунке 9.3 иллюстрируется график последовательности определений расстояния между модулем сбора данных, местоположение которого определяется, и заданной опорной структурой. Выборки 902 могут быть получены в течение определенного периода времени. Теоретически или эмпирически может быть определено, что эти выборки 902 определяют Гауссово распределение или другое определенное распределение. В соответствии с этим можно использовать статистические процессы для определения проектируемого фактического расстояния 903 на основе выборок 902. Это расстояние дополнительно показано на фиг. 9В. Выполняя такие статистические обработки по отношению к множеству опорных структур, местоположение модуля сбора данных, которое представляет интерес, может быть определено с требуемой точностью.

Другое свойство настоящего системы включает в себя способ разработки сейсмического исследования на основе параметров, которые являются уникальными для беспроводных систем сейсморазведки. Разработка беспроводной системы сейсмической разведки, такой как система, в соответствии с настоящим системам, подразумевает учет моментов, отличающихся от моментов, учитываемых при разработке обычной проводной системы. Например, различные параметры для протокола беспроводной передачи могут быть выбраны для обеспечения требуемой рабочей характеристики (например, мощности передачи, чувствительности антенны, количества используемых каналов, скорости передачи данных и т.д.). В качестве примера предположим, что сейсмическое исследование планируют для определенной географической области. Проектировщик может выбрать промежуток между модулями сбора данных для получения требуемой разрешающей способности полученных в результате сейсмических данных. Затем может быть выбрана мощность передачи и количество требуемых частот беспроводных каналов передачи. Кроме того, может быть выбрана скорость передачи данных на основе рабочих характеристик устройства вибрационного источника, а также рабочего цикла передачи модуля и длительности линий последовательной передачи данных, помимо прочих параметров. Следует понимать, что представленные примеры включают только некоторое количество из множества различных параметров, которые могут быть учтены при разработке системы беспроводного сейсмического исследования.

Кроме того, выбор компоновки модулей сбора данных может подразумевать учет уникальных параметров при разработке беспроводной системы. Прежде всего, компоновка модулей не ограничена физическим соединением с помощью кабелей между каждым модулем. Это обеспечивает

для проектировщика большую гибкость при выборе конкретной компоновки. Например, расстояния между модулями можно изменять или можно рандомизировать по различным причинам (например, для предотвращения наложения сигналов). В качестве альтернативы, может потребоваться компоновка с неравномерной структурой для того, чтобы обойти препятствия, такие как дороги, мосты, реки, здания и т.д.

Другое свойство настоящего системы подразумевает прием сейсмических данных из беспроводной системы сейсмического исследования и обработку и/или анализ данных с преобразованием в форму, которая полезна для разрешения характеристик одной или больше подземных геологических структур.

Этап приема может включать в себя, например, передачу сейсмических данных в вычислительную систему, которая позволяет обрабатывать эти данные. В одном варианте воплощения вычислительная система представляет собой центральную систему управления и записи. В другом варианте воплощения вычислительная система представляет собой другую систему, чем центральная система управления и записи. В последнем случае сейсмические данные могут быть переданы из центральной системы управления и записи в вычислительную систему с использованием любого соответствующего способа (например, Ethernet, беспроводный протокол 802.11, USB, FireWire, CD-ROM, накопитель на жестком диске и т.д.). Кроме того, следует понимать, что вычислительная система может быть географически удалена от места проведения сейсмического исследования. Например, в одном варианте воплощения сейсмические данные могут обрабатываться с помощью вычислительной системы в другой стране, а не в стране, в которой осуществляется сейсмическая разведка.

Этап обработки может включать в себя множество способов манипулирования сейсмическими данными (например, фильтрацию, суммирование, синхронизацию, отображение и т.д.). Обычно этап обработки включает в себя манипулирование необработанными сейсмическими данными с использованием вычислительной системы для преобразования их в форму, которая полезна для анализа. А в качестве примера, на выходе этапа обработки может отображаться трехмерное изображение подземной геологической структуры на соответствующем устройстве дисплея. В качестве другого примера, на этапе обработки могут выводиться данные частоты, такие как данные, отформатированные для спектрального анализа. Для специалиста в данной области техники будет понятно, что существует множество алгоритмов, которые можно использовать для обработки сейсмических данных для преобразования их в полезную форму. Кроме того, этап обработки может включать в себя интерпретацию сейсмических данных, полученных из системы, такой как настоящее система, для идентификации характеристик одной или больше подземных геологических структур. Эта часть этапа обработки может быть воплощена с помощью вычислительной системы или квалифицированного специалиста для интерпретации таких

данных.

На практике сейсмическое исследование может быть разработано со ссылкой на характеристики беспроводной системы. Ассоциированный процесс 1000 представлен на рисунке 10. При этом следует отметить, что существует взаимодействие между доступной полосой пропускания, количеством используемых каналов, используемой технологией или технологиями мультиплексирования, и ассоциированным рабочим циклом антенны, и мощностью передатчика. Таким образом, например, основываясь на целях геофизического исследования, может быть определена географически протяженность геофизического исследования (1002). Следует понимать, что может присутствовать некоторая гибкость в отношении точной географической протяженности геофизического исследования, а также количества модулей и промежутков между модулями сбора данных. При этом проектировщик может определить (1004) общую полосу пропускания, которая доступна для использования модулями сбора данных и может определить (1006) требуемую ширину канала для каналов передачи данных, используемых модулями сбора данных. Может быть предпочтительным обеспечить некоторый буфер между соседними каналами для исключения взаимных помех.

На основе общедоступной полосы пропускания и требуемой ширины канала можно определить (1008) общее количество каналов, доступных для системы. Кроме того, проектировщик может определить (1009) технологию или технологии мультиплексирования, которые требуется использовать, например, мультиплексирование с разделением по времени и частотным разделением, как описано выше. Проектировщик также может определить (1010) время считывания, которое требуется для массива. Например, в случае применения источника вибрационной энергии, может быть желательно завершить считывание из массива приблизительно за 20 секунд, для исключения задержки работы источника и завершения геофизического исследования.

Основываясь на всей этой информации, а также на технических спецификациях модулей и другого оборудования массива, проектировщик может выполнить ряд расчетов для определения возможных конфигураций массива. Например, проектировщик может рассчитать (1012), какое количество модулей может быть установлено на пути последовательной передачи данных. Таким образом, в примере, описанном выше, выборка модулей осуществляется с частотой 500 выборок в секунду, с разрешающей способностью 24 бита на выборку. Кроме того, предполагается, что каждый модуль передает половину времени. В результате, первый модуль передает данные с частотой n (в данном случае, 24000 битов в секунду), (второй модуль передает с частотой 2n (в данном случае 48000 битов в секунду), третий модуль передает с частотой 3n (в данном случае 72000 битов в секунду) и т.д., для предотвращения накопления необработанных данных в модулях. В соответствии с этим существует некоторая максимальная длина

пути последовательной передачи данных, при которой требуемая скорость передачи данных будет равна максимальной скорости передачи данных в соответствии со спецификацией модулей. Например, если в спецификации модуля определена скорость 1 Мбит/секунду, максимальная длина пути последовательной передачи данных может составлять приблизительно 40 модулей. Проектировщик может использовать этот параметр для расчета максимального количества модулей на пути последовательной передачи данных и, следовательно, насколько часто потребуются "объединяющие магистрали" базовых станций или других модулей накопления/передачи данных. В примере, в котором организовано чередование двух путей последовательной передачи данных в одной физической линии модулей, ассоциированной с данной базовой станцией, длина физической линии, рассчитываемая по количеству модулей, будет равна удвоенной длине пути последовательной передачи данных.

Однако, используя предположение, для простоты иллюстрации, что скорости передачи данных не зависят от промежутка между модулями, конфигурация массива может все еще существенно изменяться. В частности, проектировщик все еще должен определять промежутки между модулями в физической линии, промежутки между линиями и общее количество модулей, используемых в массиве. Обычно для широкого диапазона сейсмических исследований, промежутки между модулями в линии могут составлять порядка 25-100 м, и промежутки между линиями могут составлять порядка 100-400 м. Выбор таких промежутков обычно основан на взвешивании желания улучшенной разрешающей способности изображений с учетом повышения затрат на геофизические исследования, связанных с использованием большего количества модулей.

В случае описанной здесь беспроводной системы предполагается, что затраты на проведение геофизического исследования могут быть снижены, и проектировщики, поэтому, могут желать использовать более плотный массив модулей. Однако это требует, чтобы такую повышенную плотность можно было применять без возникновения неприемлемой взаимной помехи сигнала между модулями. В соответствии с этим проектировщик может рассчитать (1014) плотность массива, которая может быть получена без возникновения неприемлемой взаимной помехи. Например, она может быть рассчитана как функция количества доступных каналов передачи данных, частоты их повторного использования, как функция геометрической протяженности, и частоты их повторного использования, как функция какой-либо технологии мультиплексирования, используемой помимо мультиплексирования с частотным разделением. Следует понимать, что на эти параметры будут влиять различные факторы, такие как внешние источники помех, топология ландшафта, в котором выполняется исследование, включающая в себя наличие каких-либо препятствий и т.п. Кроме того, одно из преимуществ настоящего системы состоит в том, что не требуются трудозатраты для точной установки модулей, поэтому их фактическое положение может

изменяться. Кроме того, мощность передачи можно изменять до или после развертывания массива, и массив может быть самоконфигурирующимся на основе ожидаемой или фактической силы сигнала. В соответствии с этим некоторая неопределенность может быть учтена в конструкции массива.

Однако в простом примере проектировщик может предположить, что каналы могут повторно использоваться модулями, расположенными не ближе, чем через 400 м друг от друга (мощность передачи можно настраивать после развертывания так, чтобы она соответствовала этой спецификации). Кроме того, на основе доступного спектра полосы пропускания и ширины канала, требуемой для оборудования массива, может быть определено, как описано выше, общее количество доступных каналов. Основываясь на этой информации, проектировщик может рассчитать (1016) промежутки между модулями внутри линии и между линиями.

На практике это может быть выполнено с использованием определенной направленности антенн и других факторов.

С целью иллюстрации можно предположить, что доступны 100 каналов и что антенны не имеют направленной избирательности. Кроме того, в связи с тем, что только половина модулей передает в любой момент времени, 100 каналов могут повторно использоваться модулями, находящимися в пределах расстояния 400 м друг от друга, при условии, что эти каналы не используются одновременно. В соответствии с этим доступны 200 интервалов канал/время в пределах круга радиусом 400 м (если предположить отсутствие помех от соседних областей массива). В соответствии с этим, если требуется, чтобы промежутки между линиями в четыре раза превышали промежутки внутри линии, может быть определено, что промежуток внутри линии составляет приблизительно 25 м, и может быть принят промежуток между линиями, равный 100 м. Предполагая, что цели геофизического исследования могут быть, по меньшей мере, удовлетворены при использовании беспроводного массива, проектировщик может затем выбрать (1018) компоновку, которая является, по меньшей мере, достаточной для достижения целей геофизического исследования и находится в пределах ограничений, связанных со взаимными помехами беспроводного массива и/или может выбрать (1020) такую мощность передатчика для модулей сбора данных, чтобы обеспечивались цели геофизического исследования без излишних взаимных помех. После того как общие параметры массива будут, таким образом, установлены, проектировщик может определить (1022) конфигурацию массива (адресацию, например, топографию и препятствия) и может назначить каналы для различных модулей сбора данных.

Следует понимать, что обработка данных из беспроводного массива также будет учитывать свойство беспроводной системы. Такая обработка может выполняться локально в месте проведения геофизического исследования и/или дистанционно. Для упрощения обозначений следующее

описание относится к процессору, хотя множество устройств, расположенных во множестве мест расположения, могут быть вовлечены в такую обработку. Ассоциированный процесс 1100 кратко будет описан со ссылкой на блок-схему последовательности операций, показанную на фиг. 11. В иллюстрируемом примере процессор принимает (1102) считываемые данные из массива. Следует понимать, что, благодаря выполнению процесса считывания, описанного выше, эти данные не будут приняты в соответствующей последовательности времени. Таким образом, первый или наиболее удаленный модуль на пути последовательной передачи данных передает данные в течение периода времени n в соседний второй модуль. Этот модуль затем ретранслирует данные из первого модуля в течение периода времени n, вместе с данными, полученными вторым модулем, в течение периода времени n+1. Этот процесс продолжается далее по пути последовательной передачи данных таким образом, что пакеты различных модулей, которые формируют единый поток данных, имеют разные метки времени.

В соответствии с этим процессор сортирует (1104) данные по времени сбора данных. Процессор затем собирает (1106) данные из модулей, ассоциированных с общим временем. Эти этапы приема, сортировки и сбора могут повторяться до тех пор, пока данные из массива не будут получены в соответствии с временным периодом детектируемого сейсмического события. Данные из любого одного из модулей для этого периода времени, таким образом, определяют трассу.

Обработка этих трасс обычно требует знания времени и параметров местоположения данных. Как описано выше, пакеты данных имеют метки времени, которые позволяют коррелировать данные, одновременно полученные в разных модулях. При этом опорные сигналы времени могут быть предусмотрены от общих часов системы (или другого источника (источников) времени), и синхронизация между модулями поддерживается через сигналы управления, передаваемые последовательно через массив, как описано выше. В соответствии с этим процессор сохраняет (1108) информацию о параметре времени для данных с использованием меток времени или на основе от пакета к пакету, в контексте настоящего системы. Процесс также принимает (1110) информацию о параметре местоположения для данных. Эта информация и ее обработка также представляют собой функцию контекста определения системой местоположения в массиве. Таким образом, как отмечено выше, эта информация может быть основана на процессе мультилатерации и может быть статистически обработана для улучшения точности. В соответствии с этим информация может быть обработана с течением времени и может зависеть от знания местоположения других модулей или опорных точек для определения положения, причем эти знания могут быть также уточнены с течением времени. В соответствии с этим, по меньшей мере, что касается первоначально полученных данных, информация о местоположении может не быть одновременно доступной.

Вместо этого, информация заголовка или другие метаданные могут просто идентифицировать модуль таким образом, что информация о местоположении, соответствующая этому модулю, может быть позже ассоциирована с этими данными.

В соответствии с этим процессор получает данные с информацией о времени и параметре местоположения, ассоциированной с ними, уникальным образом для беспроводного контекста массива. Также следует понимать, что свойства данных могут представлять собой функцию такого беспроводного контекста, например, массив может быть более плотным, чем обычно используется в проводных массивах. Кроме того, ассоциированная обработка может включать в себя демультиплексирование и фильтрацию для снижения шумов, как функцию беспроводного контекста. Процессор затем обрабатывает (1112) полученные в результате данные обычным образом для получения информации, относящейся к подземной структуре. Например, такая обработка может включать в себя нормальное приращение отраженной волны, суммирование трасс и т.д.

Хотя система была представлена и подробно описана со ссылкой на чертежи в приведенном выше описании, такую иллюстрацию и описание следует рассматривать, как примерные, а не ограничительные по своей природе. Например, некоторые варианты воплощения, описанные выше, могут быть скомбинированы с другими описанными вариантами воплощения и/или скомпонованы другими способами (например, элементы процесса могут выполняться в других последовательностях). В соответствии с этим следует понимать, что только предпочтительные варианты воплощения и их варианты были представлены и описаны и что все изменения и модификации, которые находятся в пределах сущности системы, должны быть защищены.

3.3 Формула системы

1. Способ, предназначенный для использования при сборе сейсмических данных, содержащий этапы, на которых развертывают последовательно множество модулей сбора сейсмических данных, которые во время работы передают по беспроводному каналу полученные сейсмические данные, в котором упомянутые модули сбора данных определяют беспроводный путь последовательной передачи данных для передачи данных из модулей сбора данных, расположенных выше по потоку, в модули сбора данных, расположенные ниже по потоку, и в блок сбора данных;

Первому модулю сбора данных на упомянутом пути последовательной передачи данных назначают первую частоту передачи;

Второму модулю сбора данных на упомянутом пути последовательной передачи данных назначают вторую частоту передачи, в котором упомянутая первая и вторая частоты передачи являются разными.

2. Способ по пункту 1, дополнительно заключающийся в том, что при

первой передаче передают на упомянутой первой частоте передачи сейсмические данные из упомянутого первого модуля сбора данных по меньшей мере в один расположенный ниже по потоку модуль сбора данных; и при второй передаче передают на упомянутой второй частоте передачи сейсмические данные из упомянутого второго модуля сбора данных по меньшей мере в один расположенный ниже по потоку модуль сбора данных.

3. Способ по пункту 2, в котором по меньшей мере часть упомянутой первой передачи и по меньшей мере часть упомянутой второй передачи осуществляется во время общего периода передачи.

4. Способ по пункту 2, в котором упомянутая первая передача содержит передачу упомянутым первым модулем сбора данных, упомянутых сейсмических данных в упомянутый второй модуль сбора данных.

5. Способ по пункту 4, в котором упомянутая вторая передача заключается в том, что принимают первый набор сейсмических данных из упомянутого первого модуля сбора данных; добавляют второй набор сейсмических данных из упомянутого второго модуля сбора данных и передают упомянутый первый и второй наборы сейсмических данных в расположенный ниже по потоку модуль сбора данных.

6. Способ по пункту 1, дополнительно заключающийся в том, что назначают упомянутую первую частоту передачи третьему модулю сбора данных.

7. Способ по пункту 6, в котором упомянутый первый и третий модули сбора данных расположены на упомянутом пути последовательной передачи данных в первом и втором местах расположения и в котором расстояние между упомянутым первым и вторым местами расположения больше, чем дальность передачи упомянутых первого и третьего модулей сбора данных.

8. Способ по пункту 6, в котором упомянутый третий модуль сбора данных расположен в пределах дальности передачи упомянутого первого модуля сбора данных.

9. Способ по пункту 8, в котором упомянутый третий модуль сбора данных во время работы передает сейсмические данные во время периода передачи, который отличается по времени от периода передачи упомянутого первого модуля сбора данных.

10. Способ по пункту 8, в котором упомянутый третий модуль сбора данных формирует часть другого пути передачи данных, в котором упомянутый первый и третий модули сбора данных находятся в общей группе сейсмоприемников.

11. Способ по пункту 10, в котором упомянутый третий модуль сбора данных расположен во втором пути последовательной передачи данных.

12. Способ, предназначенный для использования при сборе сейсмических данных, заключающийся в том, что развертывают в виде последовательностей множество модулей сбора сейсмических данных, которые во время работы передают по беспроводному каналу полученные сейсмические данные, в котором упомянутые модули определяют

беспроводный путь последовательной передачи данных для передачи данных из модулей, расположенных выше по потоку, в модули, расположенные ниже по потоку, и в блок сбора данных;

Передают первый набор сейсмических данных из первого модуля, расположенного выше по потоку в упомянутом пути последовательной передачи данных, в первый модуль, расположенный ниже по потоку в упомянутом пути последовательной передачи данных;

Передают второй набор сейсмических данных из второго модуля, расположенного выше по потоку в упомянутом пути последовательной передачи данных, во второй модуль, расположенный ниже по потоку в упомянутом пути последовательной передачи данных, в котором по меньшей мере часть передачи упомянутого первого и второго наборов сейсмических данных происходит в течение общего периода передачи.

13. Способ по пункту 12, в котором упомянутый первый набор сейсмических данных передают на первой частоте передачи и в котором упомянутый второй набор сейсмических данных передают на второй частоте передачи, в котором упомянутая первая и вторая частоты являются разными.

14. Система сбора сейсмических данных, содержащая центральную систему управления и записи; множество модулей сбора данных, предназначенных для приема сигналов, полученных в результате работы устройства вибрационного источника; и структуру передачи данных, предназначенную для беспроводной передачи полученных сейсмических данных из упомянутого множества модулей сбора данных в упомянутую центральную систему управления и записи;

Упомянутая система выполнена с возможностью сбора снятых сейсмических данных с такой частотой, что упомянутое устройство вибрационного источника может работать обычным образом без каких-либо задержек в результате захвата упомянутых снимаемых сейсмических данных.

15. Система по пункту 14, в которой упомянутые снятые сейсмические данные передают из упомянутых модулей сбора данных в упомянутую центральную систему управления и записи менее чем за 20 с от времени, в которое упомянутые сигналы принимают упомянутыми модулями сбора данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мной была предложена и разработана система, учитывающая все актуальные проблемы и аспекты в ныне существующих приборах, которая позволяет значительно снизить затраты на георазведку и последующее техобсуживание самой установки. Кроме того, данный вариант довольно прост в настройке и очень гибок в эксплуатации. Мною было предложено несколько настроек для удовлетворения любых требований заказчика. В целом, считаю, что система соответствует текущим требования для введения в эксплуатацию и очень конкурентоспособна на рынке подобных изобретений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Маловичко Д.А. Локальные сейсмологические наблюдения за карстовыми процессами / Маловичко Д.А., Кадебская О.И., Шулаков Д.Ю., Бутырин П.Г./ на русском и английском языках // Физика Земли, №1, 2010. – С. 62-79.

2 Долгих Г.И. Регистрация инфразвуковых деформационных возмущений пространственно разнесенными лазерными деформографами / Долгих Г.И., Бутырин П. Г., Долгих С. Г., Дягилев Р. А., Швец В. А., Яковенко С. В. // Доклады Академии наук, 2011, том 441, № 3. – С. 1–4.

3 Бутырин П.Г., Верхоланцев Ф.Г. // Геофизика, №5, 2011. – С. 8-17.

4 Бутырин П.Г. Оптимизация передачи информации в системе сбора геодинамических данных / Бутырин П.Г., Лебедев А. Ю. // Проблемы горного недроведения и системологии. Материалы научной сессии Горного института УрО РАН по результатам НИР в 1998 году. – Пермь: ГИ УрО РАН, 1999. – С.96-98.

5 Бутырин П.Г. Проблемы оптимизации системы интегрированного сбора геофизических данных / Бутырин П.Г., Лебедев А. Ю., Сахарный А. Л., Иванова Ю. В. // Проблемы безопасности и совершенствования горных работ (Мельниковские чтения). Доклады международной конференции. – Пермь, 1999. – С. 26-27.

6 Дягилев Р. А., Бутырин П.Г., Кустов А. К., Лебедев А. Ю., Маловичко Д. А., 21

7 Шулаков Д. Ю., Мынка Ю. В., Кузнецов Н. В.// Мониторинг геологической среды на объектах горнодобывающей промышленности (Всероссийское совещание). – Москва, 1999. С. 86.

8 Маловичко А.А. Методы регионального и локального сейсмического прогноза на рудниках и шахтах / Маловичко А.А., Дягилев Р.А., Шулаков Д.Ю.

9 Баранов Ю.В., Бутырин П.Г. // Моделирование стратегии процессов освоения георесурсов. Материалы научной сессии Горного института УрО РАН по результатам НИР в 2000 г. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2001. – С. 36-38.

10 Бутырин П.Г. Аппаратурный комплекс для калибровки систем сбора сеймологических данных / Бутырин П.Г., Маловичко Д.А., Коробов И.В. // Материалы научной сессии Горного института УрО РАН по результатам НИР в 2000 г. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2001. – С. 209-212.

11 Маловичко А.А. Мониторинг природной и техногенной сейсмичности на территории Западно-Уральского региона / Маловичко А.А., Дягилев Р.А.

12 Шулаков Д.Ю., Бутырин П.Г., Баранов Ю.В. // Геофизика и математика. Материалы второй Всероссийской конференции / под ред. акад. В.Н.Страхова. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2001. – С. 367-371.

13 Маловичко А.А. Сейсмологический мониторинг в системе контроля за геодинамической безопасностью ответственных объектов / Маловичко А.А.,

14 Бутырин П.Г. Совершенствование цифровых телеметрических систем для шахтных мониторинговых комплексов / Бутырин П.Г., Коробов И.В., Сахарный А.Л., Савинов А.С. // Материалы научной сессии Горного института УрО РАН по результатам НИР в 2000 г. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2001. – С. 206-208.

15 Бутырин П.Г. Методико-аппаратурное обеспечение для калибровки систем сбора сейсмологических данных / Бутырин П.Г., Маловичко Д.А. // Физические основы прогнозирования разрушения горных пород: Материалы I-й международной школы-семинара. – Красноярск: СибГАУ, 2002. – С.135-137.

16 Бутырин П.Г. Мобильный комплекс для многоканальных сейсмологических наблюдений / Бутырин П.Г., Алехнович К.В., Савинов А.С. // Проблемы комплексного мониторинга на месторождениях полезных ископаемых. Сборник докладов. Материалы научной сессии Горного института УрО РАН по результатам НИР в 2001 году. 19-25 апреля 2002 г. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2002. – С. 47-49.

17 Бутырин П.Г. Исследование уровня микросейсмических шумов с использованием стационарных сейсмостанций и мобильного мониторингового комплекса / Бутырин П.Г., Маловичко Д.А., Алехнович К.В. // Четвертая Уральская молодежная научная школа по геофизике. Учебно-научные материалы. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2003. – С.16-19.

18 Маловичко А.А. Характеристика микросейсмических шумов в Кунгурской ледяной пещере / Маловичко А.А., Бутырин П.Г. Маловичко Д.А., Алехнович К.В., Верхоланцев Ф.Г. // Кунгурская Ледяная пещера. 300 лет научной и туристической деятельности. Материалы международной научно-практической конференции. –Кунгур, 2003. – С.163-167.

19 Malovichko A.A. New seismic array in Western Ural / Malovichko A.A.

20 Malovichko D.A., Butyrin P.G. // European Seismological Commission, XXIX General Assembly. Abstracts. - Potsdam: University and GFZ Potsdam, 2004. – P. 82.

21 Бутырин П.Г. Влияние электромагнитных помех при проведении полевых работ мобильным комплексом ИСК-3 / Бутырин П.Г., Верхоланцев Ф.Г. // Моделирование стратегии и процессов освоения георесурсов. Материалы международной конференции и научной сессии. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2004. – С.159-160.

22 Бутырин П.Г. Использование цифровой системы регистрации при установке лазерного деформографа на территории ВКМКС / Бутырин П.Г., Верхоланцев Ф.Г. // Стратегия и процессы освоения георесурсов. Материалы ежегодной научной сессии Горного института УрО РАН по результатам НИР в 2004 г. Пермь: ГИ УрО РАН, 2004. – С.159-160.

23 Malovichko A.A. Active-passive array surface wave inversion and

comparison to borehole logs in southeast Missouri / Malovichko A.A., Anderson N.L.

24 Malovichko D.A., Shylakov D.Yu., Butirin P.G. // Journ. Env. Eng. Geoph., v. 10, issue 3, 2005. – P.243-250.

25 Маловичко Д.А. Прогнозирование сейсмичности на шахтах и рудниках Западного Урала / Маловичко Д.А., Шулаков Д.Ю., Баранов Ю.В., Дягилев.Р.А.

26 Некрасова Л.В., Бутырин П.Г. // Региональный конкурс РФФИ-Урал. Результаты научных исследований, полученные за 2004 г.

27 Сб.статей. – Пермь, Екатеринбург: УрО РАН, 2005. – С.225-229.

28 Бутырин П.Г. Цифровая система регистрации для интерференционного лазерного деформографа / Бутырин П.Г., Верхоланцев Ф.Г. // Шестая Уральская молодежная научная школа по геофизике: Сборник научных материалов. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2005. – С. 37-39.

29 Бутырин П.Г. Особенности измерений лазерным деформографом на Урале. Особенности работы и первые результаты // Стратегия и процессы освоения георесурсов. Материалы ежегодной научной сессии Горного института УрО РАН по результатам НИР в 2005 г. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2006. – С. 226-227.

30 Маловичко Д.А. Прогнозирование сейсмичности на шахтах и рудниках Западного Урала / Маловичко Д.А., Шулаков Д.Ю., Баранов Ю.В., Бутырин

31 П.Г., Некрасова Л.В. // Региональный конкурс РФФИ-Урал. Научно-практические итоги конкурсов РФФИ-Урал в Пермском крае 2004-2006 годов.

32 Сборник статей. – Пермь: ПНЦ УрО РАН, 2007. – С.248-250.

33 Дягилев Р.А. Прогнозирование сейсмичности на шахтах и рудниках Западного Урала / Дягилев Р.А., Маловичко Д.А., Шулаков Д.Ю., Баранов Ю.В.

34 Бутырин П.Г., Некрасова Л.В. // Научно-практические итоги конкурсов РФФИ Урал в Пермском крае 2004-2006 гг. Сборник статей. – Пермь: ПНЦ УрО РАН, 2007. С.248-250.

35 Маловичко Д.А. Технология сейсмологического мониторинга карстовых процессов (на примере рудника БКПРУ-1 Верхнекамского месторождения калийных солей) / Маловичко Д.А., Дягилев Р.А., Шулаков Д.Ю., Бутырин П.Г. //

36 Изменение окружающей среды и климата. Природные и связанные с ними техногенные катастрофы. Т.1: Сейсмические процессы и катастрофы. – М.: ИФЗ РАН, 2008. –С.237-254.

37 Долгих Г.И. Лазерно-интерференционная система "Приморье-Урал"

38 Долгих Г.И., Швец В.А., Яковенко С.В., Бутырин П.Г., Верхоланцев Ф.Г., Дягилев Р.А. // Приборы и техника эксперимента. 2009, №2. –С.179-180.

39 Malovichko D.A. Seismic monitoring of large-scale karst processes in a potash mine / Malovichko D.A., Dyagilev R.A., Shulakov D.Y., Butyrin P.G., Glebov S.V. // Controlling seismic hazard and sustainable development of deep mines. V.2. New York: Rinton Press, 2009. –P. 989-1002.

40 Маловичко Д.А. Совершенствование сейсмологических наблюдений на территории Западного Урала / Д.А., Дягилев Р.А., Бутырин П.Г., Варлашова Ю.В., Верхоланцев А.В., Голубева И.В. // Региональный конкурс РФФИ-Урал.

41 Результаты научных исследований, полученные за 2007-2009 гг. Сборник статей. Ч.2. –Пермь: ПНЦ УрО РАН, 2010. –С.184-187.

42 Бутырин П.Г. Разработка многоуровневой системы мониторинга природных и техногенных сейсмических процессов на ВКМКС // Стратегия и процессы освоения георесурсов. Материалы научной сессии Горного института УрО РАН по результатам НИР в 2009 году. –Пермь: ГИ УрО РАН, 2010. –С. 169-170.

43 Malovichko A. Seismic monitoring of karst processes accompanying flooding of mine at Upper Kama potash deposit / Malovichko A., Dyagilev R., Shulakov D.

44 Butyrin P., Malovichko D., Glebov S. // Proceedings of 32nd General Assembly of European Seismological Society. Montpellier, 2010. –P. 61-62.

45 Бутырин П.Г. Модернизация систем сейсмологического мониторинга ВКМКС. // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы 6-й МСШ. –Апатиты, Обнинск, 2011. –С. 73-76.

46 Бутырин П.Г., Верхоланцев Ф.Г. Деформационные аномалии в подработанном соляном массиве и их возможная связь с сейсмическими явлениями //

47 Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных.

48 Материалы 7-й МСШ, Нарочь. –Обнинск: ГС РАН, 2012. –С. 71-73.

Приложение А. Перечень рисунков

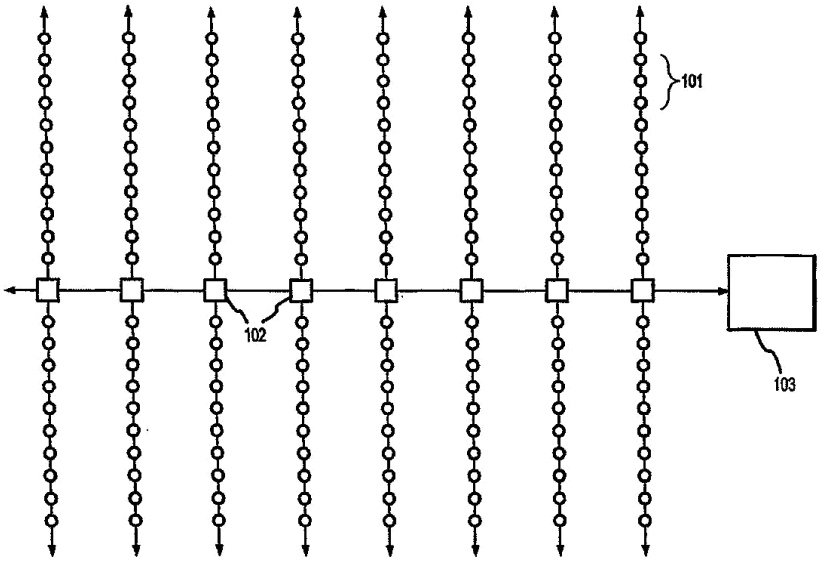

Рисунок 1 - Типичная компоновка датчиков и кабелей в проводной сейсмической системе.

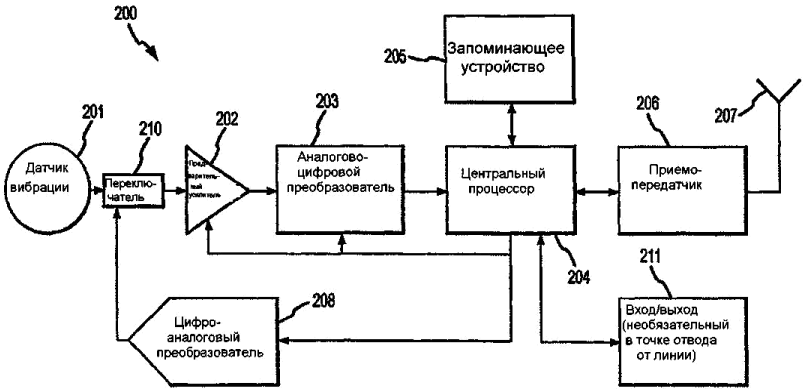

Рисунок 2 – Блок-схема удаленного модуля сбора и передачи данных

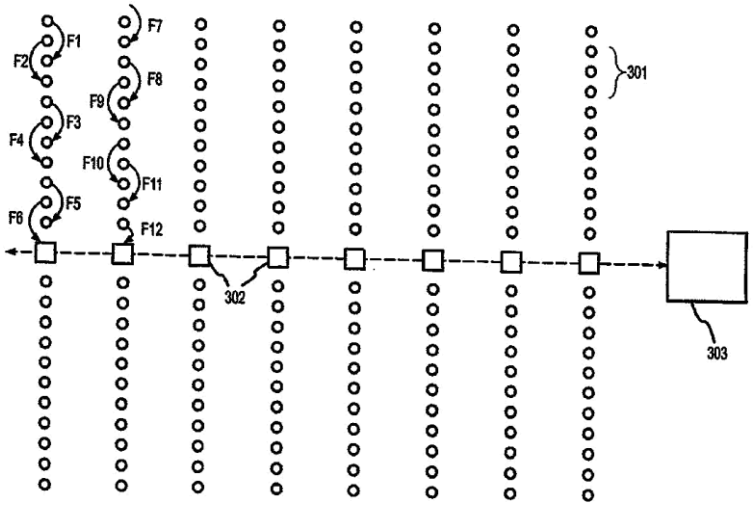

Рисунок 3 – Типичная компоновка модулей и датчиков в беспроводной системе

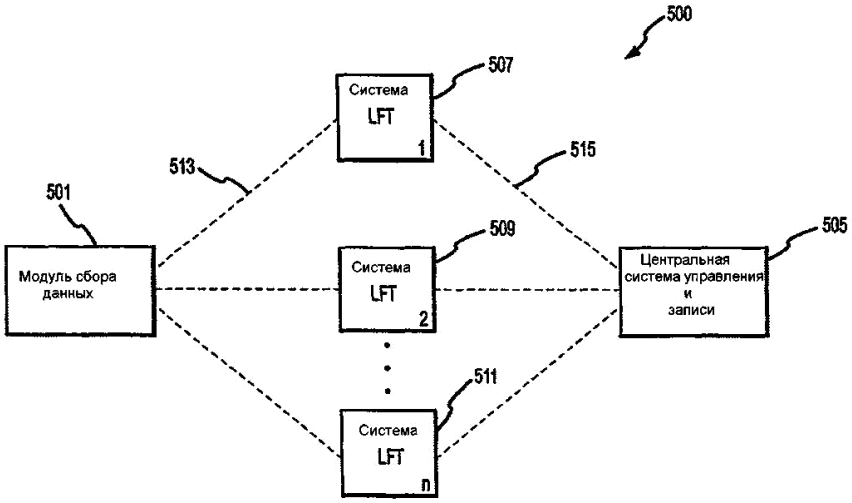

Рисунок 4 – Подробный чертеж участка беспроводной системы, используемый для описания распределения частот и операций

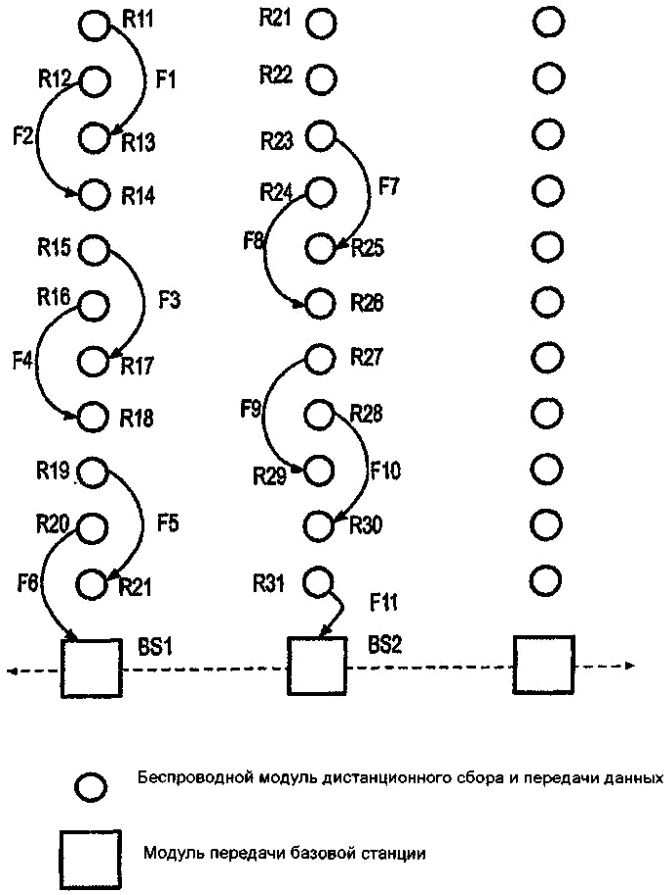

Рисунок 5 – система автоматического определения местоположения модулей сбора данных

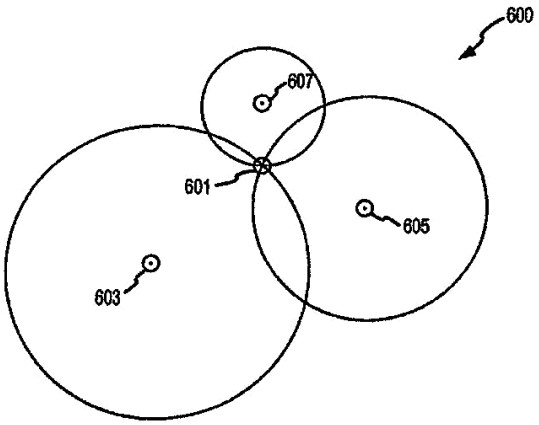

Рисунок 6.1 – Технология, используемая для автоматического определения местоположения модулей сбора данных

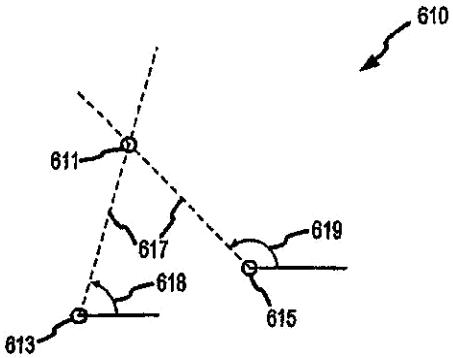

Рисунок 6.2 - Технология, используемая для автоматического определения местоположения модулей сбора данных

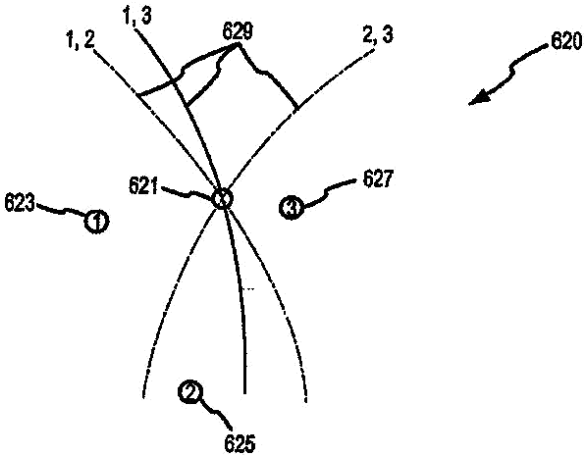

Рисунок 6.3 - Технология, используемая для автоматического определения местоположения модулей сбора данных

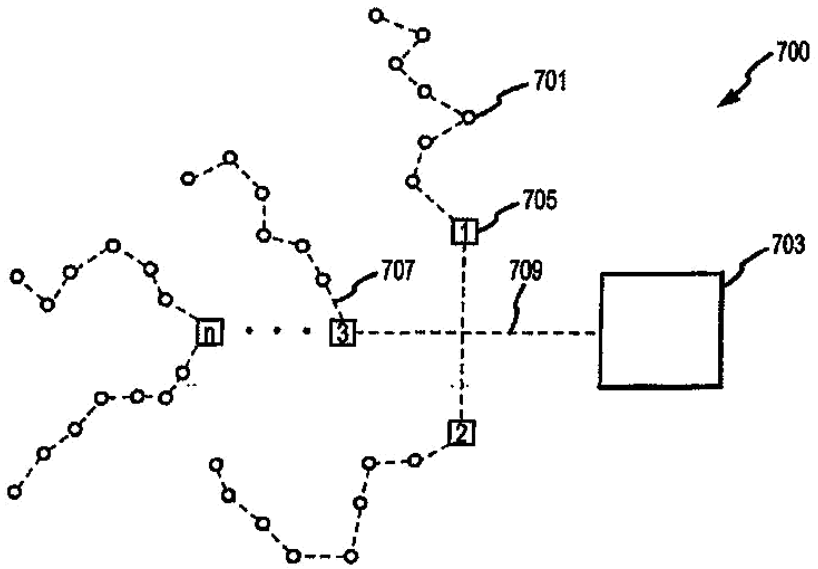

Рисунок 7 – Компоновка модулей беспроводной системы сейсмической разведки

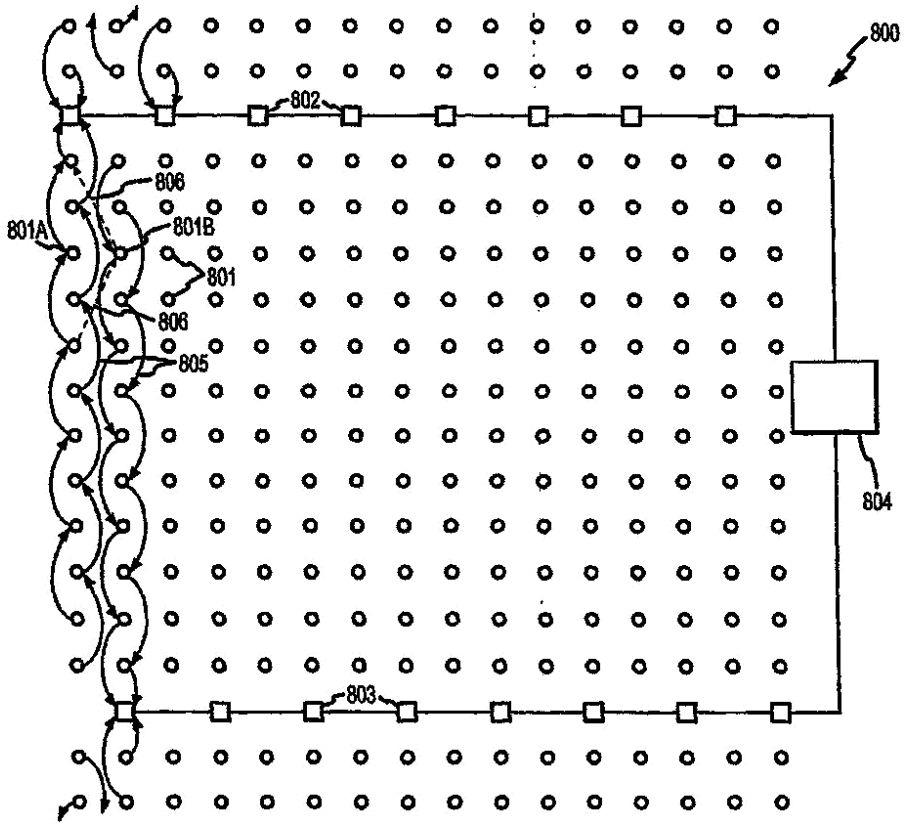

Рисунок 8 – Альтернативная компоновка группы сейсмодатчиков и ассоциированного протокола

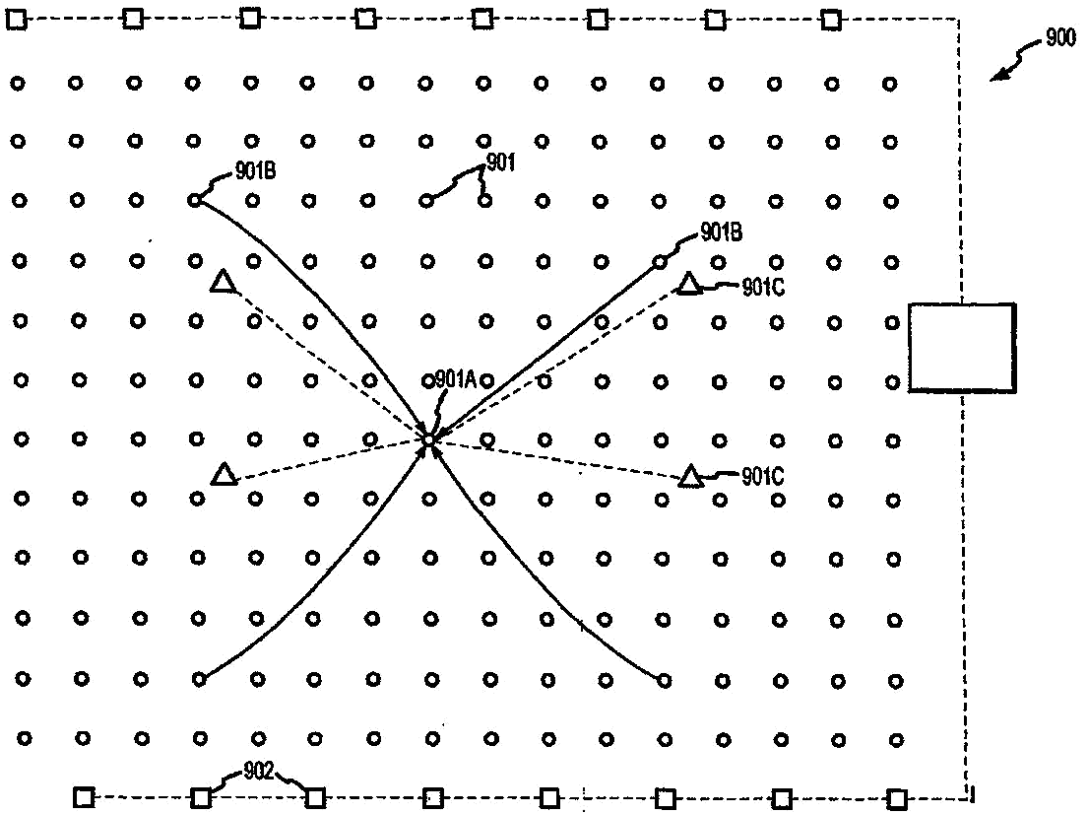

Рисунок 9.1 – Структура и функции самостоятельного определения местоположения

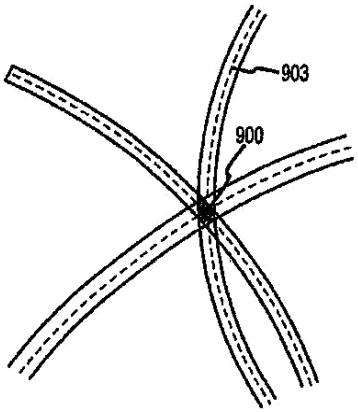

Рисунок 9.2 - Структура и функции самостоятельного определения местоположения

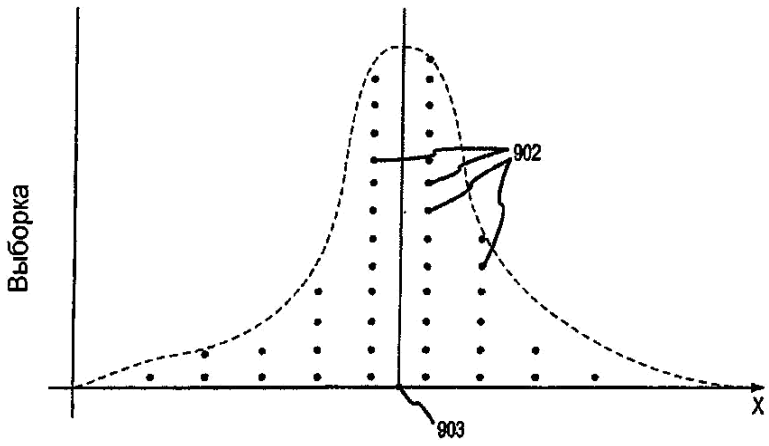

Рисунок 9.3 - Структура и функции самостоятельного определения местоположения

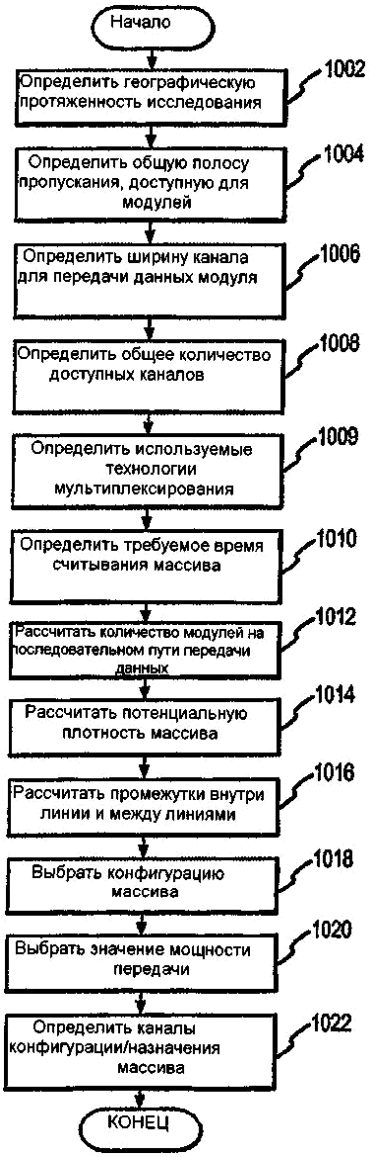

Рисунок 10 – Блок-схема последовательности операций, иллюстрирующая процесс разработки группы беспроводных сейсмодатчиков

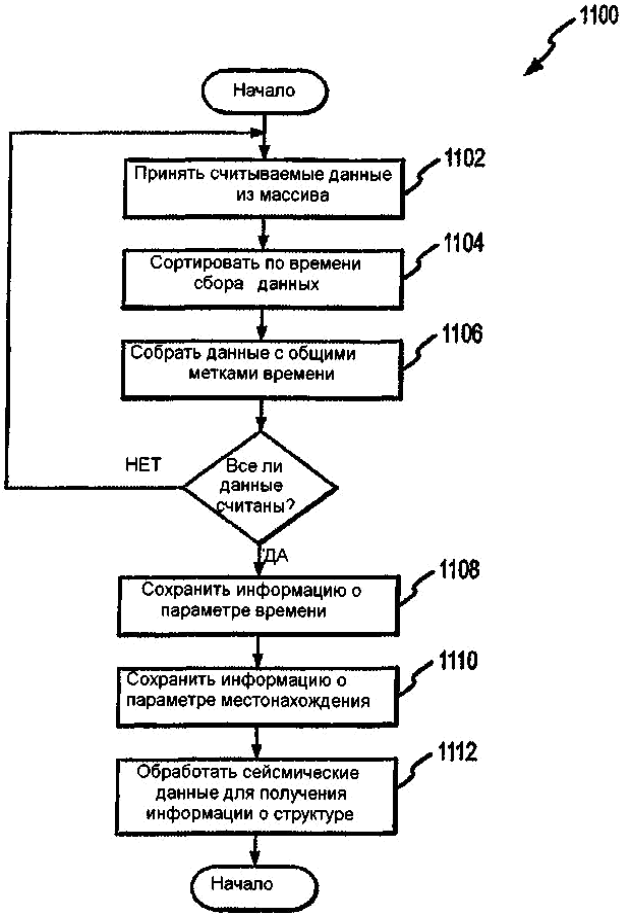

Рисунок 11 – Блок-схема последовательности операций, демонстрирующая процесс обработки данных из группы беспроводных сейсмодатчиков

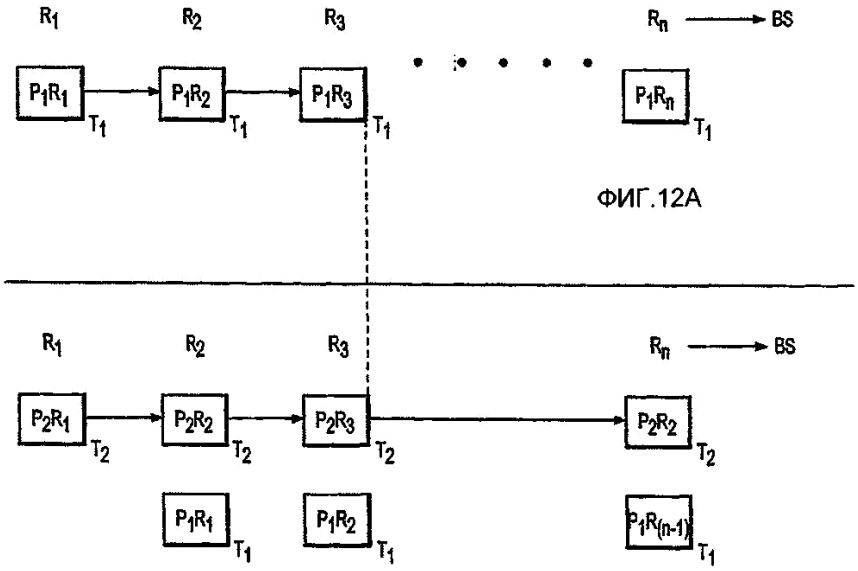

Рисунок 12.1 – Процесс передачи данных

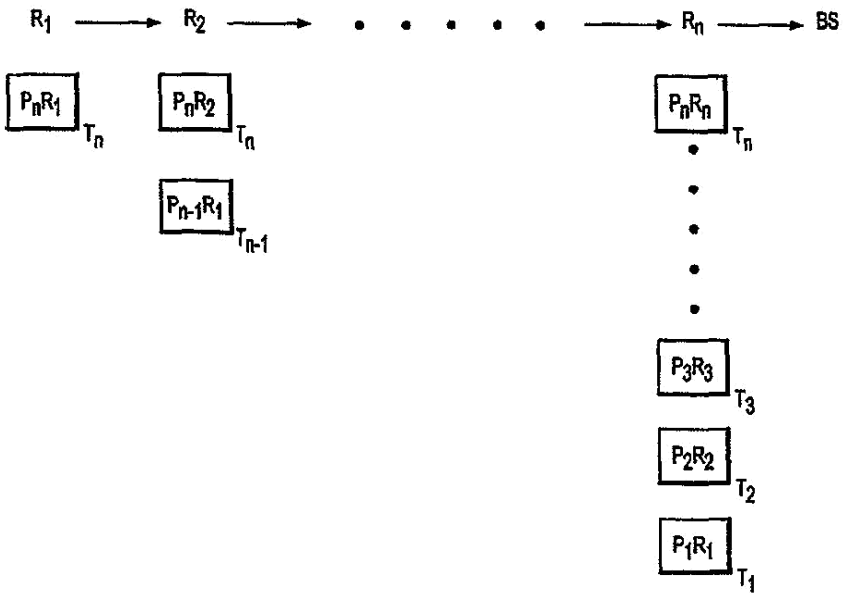

Рисунок 12.2 - Процесс передачи данных