

### Задача изобретения

Настоящее изобретение относится к способу множественного доступа и параллельной передачи данных, применяемому в многопользовательской системе многоточечной цифровой передачи данных по электрической сети. Данный способ характеризует методы, выбранные для управления доступом к электрической сети, играющей роль среды для передачи данных по нисходящему каналу (от головного узла до множества пользовательских терминалов) и по восходящему каналу (от пользовательских терминалов до головного узла). Предлагаемый в изобретении способ разработан для его осуществления прежде всего в системе типа той, которая описана в заявке на патент 200003024 под названием "Point to multipoint system and process for the transmission over the electricity network of digital data" ("Система и способ многоточечной цифровой передачи данных по электрической сети"), однако, предполагает также возможность его осуществления и в иных системах и структурах, допускающих такое применение.

Основной задачей настоящего изобретения является максимальное увеличение пропускной способности или, иными словами, расширение полосы пропускания, которую каждый пользовательский терминал способен выделить из электрической распределительной сети.

Областью техники, к которой относится изобретение, является дистанционная передача данных, в частности, двунаправленная связь между головным узлом и множеством пользовательских терминалов с использованием электрической сети в качестве передающей среды.

### Предпосылки создания изобретения

Из уровня техники в принципе известно использование электрических сетей в качестве передающей среды, однако, их применение в качестве сетей передачи данных из-за низкого качества передачи по ним сигналов ограничивалось до настоящего времени лишь двухточечной связью с исключительно низкой скоростью передачи данных.

Помимо иных причин, подобные ограничения обусловлены тем фактом, что подключение устройств к электрической сети и их отключение от нее сопровождается возрастанием напряжения до пиковых значений и колебаниями входного полного сопротивления линии передачи, что приводит к значительному затуханию сигнала, который изменяется в функции частоты и времени.

Помимо этого существует ряд препятствий, затрудняющих установление связи между головным узлом и множеством пользовательских терминалов и обусловленных, в частности, многократными изменениями импеданса на различных частотах и появлением отраженных волн, в результате чего принятый сигнал представляет собой комбинацию из переданного сигнала и множества эхо-сигналов, распространяющихся по электрической сети, и поэтому достигает каждого из пользовательских терминалов с различным коэффициентом затухания и с различной задержкой.

Кроме того, параметры затухания сигнала в канале передачи, а также создаваемые им помехи и его характеристики динамически изменяются по частоте и во времени.

Все подобные препятствия существенно ограничивали до настоящего времени использование электрических сетей в качестве передающей среды для высокоскоростной многоточечной дуплексной связи до появления упомянутой выше заявки Р-200003024, в которой описана система, в которой множеством пользовательских терминалов и головным узлом установлена двусторонняя связь по электрической сети, при этом один канал связи является восходящим каналом, связывающим пользовательские терминалы с головным узлом, второй канал - нисходящим каналом, связывающим головной узел с пользовательскими терминалами, а каждое из устройств имеет модуль управления доступом к передающей среде (УДПС-модуль), максимально увеличивающий количество информации, которую способны передавать пользовательские терминалы, и сводящий до минимума время ожидания у пользовательских терминалов, при этом электрическая сеть разделена на восходящий и нисходящий каналы путем установления двустороннего обмена за счет частотного разделения и/или путем установления двустороннего обмена за счет временного разделения, а головной узел и пользовательские терминалы имеют средство адаптации соответствующих цифровых данных для передачи по электрической сети.

Как указывалось выше, система, описанная в заявке Р-200003024, соответствующим образом решает описанные выше проблемы, и при этом допускает применение различных способов, в том числе способа, описанного в настоящем изобретении.

С другой стороны, также известны и другие средства связи для передачи данных, такие как витые пары в телефонии, с помощью которых обеспечивают двухточечную или многоточечную связь.

В этом отношении можно сослаться на патент US 5673290, в котором описан способ двухточечной передачи данных, в соответствии с которым передача данных происходит по нисходящему каналу, образованному линией связи, соединяющей головной узел со множеством различных пользовательских терминалов, и по восходящему каналу, образованному линией связи, соединяющей каждый из пользовательских терминалов с головным узлом, с использованием для связи системы передачи с цифровой многоканальной тональной (ЦМТ) модуляцией, при этом цифровые данные подвергаются кодированию с последующей модуляцией сигнала цифрового многотонального вызова кодированными данными.

Помимо этого, линия связи при передаче по ней данных подвергается контролю для определения по меньшей мере одного ее качественного параметра, включая уровень шумов в ней, и подразделяется на множество подканалов, каждый из которых предназначен для передачи по нему соответствующей то-

нальной поднесущей. В системе модуляции предусмотрен учет различных факторов, включая выявленные качественные параметры линии связи, параметры усиления в подканалах и параметры маскирования допустимой мощности при модуляции сигнала цифрового многотонального вызова. Такая система модуляции для согласования в режиме реального времени с изменениями отдельных поднесущих позволяет также в процессе передачи данных динамически активизировать используемые поднесущие и объем данных, передаваемых на каждой из поднесущих.

В прикладных системах, в которых возможны помехи от соседних каналов, соседние полосы частот можно просто маскировать или подавлять во избежание возникновения взаимных помех в любом направлении, передавая тем самым сигналы на поднесущих, которые лежат ниже или выше частоты наиболее выраженных шумов.

Кроме того, согласно указанному выше патенту 5673290 передача данных происходит в основной полосе частот (т.е. в полосе частот модулирующих сигналов), а передаваемая информация подвергается сопряженному вещественному эрмитову преобразованию (вещественному быстрому преобразованию Фурье). Учитывая рассмотренные выше особенности, такой способ передачи данных не может использоваться для передачи данных по электрическим сетям.

Описанный в вышеуказанном патенте способ относится далее к двухточечной связи, в связи с чем невозможно сделать вывод ни о возможности его применения для передачи данных по электрическим сетям, ни о возможности его использования для обеспечения многоточечной дуплексной связи.

Вместе с тем известны системы многоточечной связи, например из заявки WO 96/37062, в которых в качестве линии передачи данных может использоваться коаксиальный кабель, волоконно-оптический кабель или иная аналогичная передающая среда и в которых в качестве системы модуляции используется система множественного доступа с ортогональным частотным уплотнением (ОЧУ), представляющая собой хорошо известную из уровня техники систему модуляции, в которой к каждому ОЧУ-символу для уменьшения искажений, обусловленных распространением сигнала в нескольких направлениях, добавляется циклический префикс, как это хорошо известно в данной области техники. Использовать подобный циклический префикс можно не только при ОЧУ-модуляции, но и при ЦМТ-модуляции, которая используется в описанном в предшествующем документе способе и которая также широко известна из уровня техники.

В указанной выше публикации рассмотрен подход по созданию каналов связи на основе соответствующих групп поднесущих, при котором каждому пользовательскому терминалу выделяется конкретная группа тональных сигналов, что позволяет существенно упростить аппаратные средства, необходимые для выполнения дискретного преобразования Фурье, которое отличается высокой сложностью, однако, такая система, поскольку ее параметры являются фиксированными, не позволяет выделять пользовательским терминалам различные поднесущие в зависимости от преобладающей в каждом из каналов частоты и временных условий даже в том случае, когда во избежание взаимных помех от соседних подканалов индивидуальные подканалы, в которых для передачи информации используются соответствующие поднесущие, включают или отключают, как это описано в патенте US 5673290.

Помимо этого, для коррекции частоты гетеродинов, имеющихся в модемах различных пользовательских терминалов, используется удаленный контур.

В качестве примера публикаций, в которых описана система многоточечной связи, можно также назвать патенты US 5815488 и US 5828660.

Однако ни в одной из этих публикаций не описано использование электрической сети для передачи данных.

Помимо этого, ни в одной из приведенных выше публикаций не описана передача данных множеству пользовательских терминалов, равно как не описан и подход, который позволил бы максимизировать пропускную способность восходящих и нисходящих каналов передачи данных по электрической сети.

### **Краткое описание сущности изобретения**

Для решения указанных выше задач и преодоления перечисленных выше недостатков в настоящем изобретении предложен способ множественного доступа и параллельной передачи данных при помощи многопользовательской системы многоточечной цифровой передачи данных по электрической сети. Такая система имеет множество пользовательских терминалов и головной узел, между которыми установлена двусторонняя связь по электрической сети, при этом пользовательские терминалы связаны с головным узлом по восходящему каналу, а головной узел связан с пользовательскими терминалами по нисходящему каналу, каждый из терминалов и головной узел имеет модуль управления доступом к передающей среде (УДПС-модуль), максимально увеличивающий количество информации, которую способны передавать пользовательские терминалы, и сводящий до минимума время ожидания у пользовательских терминалов, а электрическая сеть разделена на восходящий и нисходящий каналы путем дуплексной передачи с частотным уплотнением (ДПЧУ) и/или дуплексной передачи с временным уплотнением (ДПВУ).

Новизна данного способа заключается в том, что

обеспечивается доступ множества пользовательских терминалов по восходящему каналу и одновременная передача множества информационных пакетов головным узлом по нисходящему каналу за счет уплотнения линии связи с использованием МДОЧУ/МДВУ/МДКУ (множественного доступа с ортогональным частотным уплотнением, временным уплотнением и/или кодовым уплотнением соответственно),

создаются критерии динамического предоставления и распределения каждой несущей в ОЧУ-системе (ортогонального частотного уплотнения) среди пользователей, имеющих информацию для передачи в данный момент на такой несущей с более высокой пропускной способностью, большим количеством битов на несущую или лучшим отношением сигнал-шум с тем, чтобы максимально увеличить пропускную способность по восходящему и нисходящему каналам, т.е. осуществить корректировку или выравнивание амплитудно-частотной характеристики головного узла на передаче и на приеме,

регулируется качество обслуживания (КО) в зависимости от типа информации и пользователей, запрашивающих передачу информации, при этом такое качество обслуживания может быть соотнесено с амплитудно-частотными характеристиками в различные моменты времени и различиями в расстояниях между пользовательскими терминалами и головным узлом,

в динамическом режиме распределяются доступные полосы частот на основании множества коммуникационных запросов путем непрерывного расчета и контроля отношения сигнал-шум на пользовательских терминалах и головном узле по всей полосе частот системы.

С этой целью передающие ресурсы (т.е. все несущие в ОЧУ-системе) распределяют в соответствии с потребностями каждого пользователя в передающей среде в каждый момент, параметрами качества обслуживания, установленными для такого пользователя, критериями максимального увеличения пропускной способности системы и критериями минимизации задержек в линии передачи, для чего используется перераспределение несущих, содержащих один символ, среди множества пользовательских терминалов (МДОЧУ), по времени (МДВУ), т.е. символ на символ, и по коду (МДКУ), при этом для оптимизации такого перераспределения осуществляется непрерывный контроль меняющихся во времени параметров качества линии передачи данных по электрической сети.

Предлагаемый в изобретении способ позволяет осуществлять максимизацию, т.е. корректировку или выравнивание амплитудно-частотной характеристики головного узла при приеме и передаче, с учетом того факта, что линия передачи данных по электрической сети играет роль избирательного частотного канала между двумя точками, при этом некоторые частоты отличаются более высоким отношением сигнал-шум и поэтому большей пропускной способностью, чем другие частоты, в результате чего для некоторых пользовательских терминалов частотами с более высоким отношением сигнал-шум являются одни частоты, а для других пользовательских терминалов - другие частоты. Упомянутая максимизация предпочтительно заключается в

определении векторного пространства, размер которого равен числу несущих в ОЧУ-канале, при этом количество элементов, образующих такое пространство, соответствует числу битов на несущую, доступных для пользовательского терминала на каждой из таких несущих, или размеру совокупности, использованной на каждой несущей, в виде

$$v_i = [v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iN}],$$

где  $N$  обозначает общее количество несущих, используемых в ОЧУ-канале связи с соответствующим вектором (для пользователя  $i$ , размерность которого равна  $N$ ); а  $v_{ix}$  обозначает количество доступных битов на несущей  $x$ , где  $x$  - число в интервале от 1 до  $N$ , при передаче данных пользователем или пользователю  $i$  (в зависимости от канала связи) на несущей  $x$  относительно головного узла,

распределении несущих среди пользовательских терминалов, имеющих информацию для передачи с тем, чтобы максимизировать норму единичного вектора:  $\|v\|$ , где  $v$  обозначает вектор бит на несущую (или размера совокупности или каждой несущей), которые каждый головной узел использует в текущем символе как в восходящем, так и в нисходящем каналах,

группировании общего количества  $N$  несущих восходящего и нисходящего каналов в подканалы с количеством  $M$  несущих с тем, чтобы упростить расчет алгоритма и его применение, а также уменьшить размер векторного пространства и генерировать векторное пространство с размерами  $N/M$ , значения координат которого равны сумме всех несущих подканала, и в результате получить пропускную способность на ОЧУ-символ, доступную для каждого пользовательского терминала на каждом подканале,

регулировке ширины полосы пропускания подканалов в соответствии с когерентной полосой пропускания, при этом такая полоса пропускания определяется как разность частот между частотными положениями первой и последней несущей, у которых различие амплитудно-частотных характеристик не превышает заданную пороговую величину.

В одном из предпочтительных вариантов осуществления изобретения УДПС-модуль головного узла имеет блок разрешения конфликтов, или арбитраж, отвечающий за динамическое распределение полосы частот на восходящем и нисходящем каналах в процессе поступления информации от множества пользовательских терминалов, при этом для динамического распределения полосы частот арбитраж применяет описанные выше критерии, для чего используются следующие средства:

осуществляется передача информации в пакете, которому предшествует заголовок, указывающий, какому пользовательскому терминалу адресована передаваемая информация и в каких условиях будет происходить передача,

восходящий и нисходящий каналы разделяются на подканалы с тем, чтобы их уплотнить и максимизировать полосы частот в процессе передачи как по восходящему, так и нисходящему каналам,

в динамическом режиме осуществляется предоставление несущих множеству пользовательских терминалов, количество которых изменяется во времени, при этом

в режиме передачи по нисходящему каналу заголовки каждого пакета информации, переданной по подканалу, помимо прочего содержат данные об адресате информации, размере и использованной совокупности с тем, чтобы пользовательские терминалы могли обнаружить и понять все заголовки, полученные по любому подканалу, но при этом демодулировать лишь информацию из переданного им пакета после того, как им станет известен вектор битов на несущую, использованный при модуляции,

в режиме передачи по восходящему каналу помимо разделения на подканалы, соответствующие полосе частот, осуществляется временное разделение таким образом, чтобы задать интервал в виде количества символов в восходящем канале, расположенных между двумя сообщениями о распределении таких интервалов и представляющих собой блоки, которые арбитратор использует для предоставления ресурсов пользовательским терминалам, при этом такие ресурсы периодически предоставляются путем направления пользовательскому терминалу по нисходящему каналу сообщения о предоставлении интервалов (известных как СПИ - SAM), при этом таких интервалов может быть один или несколько, а СПИ периодически направляются за определенное количество импульсов дискретизации до интервала, к которому они относятся (т.е. предшествуют ему по времени), в результате чего, если количество символов интервала мало, минимально достижимая задержка также будет мала, однако, увеличивается сложность системы, равно как и расходы на обеспечение пропускной способности при передаче сообщений о предоставлении интервалов (СПИ) по восходящему каналу,

непрерывно измеряется отношение сигнал-шум для каждого пользовательского терминала на всех каналах, как восходящих, так и нисходящих для постоянной корректировки пропускной способности для всех пользовательских терминалов на каждом из подканалов,

непрерывно передается информация о том, каким пользовательским терминалам требуется осуществить передачу данных и в каких объемах, для чего используются интервалы опроса и сообщения о запросе ресурсов (СЗР), соответственно, при этом верхние уровни информации, передаваемой головным узлом по восходящему каналу, содержат данные для арбитратора о количестве информации, ожидающей передачи, и от каких пользовательских терминалов, и

передается информация о КО (характеризующемся полосой частот и задержкой сигнала), объем которого зависит от пропускной способности канала и количества пользовательских терминалов, пользующихся услугами головного узла, за счет чего ограничивается количество интервалов, которые непрерывно предоставляются отдельному пользовательскому терминалу, в тех случаях, когда несколько пользователей желают одновременно осуществить передачу данных, за счет чего обеспечивается равенство доступа к восходящему каналу для пользователей.

Если головной узел осуществляет передачу данных по нисходящему каналу одному или нескольким пользовательским терминалам, арбитратор в динамическом режиме распределяет полосу частот, используя один или несколько из упомянутых подканалов, и при помощи заголовков, включенных в пакеты информации, переданных по подканалам, сообщает пользовательским терминалам, каким образом использовать такой или такие подканалы, за счет чего каждый пользовательский терминал декодирует соответствующие данные после того, как он установит, что один из названных заголовков, имеет отношение к полученному пакету (пользовательский терминал способен получать более одного пакета по множеству различных подканалов), при этом заголовок может сообщать о передаче пользовательскому терминалу нового пакета или о том, что подканал, по которому передан заголовок, будет использован для ускорения передачи пакета, ранее переданного тому же пользовательскому терминалу по другому подканалу или подканалам, для чего агрегируются несущие частоты такого нового подканала и подканалов, ранее использованных для передачи предыдущего пакета.

При декодировании заголовков, переданных по подканалам в процессе связи по нисходящему каналу, их предпочтительно модулируют в режиме с ограниченными требованиями к отношению сигнал-шум, предпочтительно, при помощи дифференциальной фазовой манипуляции (ДФМн) и/или квадратурной фазовой манипуляции (КФМн) наряду с использованием кодов с исправлением/обнаружением ошибок и частотного разнесения (передачи одинаковой информации на различных несущих) и/или временного разнесения (передачи одинаковой информации в различное время) для повышения вероятности правильного декодирования таких заголовков.

Кроме того, упомянутые заголовки содержат всю информацию, необходимую для соответствующего пакета информации, такую как адресат информации, тип пакетов, использование частотного и/или временного разнесения, адресован ли пакет одному пользовательскому терминалу или множеству терминалов (мультивещательный режим) и/или всем терминалам (широковещательный режим), тип модуляции, использованной для каждой несущей, была ли использована избыточность прямого исправления

ошибок (избыточность кода с исправлением/обнаружением ошибок) для защиты информационного пакета и/или будет ли использован подканал, по которому передается заголовок, для ускорения передачи информации, содержащейся в пакете, который был ранее передан по другому подканалу, или иной информации.

В то же время, ранее упомянутые интервалы, на которые разделена передача данных по восходящему каналу, могут быть использованы пользовательскими терминалами для передачи запросов сообщений опроса, сообщений о запросе ресурсов (СЗР), данных, включающих один или все перечисленные далее компоненты: синхронизирующие последовательности, компенсирующие последовательности, последовательности для оценки отношения сигнал-шум и/или данные об информации, которую пользовательскому терминалу требуется передать головному узлу.

При передаче данных по восходящему каналу арбитратор имеет средство обеспечения каждого пользовательского терминала оптимальной переменной полосой частот, которое предоставляет большее или меньшее количество интервалов в зависимости от таких параметров, как объем информации для передачи, качество запрошенных услуг, тип информации для передачи, отношение сигнал-шум в предоставленных пользователям интервалах и прочих параметров, для чего используется алгоритм оптимального предоставления интервалов и СПИ, информирующие пользовательские терминалы о принятых арбитратором решениях.

Для информирования о решениях, которые принимает арбитратор головного узла о предоставлении интервалов для передачи данных по восходящему каналу, каждому пользовательскому терминалу по нисходящему каналу передаются СПИ, содержащие информацию об одном или множестве интервалов, при этом такие СПИ передаются периодически и всегда за определенное количество импульсов дискретизации до интервалов, к которым они относятся (т.е. с опережением их по времени), при этом такие СПИ по меньшей мере содержат

- указание пользовательского терминала или терминалов, которым предоставляется каждый интервал,
- назначение каждого интервала,
- количество символов внутри интервала, который будет предоставлен каждому пользовательскому терминалу,
- номер символа, начиная с которого каждый пользователь может использовать интервал,
- информацию о модуляции, которая должна быть использована при передаче данных, предпочтительно КФМ, или совокупности, согласованной с головным узлом для заданной частоты ошибок в зависимости от отношения сигнал-шум в канале,
- СПИ также могут содержать
  - подтверждение получения сообщений о запросе ресурсов (СЗР),
  - ограничение доступа к определенным пользовательским терминалам,
  - исправление отклонений во временном окне передачи пользовательских терминалов,
  - информацию о включении-выключении питания,
  - тип и количество данных, которые должны быть переданы пользовательским терминалом, т.е. должно ли быть передано 0 или большее количество символов компенсации или синхронизации, а также оценку звуковых/шумовых и/или информационных данных.

Такие СПИ предпочтительно кодированы с определенной избыточной защитой от ошибок, например, при помощи более надежных кодов с исправлением ошибок/обнаружением ошибок, частотного или временного разнесения и иных способов.

Кроме того, при передаче данных по нисходящему каналу арбитратор берет на себя функцию распределения с учетом, среди прочих, таких параметров, как отношения сигнал-шум (или амплитудно-частотная характеристика), на подканалах, используемых, пользовательскими терминалами, приоритетность сообщения, количество информации. Пользовательские терминалы декодируют заголовки, переданные по нисходящему каналу, и решают, должны ли они принять данные, переданные по тому же подканалу, что и заголовок, начиная с информации об адресате, включенной в названный заголовок.

Арбитратор может запросить использование одного или нескольких дополнительных подканалов для соответствующей отправки или расширения полосы частот пользовательского терминала с тем, чтобы увеличить скорость передачи соответствующего пакета за счет предоставления нескольких подканалов для одновременной передачи нескольких пакетов информации, при этом о каждом таком решении сообщает заголовок, содержащийся в переданных сообщениях.

Арбитратор может распределять множество подканалов среди пользовательских терминалов при передаче данных как по восходящему, так и нисходящему каналам, за счет чего в каждый данный момент времени максимизируется используемая полоса частот с учетом амплитудно-частотной характеристики множества подканалов, доступных каждому пользовательскому терминалу.

В момент предоставления ресурсов на восходящем и нисходящем каналах арбитратор в качестве одного из критериев минимизации задержки использует качество предоставляемых услуг передачи данных, т.е. каждый пользовательский терминал передает данные немедленно после подачи запроса доступа по восходящему каналу или пакет немедленно передается головным узлом пользовательскому терминалу.

Упомянутое ранее сообщение о запросе ресурсов (СЗР) предпочтительно представляет собой относительно короткое управляющее сообщение, информирующее о том, когда пользователь желает передавать данные, и необязательно о размере передаваемого блока информации и качестве услуг, которое требуется пользовательскому терминалу в следующих случаях:

если полученное пользовательским терминалом СПИ указывает, что очередной интервал, предоставленный такому пользовательскому терминалу, является последним в последовательности интервалов для передачи данных, пользовательский терминал использует часть интервала для передачи СЗР при условии, что имеются данные для передачи,

если пользовательский терминал не имеет данных для передачи, но располагает интервалами, в соответствии с которыми СЗР головному узлу будет указано не предоставлять новые интервалы и перераспределить остающиеся интервалы среди других пользовательских терминалов,

если пользовательскому терминалу предоставлен интервал (при помощи СПИ) для запроса ресурсов (СЗР) с тем, чтобы пользовательский терминал (терминалы), которые имеют данные для передачи, могли передать свои СЗР в данном интервале (произвольно используя его малую часть либо при помощи заданного алгоритма, учитывающего тип пользовательского терминала, тип информации и прочие параметры), а головной узел мог обнаружить возможные столкновения поступивших от множества пользовательских терминалов запросов ресурсов, совпадающих в одной и той же области интервала, такие столкновения разрешаются при помощи известного из техники алгоритма или путем предоставления пользовательским терминалам возможности повторно осуществить передачу в ходе последующих вмешательств до тех пор, пока не будет устранено соперничество между пользовательскими терминалами.

Интервалы опроса позволяют при помощи алгоритма опроса опросить максимальное количество пользовательских терминалов о том, имеют ли они информацию для передачи с тем, чтобы в случае превышения такого максимального количества не опрашивать всегда одни и те же пользовательские терминалы. Такие интервалы опроса содержатся в головном узле в качестве средства классификации пользовательских терминалов на различные категории в зависимости от осуществляемой пользователями деятельности. С этой целью головной узел предоставляет интервалы опроса тем пользователям, о деятельности которых необходима информация, а пользовательские терминалы отвечают на них при передаче информации, используя часть предоставленного им интервала.

Если пользовательский терминал имеет данные для передачи, он ожидает получения СПИ с информацией о том, что один из следующих интервалов предназначен для опроса или запроса ресурсов, после чего в случае получения опросного сообщения о предоставлении интервалов (СПИ) осуществляются следующие шаги:

пользовательский терминал сверяет некоторые биты в СПИ, указывающие, входит ли такой пользовательский терминал в группу терминалов, которым разрешено использовать очередной интервал опроса,

СПИ указывает положения, в которых пользовательский терминал должен ответить на запрос ресурсов, при этом такие положения определяет головной узел, постоянно контролирующий отношение сигнал-шум, которое воспринимает пользовательский терминал на различных несущих (частотах, доступных для передачи по восходящему каналу),

осуществляется разделение интервала опроса на несколько доступных областей, представляющих собой небольшие временные/частотные отрезки, а пользовательские терминалы выбирают область, указанную в СПИ во избежание столкновения запросов,

пользовательский терминал передает сообщение опроса, используя выбранную область, и

если такое сообщение получено головным узлом, пользовательский терминал впоследствии получит СПИ, предоставляющее интервалы, а если такое сообщение не будет получено, пользовательский терминал должен будет ожидать получения нового опросного СПИ, тем не менее, если получено СПИ для передачи СЗР, пользовательский терминал в течение названного интервала времени передаст такое СЗР, в котором, помимо запроса на передачу данных, предпочтительно указывается объем информации, которую требуется передать, приоритетность, требуемое КО, способ декодирования такой информации головным узлом, а также, может ли она быть использована для оптимизации алгоритма предоставления интервалов арбитратором, в случае обнаружения головным узлом столкновения он использует алгоритм разрешения такого столкновения или будет ожидать поступления от пользовательских терминалов соответствующих запросов, переданных в течение другого интервала для передачи СЗР и интервала опроса (если в очередном СПИ арбитратор не предоставляет интервал для передачи данных).

В одном из предпочтительных вариантов осуществления изобретения пользовательские терминалы подчиняются решениям головной узла, определяющим момент передачи данных, используемые несущие частоты, тип модуляции и прочие параметры, при этом осуществляются следующие шаги:

по получении запросов на передачу данных от пользовательского терминала головной узел предоставляет достаточные временные/частотные интервалы на основе оценки активности, пропускной способности, качества обслуживания и прочих параметров пользовательского терминала, передавшего запрос, а также в зависимости от отношения сигнал-шум, зафиксированного на подканале, при этом арбитратор для распределения интервалов между пользовательскими терминалами, направившими запросы на передачу данных, использует описанный выше алгоритм,

при обнаружении пользовательским терминалом после демодулирования и декодирования СПИ одного или нескольких предоставленных интервалов такой пользовательский терминал выполняет следующие действия:

проверяет тип каждого из предоставленных интервалов и тип модуляции, которая должна быть использована на каждой несущей в каждом интервале, при этом СПИ должен содержать такую информацию, соответствующую информации, предоставленной арбитратором,

вычисляет общее количество битов информации, которое может быть передано (и извлекает данные из памяти), при этом такая информация может представлять собой информационные данные, данные выравнивания, синхронизации, оценки отношения сигнал/шум или любое сочетание такой информации согласно указанию, содержащемуся в СПИ, относящемуся к данному интервалу,

ожидает начального символа в интервале, предоставленном для передачи, и начинает передачу данных с использованием модуляции выбранного типа,

если какой-либо из предоставленных интервалов относится к типу интервалов с временным или частотным разнесением, пользовательский терминал должен многократно передать модулированную информацию в безопасной форме (предпочтительно с использованием КФМн) на различных частотах, иными словами, передать информацию на несущей  $k$  и многократно передать на частотах  $k+N$ ,  $k+2*N$  и т.д. в зависимости от использованного разнесения и предоставленных несущих, или повторить ее несколько раз в разное время (с временным разнесением),

если интервал относится к интервалу опроса или интервалу для передачи СЗР, осуществляются перечисленные выше действия.

Уже упоминавшаяся система множественного доступа с кодовым уплотнением (МДКУ) предусматривает использование многочастотной кодовой манипуляции (МчКМн), в случае применения которой в отношении несущих пользовательские терминалы в момент передачи данных используют лишь некоторые из несущих в очередности, в каждый данный момент определяющей те несущие частоты, которые могут быть использованы для передачи информации, при этом такая очередность заранее задана и может быть получена методом генерации псевдослучайной последовательности чисел, начальное количество которой содержится в СПИ, а если названная МчКМн используется в отношении подканалов, при помощи такой очередности пользовательскому терминалу сообщается о том, какой подканал должен быть использован для передачи в каждый момент времени.

Для повышения вероятности верного декодирования заголовков информационных пакетов, переданных в интервале по восходящему каналу, их модулируют, предпочтительно, используя системы модуляции, которые отличаются низкими требованиями к отношению сигнал-шум при декодировании, такие как, ДФМн (дифференциальная фазовая манипуляция) и/или КФМн (квадратурная фазовая манипуляция), а также используются коды с исправлением/обнаружением ошибок и частотное разнесение (передача одинаковой информации на различных несущих) и/или временное разнесение (передача одинаковой информации в разное время).

Упомянутые ранее заголовки содержат все необходимые данные, касающиеся соответствующего информационного пакета, такие как данные о типе пакета, использовании частотного и/или временного разнесения, типе модуляции, использованной для модулирования информации из пакета (например, всех несущих, модулированных при помощи КФМн, или всех несущих, модулированных совокупностью в расчете на определенную задачу обработки ошибки в зависимости от отношения сигнал-шум в канале после согласования между головным узлом и каждым пользовательским терминалом), а также, среди прочего, данные об избыточности ПИО-информации (избыточности кода с исправлением/обнаружением ошибок), при помощи которой защищают информацию.

В настоящем изобретении используется ряд средств максимизации отношения сигнал-шум для всех пользовательских терминалов без дискриминации кого-либо из них в процессе передачи данных, за счет чего обеспечивается множественный доступ к восходящему каналу при помощи одинакового ОЧУ-символа и одновременная передача множества информационных пакетов по нисходящему каналу, при этом названные средства предусматривают

регулировку подпитки током каждого пользовательского терминала,

управление временным окном для каждого пользовательского терминала,

регулировку частоты дискретизации, т.е. синхронизацию частот пользовательских терминалов.

Названные средства имеют автоматическую регулировку усиления и/или маску для ограничения мощности подпитки током, за счет чего сигналы, поступающие от пользовательских терминалов, достигают головного узла практически с неизменной мощностью, чем обеспечивается возможность использо-

вать аналогово-цифровые преобразователи с малым количеством битов без ухудшения отношения сигнал-шум на приеме.

С другой стороны, упомянутое управление временным окном используется для управления сигналами, поступающими от множества пользовательских терминалов и одновременно достигающими головного узла, т.е. начало всех переданных ОЧУ-символов поступает в одно и тоже временное окно головного узла, это управление осуществляется за счет

регулировки разомкнутого контура, образующегося на нисходящем канале, при этом такая регулировка представляет собой грубую регулировку временного окна, за счет чего каждый пользовательский терминал способен видеть пакеты, поступающие по нисходящему каналу, из которых приблизительно вычисляются импульсы дискретизации, передача которых должна быть задержана/ускорена, таким образом, чтобы они достигали головного узла в оптимальный момент,

регулировки замкнутого контура, образующегося на восходящем канале и нисходящем канале, при помощи СПИ, служащих для точной регулировки временного окна, за счет чего головной узел обнаруживает и сообщает о числе импульсов дискретизации, передачу которых должен задержать/ускорить пользовательский терминал до оптимального момента.

Наконец, в процессе регулировки частоты дискретизации, о которой говорилось выше, и последующей синхронизации каждому пользовательскому терминалу становится известна использованная головным узлом частота дискретизации, которую пользовательский терминал затем использует для коррекции передачи данных по восходящему каналу, за счет чего исключается погрешность частоты на приеме, при этом коррекция частоты передачи пользовательских терминалов осуществляется за счет

исправления остаточных ошибок на несущих при помощи вращателя, который компенсирует циклический сдвиг каждой несущей (путем умножения каждой несущей на сложную показательную функцию требуемого угла), и

коррекции частоты дискретизации при помощи корректора частоты (который может иметь устройство восстановления дискретизованного сигнала, расположенное в части системы, отвечающей за цифровую обработку, и/или перестраиваемый генератор либо кварцевый генератор, управляемый напряжением, расположенный в части системы, отвечающей за аналоговую обработку), при этом, если соответствующие синхронизирующие импульсы достаточно точны, нет необходимости использовать названный корректор частоты и достаточно просто осуществлять исправление остаточных ошибок на несущих при помощи упомянутого выше вращателя.

С целью облегчить понимание настоящего изобретения, к нему приложены чертежи, которые являются неотъемлемой частью подробного описания и формулы изобретения и иллюстрируют принципы изобретения, не ограничивая его объема.

#### **Краткое описание чертежей**

На прилагаемых к описанию чертежах показано

на фиг. 1 - схема системы, в которой может быть применен предлагаемый в изобретении способ,

на фиг. 2 - схематическое временное и частотное разделение интервалов на восходящем канале на примере настоящего изобретения,

на фиг. 3 - таблица разделения на подканалы восходящего и нисходящего каналов, которое используется в предлагаемом в изобретении способе,

на фиг. 4 - пример распределения несущих на нисходящем канале в системе на основе предлагаемого в изобретении способа,

на фиг. 5 - передача пакетов, содержащих заголовки для каждого подканала нисходящего канала системы на основе предлагаемого в изобретении способа,

на фиг. 6 - использование метода многочастотной кодовой манипуляции в восходящем канале системы на основе предлагаемого в изобретении способа.

#### **Описание вариантов осуществления изобретения**

Ниже со ссылкой на прилагаемые к описанию чертежи рассмотрен предпочтительный вариант осуществления изобретения.

Способ, на примере которого рассматривается настоящее изобретение, осуществляется в системе, имеющей несколько пользовательских терминалов А, В, ..., Х и один головной узел 1.

Связь между пользовательскими терминалами А, В, ..., Х и головным узлом 1 осуществляется через электрическую сеть 2 в двустороннем режиме по восходящему каналу, по которому данные передаются от пользовательских терминалов А, В, ..., Х в головной узел 1, и по нисходящему каналу, по которому данные передаются от головного узла 1 в пользовательские терминалы А, В, ..., Х.

Каждый из пользовательских терминалов А, В, ..., Х и головной узел 1 имеют модуль управления доступом к передающей среде (УДПС-модуль), который для пользовательских терминалов обозначен позицией 3, а для головного узла обозначен позицией 4.

Подобный УДПС-модуль позволяет максимизировать объем информации, который могут передавать пользовательские терминалы А, В, ..., Х, и минимизировать для них время ожидания.

Для обеспечения двусторонней связи по восходящему и нисходящему каналам через физическую передающую среду, которой служит электрическая сеть, необходимо использовать частотное разделение

(дуплексная передача с частотным уплотнением, ДПЧУ) или временное разделение (дуплексная передача с временным уплотнением, ДПВУ).

Система описанной выше конфигурация показана на фиг. 1.

Способ, на примере которого рассматривается предлагаемый в изобретении подход, имеет четыре следующих характерных особенности:

доступ множества пользовательских терминалов А, В, ..., Х по восходящему каналу к головному узлу и одновременная передача головным узлом 1 множества информационных пакетов по нисходящему каналу в пользовательские терминалы происходит за счет уплотнения линии связи в режиме множественного доступа с ортогональным частотным уплотнением, множественного доступа с временным уплотнением и/или множественного доступа с кодовым уплотнением (МДОЧУ/МДВУ/МДКУ),

критерии динамического предоставления пользовательскому терминалу и распределения среди пользовательских терминалов каждой несущей в ОЧУ-системе (системе с ортогональным частотным уплотнением), от которого, соответственно от которых информация требуется передать в данный момент с более высокой пропускной способностью (с большим количеством битов на несущую или лучшим отношением сигнал-шум), с целью повысить до максимально возможного уровня пропускную способность и по восходящему, и по нисходящему каналам, т.е. скорректировать или выровнять частотную характеристику головного узла при передаче и приеме,

регулируемое качество обслуживания (КО) в зависимости от типа информации и пользовательских терминалов, запрашивающих информацию, при этом такое качество обслуживания может быть соотнесено с амплитудно-частотными характеристиками в различные моменты времени и с различиями в расстоянии между пользовательскими терминалами (А, В, ..., Х) и головным узлом 1,

предоставление в динамическом режиме доступных полос частот для множества коммуникационных запросов путем непрерывного расчета и контроля отношения сигнал-шум на пользовательских терминалах (А, В, ..., Х) и головном узле 1 по всей полосе частот системы.

Названные четыре отличительных признака позволяют осуществлять распределение передающих ресурсов, т.е. всех несущих в ОЧУ-системе в соответствии с потребностями каждого пользовательского терминала в передающей среде в каждый момент, параметрами качества обслуживания, установленными для пользовательского терминала, критериями максимального увеличения пропускной способности системы и критериями минимизации задержек в линии передачи, для чего используется перераспределение несущих, содержащих один символ, среди множества пользовательских терминалов (МДОЧУ), по времени (МДВУ), т.е. символ на символ, и по коду (МДКУ), при этом для оптимизации такого перераспределения осуществляется непрерывный контроль меняющихся во времени параметров качества линии передачи данных по электрической сети.

В способе согласно примеру головная станция 1 отвечает за распределение полосы частот среди пользовательских терминалов (А, В, ..., Х) с учетом таких факторов, как качество обслуживания, предоставляемых каждому из пользовательских терминалов. Восходящий канал разделен на временные и частотные интервалы, фиг. 2, при этом такие интервалы распределены между пользовательскими терминалами, имеющими информацию для передачи. За такое распределение отвечает арбитратор 5, расположенный в УДПС-модуле 4 головного узла 1. Информацию о том, какие интервалы должны быть использованы каждым пользовательским терминалом и/или какие символы, содержащиеся в интервале, должны быть использованы одним или несколькими пользовательскими терминалами, а также информацию о типе модуляции, которая должна быть использована в интервалах, и соответствующих символах, функции каждого из них и т.д. вводится в сообщения о предоставлении интервалов (СПИ), которые периодически передаются по нисходящему каналу всем пользовательским терминалам А, В, ..., Х.

За счет гибкости такого совместного использования ресурсов обеспечивается оптимизация среды для передачи данных. С этой целью также предусмотрен ряд средств, содержащих регулировку подпитки током каждого пользовательского терминала А, В, ..., Х, управление временным окном для каждого пользовательского терминала А, В, ..., Х, регулировку частоты дискретизации, т.е. синхронизацию частот пользовательских терминалов А, В, ..., Х.

Для динамического распределения полосы пропускания на восходящем и нисходящем каналах такие каналы разделяют на множество подканалов, образованных группами различных несущих.

Ширину полосы пропускания подканалов регулируют в соответствии с параметрами электрической сети 2, в частности, когерентной полосы пропускания канала, при этом такая когерентная полоса пропускания для систем передачи данных на множестве несущих определяется как разность частот между частотными положениями первой и последней несущей, у которых различие амплитудно-частотных характеристик не превышает заданную пороговую величину (такую как, например, 12 дБ).

Настройка подканалов на когерентную полосу пропускания позволяет охватить амплитудно-частотные характеристики несущих на подканале, используемом определенным пользовательским терминалом. Таким образом, пользовательский терминал способен осуществлять прием на всех несущих, образующих подканал, с относительно стабильным отношением сигнал-шум.

Такая настройка дает возможность выбирать пользовательские терминалы в зависимости от амплитудно-частотных характеристик на подканалах. Каждому пользовательскому терминалу могут быть предоставлены оптимальные области спектра с тем, чтобы максимизировать усредненную полосу пропускания на каждом канале. Кроме того, подканалы могут быть предоставлены множеству пользовательских терминалов, имеющих отличающиеся друг от друга ортогональные амплитудно-частотные характеристики (на тех подканалах, где один пользовательский терминал измеряет низкое отношение сигнал-шум, а другой пользовательский терминал - высокое отношение сигнал шум и наоборот), за счет чего максимизируется использование полосы пропускания.

В лучшем случае достигается такая степень разбиения, что один подканал состоит лишь из одной несущей. При этом необходимы сложные алгоритмы, слишком дорогостоящие с точки зрения временных затрат и производительности, чтобы предоставлять подканалы пользовательским терминалам в соответствии с амплитудно-частотными характеристиками на каждом подканале с тем, чтобы максимально использовать преимущество усредненной полосы пропускания. Для получения быстродействующих и осуществимых алгоритмов линия связи разделена на восемь или шестнадцать подканалов, образующих восходящие и нисходящие каналы, с учетом ограничений, которые наложены параметрами когерентной полосы пропускания.

На фиг. 3 приведена примерная таблица, в которой указаны четыре пользовательских терминала А, В, С и D с амплитудно-частотными характеристиками, выходящими за установленные пороговые величины для каждого из четырех подканалов 13, 14, 15 и 16, на которые разделен восходящий канал. Такая таблица хранится в головном узле 1 и используется при распределении полосы пропускания среди пользовательских терминалов с тем, чтобы максимизировать усредненную полосу пропускания при предоставлении подканалов пользовательским терминалам, воспринимающим ортогональную амплитудно-частотную характеристику.

Приведенная на фиг. 3 таблица является примером первого применяемого критерия распределения. Если пользовательскому терминалу требуется осуществить передачу информации по восходящему каналу или головному узлу требуется передать информацию пользовательскому терминалу по нисходящему каналу, для определения подканала, по которому может быть передана информация, используется приведенная или аналогичная таблица.

Одним из важнейших аспектов оптимизации одновременной передачи информации по электрической сети 2 множеством пользовательских терминалов является распределение в динамическом режиме полосы пропускания среди пользовательских терминалов.

Для оптимизации распределения несущих среди пользовательских терминалов необходимо осуществлять постоянный расчет и контроль амплитудно-частотной характеристики или отношения сигнал-шум на обоих каналах связи для пользовательских терминалов и головного узла. Это объясняется тем фактом, что электрическая сеть не является стабильно средой, а подвержена изменениям в зависимости от времени передачи и расстояния между соответствующим пользовательским терминалом и головным узлом.

Задача неизменно состоит в том, чтобы найти оптимальный вариант предоставления несущих каждому пользовательскому терминалу, исходя из критерия максимизации средней пропускной способности канала связи, что может быть достигнуто за счет максимизации отношения сигнал-шум по всей полосе пропускания.

Для распределения полосы пропускания определяют пользовательские терминалы, с которыми устанавливается связь. Головной узел 1 имеет такую информацию, касающуюся восходящего канала, на основе сообщений с запросом ресурсов (СЗР) и опроса пользовательских терминалов, а что касается нисходящего канала, головному узлу 1 известны адресаты передаваемых пакетов.

После определения пользовательских терминалов, участвующих в обмене данными, используется таблица или база данных, аналогичная показанной на фиг. 3, чтобы определить подканалы, которые должны быть предоставлены каждому пользовательскому терминалу, для максимизации пропускной способности.

Для максимизации, т.е. корректировки или выравнивания амплитудно-частотной характеристики, заданной головным узлом при приеме и передаче, осуществляются следующие шаги:

определяется векторное пространство, размер которого равен числу несущих в ОЧУ-канале, при этом количество элементов, образующих такое пространство, соответствует числу битов на несущую, доступных для пользовательского терминала на каждой из таких несущих, или размеру совокупности, использованной на каждой несущей.

$$V_i = [v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iN}]$$

где N обозначает общее количество несущих, использованных на линии связи, относящейся к вектору, а  $v_{ix}$  обозначает количество доступных битов на несущую при передаче данных пользовательским терминалом или пользовательскому терминалу i (в зависимости от канала связи) на несущей x, где x - число в интервале от 1 до N, относительно головного узла,

несущие частоты распределяются среди пользовательских терминалов, имеющих информацию для передачи, с тем, чтобы максимизировать норму один данного вектора:  $\|v\|$ , где v обозначает вектор коли-

чества бит на несущую (или размера совокупности или каждой несущей), которые каждый головной узел использует для текущего символа как в восходящем, так и нисходящем каналах,

группирование общего количества  $N$  несущих восходящего и нисходящего каналов в подканалы с количеством  $M$  несущих с тем, чтобы упростить расчет алгоритма и его применение, а также уменьшить размер векторного пространства и генерировать векторное пространство с размерами  $N/M$ , значения координат которого равны сумме всех несущих подканала, и в результате получить пропускную способность на ОЧУ-символ, доступную для каждого пользовательского терминала на каждом подканале,

регулируется ширина полосы пропускания подканалов в соответствии с когерентной полосой пропускания, при этом такая полоса пропускания определяется как разность частот между частотными положениями первой и последней несущей, у которых различие амплитудно-частотных характеристик не превышает заданную пороговую величину.

После того как головному узлу 1 стали известны пользовательские терминалы  $A, B, \dots, X$ , которые будут осуществлять передачу информации или прием информации в случае нисходящего канала, головной узел 1 сверяет требования к качеству обслуживания (КО) с соответствующими подканалами по ранее упомянутой таблице. Наконец, в качестве критерия распределения используется ортогональный алгоритм, после чего происходит распределение полосы пропускания среди пользовательских терминалов с наибольшими различиями ортогональной амплитудно-частотной характеристики. За счет этого обеспечивается максимальный уровень амплитудно-частотной характеристики канала связи, измеряемый головным узлом 1.

На фиг. 4 графически показано распределение несущих на нисходящем канале и передача информации головным узлом 1 пользовательским терминалам  $A$  и  $B$ . Оси 18 и 19, соответственно, отображают отношение сигнал-шум или количество битов на несущую и несущую. Диаграмма 20 отображает характеристики нисходящего канала связи с пользовательским терминалом  $A$ , т.е. характеристики нисходящего канала на несущих, выраженные в виде отношения сигнал-шум или количества битов на несущую, поддерживаемые пользовательским терминалом  $A$ , которые головной узел использует для оптимизации передачи информации такому пользовательскому терминалу, а диаграмма 21 отображает характеристики нисходящего канала связи с пользовательским терминалом  $B$ . Выбранное головным узлом 1 распределение 17 отображено на диаграмме 22.

Если головному узлу 1 требуется передать информацию конкретному пользовательскому терминалу, для этого головной узел 1 использует один из подканалов и извещает адресата, для чего используется заголовок информационного пакета, который передается по такому подканалу. Пользовательский терминал декодирует заголовок, указывающий, что пакет адресован такому пользовательскому терминалу, и декодирует соответствующие данные.

Лишь головной узел 1 способен передавать информацию по нисходящему каналу одному или нескольким пользовательским терминалам  $A, B, \dots, X$ . Головной узел 1 может переупорядочить информационные пакеты, которые должны быть переданы множеству пользовательских терминалов, с целью гарантировать установленное КО, даже если головной узел также способен работать в пакетном режиме, т.е. непосредственно организовывать очереди пакетов для передачи после определения верхними уровнями тех пакетов, которые должны быть переданы.

Для передачи информационных пакетов по нисходящему каналу используются один или несколько подканалов, на которые разделен такой канал. При передаче информационного пакета по каждому из подканалов используются ранее упомянутые заголовки с указанием адресата такого пакета. Помимо возможности передачи по подканалу другого пакета, адресованного другому пользовательскому терминалу, несущие частоты такого подканала используются для ускорения передачи информации, входящей в пакет, уже ранее переданный по другому подканалу (за счет использования несущих данного подканала в качестве дополнительных несущих подканала, по которому был первоначально передан информационный пакет, в результате чего увеличивается скорость передачи такого пакета). Для сообщения о том, что какой-либо подканал будет использован в качестве дополнительного для увеличения скорости передачи по такому подканалу передается информационный пакет с заголовком, адресованным соответствующим пользовательским терминалам.

Пользовательские терминалы имеют доступ ко всему нисходящему каналу и ищут пакеты, заголовки которых указывают, что такие пакеты адресованы им. Поскольку каждый пользовательский терминал должен правильно декодировать или интерпретировать такие заголовки, соответствующая часть пакета должна отличаться крайне низкими требованиями к отношению сигнал-шум. С этой целью могут применяться безопасные виды модуляции, такие как относительная фазовая манипуляция (ОФМн) или квадратурная фазовая манипуляция (КФМн) наряду с устойчивыми к сбоям кодами с исправлением/обнаружением ошибок, а также частотным и временным разнесением.

В результате декодирования пользовательским терминалом заголовка, сообщающего о том, что пакет адресован такому терминалу, становится известен соответствующий подканал или подканалы для передачи пакета, после чего терминал принимает данные, переданные по таким подканалам. Если заголовок не адресован такому пользовательскому терминалу, он просто игнорирует данные, присоединенные к такому заголовку. Если в заголовке указано, что для увеличения скорости передачи пакета исполь-

зается новый подканал, пользовательский терминал декодирует информацию, поступающую как на новых несущих, так и на частотах первоначального подканала. За счет этого обеспечивается распределение в динамическом режиме полосы пропускания на нисходящем подканале.

Заголовки играют важную роль в системе, поскольку они обеспечивают самодостаточность пакета. В заголовке содержится вся необходимая информация о пакете, такая как адресат, размер, тип пакета, используется ли частотное или временное разнесение, передается ли пакет в мультивещательном режиме (т.е. будет принят множеством пользовательских терминалов) и т.д. На восходящем канале необходимо использовать дополнительный механизм, позволяющий узнавать время, доступное для передачи пакетов, т.е. распределение интервалов арбитратором 5 и сообщения о предоставлении интервалов, сообщающие пользовательским терминалам об их предоставлении.

На фиг. 5 показан пример, в котором на нисходящем канале 24 используются четыре подканала. Как следует из фиг. 5, по первому и второму подканалам, считая сверху, передаются пакеты, которым предшествует заголовок 27. По четвертому подканалу передача пакета начинается и завершается ранее, а третий подканал используется для ускорения передачи того же пакета на новых несущих, как это показано стрелкой 28. Для сообщения об этом используется заголовок 27 на третьем подканале. Стрелкой 23 показано направление передачи пакетов от головного узла 1 пользовательским терминалам А, В, С или D. Оси 25 и 26 отображают время и частоту, соответственно.

При передаче по восходящему каналу его делят на упоминавшиеся выше логические временные и частотные интервалы, за счет чего множество пользовательских терминалов имеют возможность одновременно передавать информацию по электрической сети 2 головному узлу 1. Благодаря этому полоса частот может быть распределена в динамическом режиме с предоставлением большего или меньшего количества временных интервалов (символов) или частотных интервалов (несущих), что позволяет пользовательским терминалам передавать информацию с различными требованиями к качеству (как в отношении полосы пропускания, так и задержки сигнала) и оптимизировать передачу путем предоставления интервалов тем пользовательским терминалам, которые измеряют достаточное отношение сигнал-шум на подканале, чтобы использовать модуляцию с наибольшим уплотнением.

После предоставления пользовательскому терминалу А, В, ..., Х одного из таких интервалов пользователю становится известно, в какое время и на каких несущих (и, следовательно, на какой частоте) может быть передана информация, которую пользователь желает передать. Группа несущих, входящая в интервал, образует подканал восходящего канала. Частоты на каждом подканале отрегулированы в соответствии с когерентной полосой пропускания канала таким образом, чтобы амплитудно-частотная характеристика (входящая в определенный диапазон) на каждом подканале была одинаковой для каждого пользовательского терминала. Это позволяет повысить пропускную способность восходящего канала.

На фиг. 2 показан пример распределения интервалов в заданный момент для их возможного применения. Оси 11 и 12 отображают частоту и время, соответственно, интервалы 7, 8, 9 и 10 обозначают интервалы, предоставленные различным пользовательским терминалам А, В, С и D, соответственно, а интервалы 6 - свободные (нераспределенные) интервалы.

Упомянутые интервалы могут быть различным образом использованы множеством пользовательских терминалов А, В, ..., Х, например, для передачи

запросов сообщений опроса,

сообщений о запросе ресурсов (СЗР),

данных, включающих один или все перечисленные далее компоненты:

1. синхронизирующие последовательности,

2. компенсирующие последовательности,

3. последовательности для оценки отношения сигнал-шум и/или

4. данные об информации, которую пользовательскому терминалу А, В, ..., Х требуется передать

головному узлу.

При помощи СПИ, предоставляющих интервалы, головной узел 1 сообщает о назначении каждого интервала и о том, какой пользовательский терминал или терминалы могут использовать его. В этом смысле система множественного доступа представляет собой централизованную систему, в которой пользовательские терминалы А, В, ..., Х осуществляют передачу информации по электрической сети 2 лишь в том случае, если головной узел 1 предварительно принял соответствующее решение и сообщил о таком решении соответствующим пользовательским терминалам, одновременно сообщив о количестве информации, которая может быть передана, типе модуляции и т.д.

Для оптимизации использования восходящего канала в процессе доступа к электрической сети 2, уплотненной с использованием МДОЧУ/МДВУ/МДКУ, предусмотрены ранее упомянутые три средства, благодаря которым максимизируется отношение сигнал-шум для всех пользовательских терминалов без предпочтения одному в ущерб другому при передаче информации.

Подпитка током осуществляется автоматической регулировкой усиления и/или маской для ограничения мощности подпитки током, за счет чего сигналы, поступающие от пользовательских терминалов А, В, ..., Х, достигают головного узла 1 примерно с такой же мощностью, чем обеспечивается возмож-

ность использовать аналого-цифровые преобразователи с малым количеством битов без ухудшения отношения сигнал/шум при приеме.

С целью обеспечить одновременное поступление сигналов от множества пользовательских терминалов А, В, ..., Х на головной узел 1, т.е. поступление начала всех переданных ОЧУ-символов в одно и тоже временное окно головного узла 1, используется управление временным окном, осуществляемое за счет

регулировки разомкнутого контура, образующегося на нисходящем канале, при этом такая регулировка представляет собой грубую регулировку временного окна, за счет чего каждый пользовательский терминал способен видеть пакеты, поступающие по нисходящему каналу, из которых приблизительно вычисляются импульсы дискретизации, передача которых должна быть задержана/ускорена таким образом, чтобы они достигали головного узла 1 в оптимальный момент,

регулировки замкнутого контура, образующегося на восходящем канале и нисходящем канале, при помощи СПИ, служащих для точной регулировки временного окна, за счет чего головной узел 1 обнаруживает и сообщает о числе импульсов дискретизации, передачу которых должен задержать/ускорить пользовательский терминал до оптимального момента.

С целью подстройки частоты после осуществления синхронизации каждому пользовательскому терминалу А, В, ..., Х сообщается использованная головным узлом 1 частота дискретизации, которую пользовательский терминал затем использует для коррекции передачи данных по восходящему каналу, за счет чего исключается погрешность частоты на приеме на головном узле 1, при этом коррекция частоты передачи пользовательских терминалов А, В, ..., Х осуществляется за счет

исправления остаточных ошибок на несущих при помощи вращателя, который компенсирует циклический сдвиг каждой несущей (путем умножения каждой несущей на сложную показательную функцию требуемого угла), и

коррекции частоты дискретизации при помощи корректора частоты (который может иметь устройство восстановления дискретизованного сигнала, расположенное в части системы, отвечающей за цифровую обработку, и/или перестраиваемый генератор либо кварцевый генератор, управляемый напряжением, расположенный в части системы, отвечающей за аналоговую обработку), при этом, если соответствующие синхронизирующие импульсы достаточно точны, нет необходимости использовать названный корректор частоты, и достаточно просто осуществлять исправление остаточных ошибок на несущих при помощи упомянутого выше вращателя.

При передаче по восходящему каналу в режиме МДКУ используется многочастотная кодовая манипуляция (МчКМн), в случае применения которой в отношении несущих пользовательские терминалы А, В, ..., Х в момент передачи данных используют лишь некоторые из несущих в очередности, в каждый данный момент определяющей те несущие частоты, которые могут быть использованы для передачи информации, при этом такая очередность заранее задана и может быть получена методом генерации псевдослучайной последовательности чисел, начальное количество которой содержится в СПИ, а если названная МчКМн используется в отношении подканалов, при помощи такой очередности пользовательскому терминалу А, В, ..., Х сообщается о том, какой подканал должен быть использован для передачи в каждый момент времени.

Одним из преимуществ многочастотной кодовой манипуляции является то, что подканалы или несущие частоты распределяются среди пользовательских терминалов по времени, т.е. пользовательский терминал не использует постоянно подканал с высоким отношением сигнал-шум, а использует (если это задано очередностью) подканалы с низким отношением сигнал-шум, в результате чего в среднем все пользовательские терминалы имеют доступ к усредненному каналу, за счет чего максимизируется полоса пропускания электрической сети.

На фиг. 6 показан пример многочастотной кодовой манипуляции, используемой при передаче информации пользовательскими терминалами А, В, С и D головному узлу 1, при этом стрелкой 29 обозначено направление передачи информации, а стрелкой 30 - полоса пропускания каждого подканала. Оси 31 и 32 обозначают частоту и время, соответственно. Позициями 33, 34, 35 и 36 обозначены отправки, осуществленные пользовательскими терминалами А, В, С и D, соответственно, а позицией 37 - столкновение между пользовательскими терминалами.

Сообщения о предоставлении интервалов (СПИ) представляют собой сообщения, которые периодически передаются по нисходящему каналу и декодируются всеми пользовательскими терминалами. Их периодичность зависит от размера интервалов, на которые разделен восходящий канал. После выбора размера частотных и временных интервалов периодичность СПИ может оставаться постоянной.

Задачей СПИ является

оповещение или идентификация пользовательского терминала или терминалов А, В, ..., Х, которым было разрешено осуществить передачу в каждом из частотных и временных интервалов, на которые разделен восходящий канал,

указание назначения такого интервала: передача информации, данных выравнивания, отношения сигнал-шум, синхронизации, опросов, сообщений о запросе ресурсов (СЗР) и т.д.,

передача информации, дополняющей получение запроса ресурсов, ограничение доступа к группам пользовательских терминалов и т.д.

СПИ играют важную роль в создании системы динамического распределения полосы частот. При необходимости передачи информации пользовательские терминалы направляют запрос головному узлу 1 (используя методы запроса ресурсов или опроса). Головной узел 1 не предоставляет пользовательскому терминалу постоянную полосу частот, а осуществляет ее динамическое распределение, предлагая пользовательским терминалам, передавшим запрос, большее или меньшее количество интервалов, исходя из таких факторов, как количество, качество и тип передаваемой информации, отношение сигнал-шум в предоставленных пользовательским терминалам интервалах и т.д.

Для совместного использования ресурсов применяется МДОЧУ, таким образом, динамическое распределение полосы частот является наиболее эффективным. При такой системе совместного использования ресурсов множество пользовательских терминалов могут передавать информацию на различных несущих, используя один ОЧУ-символ.

Сообщения о предоставлении интервалов могут содержать информацию об одном или нескольких интервалах. С учетом важности таких СПИ они также предпочтительно имеют какую-либо систему защиты от ошибок, такую как высоконадежные коды с исправлением/обнаружением ошибок, частотное и/или временное разнесение и т.д. Очевидно, что сообщения о предоставлении интервалов всегда предшествуют интервалам на восходящем канале, к которым они относятся.

Кроме того, СПИ могут указывать, является ли интервал, предоставленный пользовательскому терминалу, первым, последним или одним из промежуточных. Если интервал является первым из количества предоставленных пользовательскому терминалу для передачи информации, не все символы интервала будут использованы для передачи данных, при этом часть символов должна быть использована для передачи дополнительной информации, такой как информации синхронизации или выравнивания. Если интервал является промежуточным, он может быть полностью использован для передачи данных. Если это последний интервал, предоставленный пользовательскому терминалу А, В, ..., Х, в нем передается информация и сообщение о запросе ресурсов (СЗР), чтобы головной узел 1 был информирован о том, имеет ли пользовательский терминал дополнительную информацию для передачи. Это не единственная возможность для пользовательского терминала передать сообщение о запросе ресурсов, такие запросы могут быть переданы в случае наличия у пользователя информации для передачи, а головной узел 1 сообщает, что назначением очередного интервала является запрос ресурсов.

В данном примере СПИ, переданные по нисходящему каналу каждому пользовательскому терминалу А, В, ..., Х, содержат, по меньшей мере, следующую информацию:

пользовательский терминал или терминалы А, В, ..., Х, которым предоставлен каждый интервал, назначение такого интервала,

количество символов, которое может использовать каждый пользовательский терминал в интервале,

номер символа, начиная с которого каждый пользователь может использовать интервал, информацию о модуляции, которая должна быть использована при передаче данных,

СПИ также могут содержать

подтверждение получения сообщений о запросе ресурсов (СЗР),

ограничение доступа к определенным пользовательским терминалам А, В, ..., Х,

исправление отклонений во временном окне передачи пользовательских терминалов А, В, ..., Х,

информацию о включении-выключении питания,

тип и количество данных, которые должны быть переданы пользовательским терминалом, т.е. должно ли быть передано 0 или большее количество символов компенсации или синхронизации, а также оценку отношения звуковых/шумовых и/или информационных данных.

С другой стороны, ранее неоднократно упоминавшиеся СЗР представляют собой относительно короткие управляющие сообщения, содержащие информацию о том, требуется ли пользовательскому терминалу А, В, ..., Х осуществить передачу данных и, необязательно, о размере передаваемого информационного блока и качестве услуг, желательном для пользовательского терминала А, В, ..., Х, при этом такие сообщения передают в различные моменты времени. Такими моментами являются

момент, когда СПИ, полученное пользовательским терминалом А, В, ..., Х, сообщает, что следующий интервал, предоставленный такому пользовательскому терминалу, является последним в последовательности интервалов для передачи данных, после чего пользовательский терминал А, В, ..., Х может использовать часть интервала для передачи СЗР при наличии дополнительной информации для передачи,

момент, когда СПИ предоставило пользовательскому терминалу А, В, ..., Х интервал, предназначенный для запроса ресурсов, после чего пользовательский терминал или терминалы А, В, ..., Х, имеющие информацию для передачи, передают свои СЗР в таком интервале.

Если пользовательский терминал А, В, ..., Х имеет данные для передачи, он ожидает получения СПИ, указывающего, что некоторые из последующих интервалов предназначены для опроса или СЗР, после чего, если получено опросное СПИ, осуществляются следующие шаги:

пользовательский терминал А, В, ..., Х сверяет некоторые биты в СПИ, указывающие, относится ли такой пользовательский терминал к группе терминалов, которые могут использовать последующий интервал опроса,

СПИ указывает положения, в которых пользовательский терминал А, В, ..., Х должен ответить на запрос ресурсов, при этом такие положения определяются головным узлом 1, постоянно контролирующим отношение сигнал-шум на множестве доступных для пользовательского терминала А, В, ..., Х несущих восходящего канала,

интервал опроса разделяется на множество доступных областей, представляющих собой небольшие временные/частотные отрезки, а пользовательские терминалы А, В, ..., Х выбирают область, указанную в СПИ с целью избежать столкновения запросов,

пользовательские терминалы А, В, ..., Х передают сообщение опроса в выбранной зоне и

если сообщение опроса получено головным узлом 1, пользовательский терминал А, В, ..., Х позднее получит СПИ, предоставляющие интервалы, если же такое сообщение не получено, пользовательский терминал А, В, ..., Х будет вынужден ожидать нового опросного СПИ.

В то же время, если получено СПИ для СЭР, пользовательский терминал А, В, ..., Х передает СЭР в соответствующем интервале, в котором, помимо потребности в передаче информации, предпочтительно указано количество передаваемой информации, приоритетность, требуемое КО, форма, в которой может быть декодирована такая информация головным узлом, и может ли она быть использована для оптимизации алгоритма предоставления интервалов арбитра 5, если головной узел 1 обнаруживает столкновение, применяется алгоритм разрешения столкновений, а пользовательские терминалы А, В, ..., Х передают свои запросы в очередном интервале для СЭР или интервале опроса, поскольку арбитра 5 не предоставит им интервала для передачи информации в последующих СПИ.

В данном примере, если пользовательскому терминалу А, В, ..., Х требуется осуществить передачу информации, он подчиняется решениям, головного узла 1, касающимся момента передачи, используемых несущих, типа модуляции и других параметров, для чего осуществляются следующие шаги:

по получении запросов на передачу данных от пользовательского терминала А, В, ..., Х головной узел 1 предоставляет достаточные временные/частотные интервалы на основе оценки активности, пропускной способности, качества обслуживания и прочих параметров пользовательского терминала А, В, ..., Х, передавшего запрос, а также в зависимости от отношения сигнал-шум, зафиксированного на каждом подканале, при этом арбитра 5 для распределения интервалов между пользовательскими терминалами, направившими запросы на передачу данных, использует определенный алгоритм,

при обнаружении пользовательским терминалом А, В, ..., Х после демодулирования и декодирования СПИ одного или нескольких предоставленных интервалов такой пользовательский терминал выполняет следующие действия:

1. проверяет тип каждого из предоставленных интервалов и тип модуляции, которая должна быть использована на каждой несущей в каждом интервале, при этом СПИ должен содержать такую информацию, в соответствии с информацией, предоставленной арбитра 5,

2. вычисляет общее количество битов информации, которое может быть передано (и извлекает данные из памяти), при этом такая информация может представлять собой информационные данные, данные выравнивания, синхронизации, оценки отношения звук/шум или любое иное сочетание такой информации согласно указанию, содержащемуся в СПИ, относящемуся к данному интервалу,

3. ожидает начального символа в интервале, предоставленном для передачи, и начинает передачу данных с использованием модуляции выбранного типа,

4. если какой-либо из предоставленных интервалов относится к типу интервалов с временным или частотным разнесением, пользовательский терминал А, В, ..., Х должен многократно передать модулированную информацию в безопасной форме (предпочтительно с использованием КФМн) на различных частотах, иными словами, передать информацию на несущей  $k$  и многократно передать на частотах  $k+N$ ,  $k+2xN$  и т.д. в зависимости от использованного разнесения и предоставленных несущих, или повторить ее несколько раз в разное время (с временным разнесением),

5. если интервал относится к интервалу опроса или интервалу для передачи СЭР, осуществляются перечисленные выше действия.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ множественного доступа и параллельной многоточечной передачи данных по электрической сети, в котором связь между пользовательскими терминалами (А, В, ..., Х) и головным узлом (1) осуществляется через электрическую сеть (2) в двустороннем режиме по восходящему каналу, по которому данные передаются от пользовательских терминалов (А, В, ..., Х) в головной узел (1), и по нисходящему каналу, по которому данные передаются от головного узла (1) в пользовательские терминалы (А, В, ..., Х), при этом каждый из пользовательских терминалов (А, В, ..., Х) и головной узел (1) имеют модуль управления доступом к передающей среде (УДПС-модуль) (3, 4), позволяющий максимизировать объем информации, который могут передавать пользовательские терминалы (А, В, ..., Х), и минимизиро-

вать время ожидания для этих пользовательских терминалов (А, В, ..., Х), а разделение на восходящий и нисходящий каналы в электрической сети обеспечивается за счет дуплексной передачи с частотным уплотнением (ДПЧУ) и/или дуплексной передачи с временным уплотнением (ДПВУ), отличающийся тем, что

поддерживают доступ множества пользовательских терминалов (А, В, ..., Х) по восходящему каналу к головному узлу и одновременную передачу головным узлом (1) множества информационных пакетов по нисходящему каналу в пользовательские терминалы за счет уплотнения линии связи в режиме множественного доступа с ортогональным частотным уплотнением, множественного доступа с временным уплотнением и/или множественного доступа с кодовым уплотнением (МДОЧУ/МДВУ/МДКУ),

определяют критерии динамического предоставления пользовательскому терминалу и распределения между пользовательскими терминалами каждой несущей в системе с ортогональным частотным уплотнением (ОЧУ) на основе информации, которую требуется передать в данный момент на этой несущей с более высокой пропускной способностью, т.е. с большим количеством бит на несущую или лучшим отношением сигнал-шум, с целью повысить до максимально возможного уровня пропускную способность и по восходящему, и по нисходящему каналам, т.е. скорректировать или выровнять частотную характеристику головного узла при передаче и приеме,

регулируют качество обслуживания (КО) в зависимости от типа информации и пользовательских терминалов, запрашивающих передачу информации, при этом такое качество обслуживания регулируется в соответствии с частотной характеристикой в различные моменты времени и в соответствии с различиями в удалении пользовательских терминалов (А, В, ..., Х) от головного узла (1),

осуществляют динамическое выделение доступной полосы частот на основе множества коммуникационных запросов путем непрерывного вычисления и контроля отношения сигнал-шум в пользовательских терминалах (А, В, ..., Х) и головном узле (1) во всей полосе частот системы, что в совокупности обеспечивает распределение используемых для передачи данных ресурсов, т.е. общего количества несущих в ОЧУ-системе, в соответствии с текущими потребностями каждого пользовательского терминала в передаче данных в каждый момент времени, в соответствии с параметрами качества обслуживания (КО), заданными для этого пользовательского терминала, в соответствии с критериями максимизации общей пропускной способности системы и в соответствии с критериями минимизации задержки в передаче данных путем перераспределения несущих, содержащих один символ, среди множества пользовательских терминалов (МДОЧУ), перераспределения во времени (МДВУ), т.е. от символа к символу, и перераспределения по коду (МДКУ) с оптимизацией такого перераспределения за счет непрерывного контроля за постоянно меняющимися во времени параметрами качества передачи данных по электрической сети.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что предусмотрено средство максимизации, т.е. корректировки или выравнивания частотной характеристики головного узла (1) при приеме и передаче [с учетом того факта, что линия передачи данных по электрической сети работает по типу частотно-избирательного канала связи между двумя точками, в связи с чем при передаче данных на некоторых частотах наблюдается более высокое отношение сигнал-шум и тем самым большая пропускная способность по сравнению с другими частотами, для некоторых пользовательских терминалов частотами, на которых передача данных происходит с более высоким отношением сигнал-шум, являются одни частоты, а для других пользовательских терминалов - другие частоты], при этом указанная максимизация заключается в том, что

задают векторное пространство, размер которого равен количеству несущих в ОЧУ-канале и количество образующих элементов которого равняется количеству бит на несущую, которые каждый пользовательский терминал способен распознать в каждой из таких несущих, или размеру совокупности, используемой на каждой несущей, в виде  $v_i = [v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iN}]$ , где N обозначает общее количество несущих, используемых в канале связи, относящемся к вектору, а  $v_{ix}$  обозначает количество используемых бит на несущую при передаче данных от пользовательского терминала i или в него, в зависимости от которого канал связи соотносят с вектором, на несущей x, где x - число в интервале от 1 до N, с точки зрения головного узла,

распределяют несущие среди пользовательских терминалов на основе предназначенной для передачи информации с целью максимизировать норму один данного вектора:  $\|v\|$ , где v представляет собой вектор бит на несущую или размер совокупности либо каждой несущей, которые каждый головной узел использует для текущего символа в восходящем и в нисходящем каналах,

общее количество N несущих восходящего и нисходящего каналов группируют в подканалы с количеством M несущих с целью упростить вычисление алгоритма и его реализацию для уменьшения размера векторного пространства за счет формирования векторного пространства размерами N/M, значения координат которого равны сумме всех несущих подканала, с получением в результате пропускной способности на ОЧУ-символ, который каждый пользовательский терминал распознает в каждом подканале,

ширину полосы пропускания подканалов регулируют в соответствии с когерентной полосой пропускания, определяемой как разность частот между частотными положениями первой и последней несущей, у которых различие их частотных характеристик не превышает заданную пороговую величину.

3. Способ по пп.1 и 2, отличающийся тем, что УДПС-модуль (4) головного (1) узла имеет блок разрешения конфликтов, или арбитраж (5), отвечающий за динамическое распределение полосы частот на восходящем и нисходящем каналах в процессе поступления информации от множества пользовательских терминалов (А, В, ..., Х), при этом для динамического распределения полосы частот арбитраж применяет описанные выше критерии, для чего используются следующие приемы:

осуществляется передача информации в пакете, которому предшествует заголовок, указывающий, какому пользовательскому терминалу адресована передаваемая информация и в каких условиях будет происходить передача,

восходящий и нисходящий каналы разделяются на подканалы для их уплотнения и максимизации полосы частот в процессе передачи как по восходящему, так и нисходящему каналам с использованием критерия ортогональной пропускной способности в зависимости от частоты и различных пользовательских терминалов,

в динамическом режиме осуществляется предоставление несущих множеству пользовательских терминалов, количество которых изменяется во времени, при этом

в режиме передачи по нисходящему каналу заголовки каждого пакета информации, переданной по подканалу, помимо прочего содержат данные об адресате информации, размере и использованной совокупности с тем, чтобы пользовательские терминалы могли обнаружить и понять все заголовки, полученные по любому подканалу, но при этом демодулировать лишь информацию из переданного им пакета после того, как им станет известен вектор битов на несущую, использованный при модуляции,

в режиме передачи по восходящему каналу помимо разделения на подканалы, соответствующие полосе частот, осуществляется временное разделение таким образом, чтобы задать интервал в виде количества символов в восходящем канале, расположенных между двумя сообщениями о распределении таких интервалов и представляющих собой блоки, которые арбитраж (5) использует для предоставления ресурсов пользовательским терминалам, при этом такие ресурсы периодически предоставляются путем направления пользовательскому терминалу (А, В, ..., Х) по нисходящему каналу сообщения о предоставлении интервалов, известных как (СПИ), при этом таких интервалов может быть один или несколько, а СПИ периодически направляются за определенное количество импульсов дискретизации до интервала, к которому они относятся, т.е. предшествуют ему по времени, в результате чего, если количество символов интервала мало, минимально достижимая задержка также будет мала, однако, увеличивается сложность системы, равно как и расходы на обеспечение пропускной способности при передаче сообщений о предоставлении интервалов (СПИ) по восходящему каналу,

непрерывно измеряется отношение сигнал-шум для каждого пользовательского терминала на всех каналах как восходящих, так и нисходящих для постоянной корректировки пропускной способности для всех пользовательских терминалов на каждом из подканалов,

непрерывно передается информация о том, каким пользовательским терминалам (А, В, ..., Х) требуется осуществить передачу данных и в каких объемах, для чего используются интервалы опроса и сообщения о запросе ресурсов (СЗР), соответственно, при этом верхние уровни информации, передаваемой головным узлом (1) по восходящему каналу, содержат данные для арбитража (5) о количестве информации, ожидающей передачи, и от каких пользовательских терминалов, и

передается информация о КО (характеризующем полосу частот и задержкой сигнала), объем которого зависит от пропускной способности канала и количества пользовательских терминалов, пользующихся услугами головного узла (1), за счет чего ограничивается количество интервалов, которые непрерывно предоставляются отдельному пользовательскому терминалу, в тех случаях, когда несколько пользовательских терминалов одновременно желают осуществить передачу данных, за счет чего для пользовательских терминалов обеспечивается равенство доступа к восходящему каналу.

4. Способ по п.3, отличающийся тем, что если головному узлу (1) требуется осуществить передачу информации одному или нескольким пользовательским терминалам (А, В, ..., Х) по нисходящему каналу, арбитраж (5) в динамическом режиме распределяет полосу пропускания, используя один или несколько названных подканалов, и сообщает об адресате, которому предоставлен такой или такие подканалы при помощи заголовков, содержащихся в информационных пакетах, переданных по подканалам, а каждый пользовательский терминал декодирует соответствующие данные после того, как он обнаружит, что один из названных заголовков относится к адресованному ему пакету, за счет чего пользовательский терминал (А, В, ..., Х) имеет возможность получать несколько пакетов по множеству различных подканалов, при этом арбитраж (5) может включить в такой заголовок информацию о передаче нового пакета пользователю или о том, что подканал, по которому передан заголовок, будет использован для ускорения передачи пакета, ранее переданного по другому подканалу или подканалам тому же пользователю, путем агрегирования несущих такого нового подканала и тех подканалов, которые уже были использованы для передачи предыдущего пакета.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что для модулирования заголовков, переданных по подканалам в процессе связи по нисходящему каналу, с целью повышения вероятности верного декодирования таких заголовков предпочтительно используются системы модуляции с низкими требованиями к отношению сигнал-шум при декодировании, предпочтительно, ДФМн (дифференциальная фазовая манипу-

ляция) и/или КФМн (квадратурная фазовая манипуляция), а также коды с исправлением/обнаружением ошибок и частотное разнесение, т.е. передача одинаковой информации на различных несущих и/или временное разнесение, т.е. передача одинаковой информации в различное время.

6. Способ по п.4, отличающийся тем, что названные заголовки содержат всю информацию, необходимую для соответствующего пакета информации, такую как адресат информации, тип пакетов, использование частотного и/или временного разнесения, адресован ли пакет одному пользовательскому терминалу или множеству терминалов (мультивещательный режим) и/или всем терминалам (широковещательный режим), тип модуляции, использованной для каждой несущей, была ли использована избыточность прямого исправления ошибок (избыточность кода с исправлением/обнаружением ошибок) для защиты информационного пакета и/или будет ли использован подканал, по которому передается заголовок, для ускорения передачи информации, содержащейся в пакете, который был ранее передан по другому подканалу, или иной информации.

7. Способ по п.3, отличающийся тем, что интервалы, на которые разделен восходящий канал, могут быть использованы пользовательскими терминалами (А, В, ..., Х) для передачи

запросов сообщений опроса,

сообщений о запросе ресурсов (СЗР),

данных, включающих один или все перечисленные далее компоненты: синхронизирующие последовательности, компенсирующие последовательности, последовательности для оценки отношения сигнал-шум и/или данные об информации, которую пользовательскому терминалу (А, В, ..., Х) требуется передать головному узлу (1).

8. Способ по п.3, отличающийся тем, что при передаче данных по восходящему каналу арбитраж (5) головного узла (1) имеет средство обеспечения каждого пользовательского терминала (А, В, ..., Х) оптимальной переменной полосой частот, предоставляющее большее или меньшее количество интервалов в зависимости от таких параметров, как объем информации для передачи, качество запрошенных услуг, тип информации для передачи, отношение сигнал-шум в предоставленных пользователям интервалах и прочих параметров, для чего используется алгоритм оптимального предоставления интервалов и СПИ, информирующие пользовательские терминалы (А, В, ..., Х) о принятых названным арбитражом (5) решениях.

9. Способ по пп.3 и 7, отличающийся тем, что для информирования о решениях арбитража (5) головного узла (1) о предоставлении интервалов на восходящем канале, по нисходящему каналу каждому пользовательскому терминалу (А, В, ..., Х) передаются СПИ, содержащие информацию об одном или множестве интервалов, при этом такие СПИ периодически передаются всегда за определенное количество импульсов дискретизации до интервалов, к которым они относятся, т.е. с опережением их по времени, и, по меньшей мере, такие СПИ содержат

указание пользовательского терминала или терминалов (А, В, ..., Х), которым предоставляется каждый интервал,

назначение каждого интервала,

количество символов внутри интервала, который будет предоставлен каждому пользовательскому терминалу,

номер символа, начиная с которого каждый пользователь может использовать интервал,

информацию о модуляции, которая должна быть использована при передаче данных, предпочтительно КФМ, или совокупности, согласованной с головным узлом (1) для заданной частоты ошибок в зависимости от отношения сигнал-шум в канале,

при этом СПИ также могут содержать

подтверждение получения сообщений о запросе ресурсов (СЗР),

ограничение доступа к определенным пользовательским терминалам (А, В, ..., Х),

исправление отклонений во временном окне передачи пользовательских терминалов (А, В, ..., Х),

информацию о включении-выключении питания,

тип и количество данных, которые должны быть переданы пользовательским терминалом, т.е. должно ли быть передано 0 или большее количество символов компенсации или синхронизации, а также оценку звуковых/шумовых и/или информационных данных, при этом такие СПИ предпочтительно кодированы с определенной избыточной защитой от ошибок, например, при помощи кодов защиты от ошибок/обнаружения ошибок, частотного или временного разнесения и иных способов.

10. Способ по п.3, отличающийся тем, что арбитраж (5) берет на себя функцию распределения на нисходящем канале, среди прочих, учитывая такие параметры, как отношения сигнал-шум, или амплитудно-частотная характеристика на подканалах, используемых пользовательскими терминалами (А, В, ..., Х), приоритетность сообщения, количество информации, а пользовательские терминалы декодируют заголовки, переданные по нисходящему каналу, и решают, должны ли они принять данные, переданные по тому же подканалу, что и заголовок, начиная с информации об адресате, включенной в названный заголовок.

11. Способ по п.10, отличающийся тем, что арбитраж (5) может запросить использование одного или нескольких дополнительных подканалов для соответствующей отправки или расширения полосы

частот пользовательского терминала с тем, чтобы увеличить скорость передачи соответствующего пакета за счет предоставления нескольких подканалов для одновременной передачи нескольких пакетов информации, при этом о каждом таком решении сообщает заголовок, содержащийся в переданных сообщениях.

12. Способ по пп.10 и 11, отличающийся тем, что арбитратор (5) может распределять множество подканалов среди пользовательских терминалов (А, В, ..., Х) в восходящем и нисходящем каналах, за счет чего в каждый данный момент времени максимизируется используемая полоса частот с учетом частотной характеристики множества подканалов, доступных каждому пользовательскому терминалу (А, В, ..., Х).

13. Способ по пп.9 и 12, отличающийся тем, что в момент предоставления ресурсов на восходящем и нисходящем каналах арбитратор (5) в качестве одного из критериев минимизации задержки использует качество обслуживания, т.е. каждый пользовательский терминал (А, В, ..., Х) передает данные немедленно после подачи запроса доступа по восходящему каналу или пакет немедленно передается головным узлом (1) пользовательскому терминалу (А, В, ..., Х).

14. Способ по п.3, отличающийся тем, что СЗР предпочтительно представляет собой относительно короткое управляющее сообщение, информирующее о том, будет ли пользовательский терминал (А, В, ..., Х) передавать данные, и необязательно о размере передаваемого блока информации и качестве услуг, которое требуется пользовательскому терминалу (А, В, ..., Х), в следующих случаях:

если полученное пользовательским терминалом (А, В, ..., Х) СПИ указывает, что очередной интервал, предоставленный такому пользовательскому терминалу, является последним в последовательности интервалов для передачи данных, пользовательский терминал (А, В, ..., Х) использует часть интервала для передачи СЗР при условии, что имеются данные для передачи,

если пользовательский терминал (А, В, ..., Х) не имеет данных для передачи, но располагает интервалами, в соответствующем СЗР головному узлу (1) будет указано не предоставлять новых интервалов и перераспределить остающиеся интервалы среди других пользовательских терминалов (А, В, ..., Х),

если пользовательскому терминалу предоставлен интервал при помощи СПИ для запроса ресурсов (СЗР) с тем, чтобы пользовательский терминал/терминалы (А, В, ..., Х), которые имеют данные для передачи, могли передать свои СЗР в данном интервале, произвольно используя его малую часть либо при помощи заданного алгоритма, учитывающего тип пользовательского терминала, тип информации и прочие параметры, а головной узел (1) мог обнаружить возможные столкновения поступивших от множества пользовательских терминалов запросов ресурсов, совпадающих в одной и той же области интервала, такие столкновения разрешаются при помощи известного из техники алгоритма или путем предоставления пользовательским терминалам (А, В, ..., Х) возможности повторно осуществить передачу в ходе последующих вмешательств до тех пор, пока не будет устранено соперничество между пользовательскими терминалами (А, В, ..., Х).

15. Способ по п.3, отличающийся тем, что названные интервалы опроса позволяют при помощи алгоритма опроса опросить максимальное количество пользовательских терминалов (А, В, ..., Х) о том, имеют ли они информацию для передачи с тем, чтобы в случае превышения такого максимального количества не опрашивать всегда одни и те же пользовательские терминалы (А, В, ..., Х), при этом такие интервалы опроса содержатся в головном узле (1) в качестве средства классификации пользовательских терминалов на различные категории в зависимости от осуществляемой пользователями деятельности, для чего головной узел (1) предоставляет интервалы опроса тем пользователям, о деятельности которых необходима информация, а пользовательские терминалы отвечают на них при очередной передаче информации, используя часть предоставленного им интервала.

16. Способ по пп.7 и 9, отличающийся тем, что если пользовательский терминал (А, В, ..., Х) имеет данные для передачи, он ожидает получения СПИ с информацией о том, что один из следующих интервалов предназначен для опроса или запроса ресурсов, после чего в случае получения опросного СПИ осуществляются следующие шаги:

пользовательский терминал (А, В, ..., Х) сверяет некоторые биты в СПИ, указывающие, входит ли такой пользовательский терминал в группу терминалов, которым разрешено использовать очередной интервал опроса,

СПИ указывает положения, в которых пользовательский терминал (А, В, ..., Х) должен ответить на запрос ресурсов, при этом такие положения определяет головной узел (1), постоянно контролирующий отношение сигнал-шум на различных несущих, т.е. частотах, доступных пользовательскому терминалу (А, В, ..., Х) для передачи по восходящему каналу,

интервал опроса разделен на несколько доступных областей, представляющих собой небольшие временные/частотные отрезки, а пользовательские терминалы (А, В, ..., Х) выбирают область, указанную в СПИ во избежание столкновения запросов,

пользовательский терминал (А, В, ..., Х) передает сообщение опроса, используя выбранную область,

и

если такое сообщение опроса получено головным узлом (1), пользовательский терминал (А, В, ..., Х) впоследствии получит СПИ, предоставляющее интервалы, а если такое сообщение не будет получено, пользовательский терминал (А, В, ..., Х) должен будет ожидать получения нового опросного СПИ, тем не

менее, если получено СПИ для передачи СЗР, пользовательский терминал (А, В, ..., Х) в течение названного интервала передаст такое СЗР, в котором помимо запроса на передачу данных предпочтительно указывается объем информации, которую требуется передать, приоритетность, требуемое КО, способ декодирования такой информации головным узлом, а также, может ли она быть использована для оптимизации алгоритма предоставления интервалов арбитратором (5), в случае обнаружения головным узлом (1) столкновения он использует алгоритм разрешения такого столкновения или будет ожидать поступления от пользовательских терминалов (А, В, ..., Х) соответствующих запросов, переданных в течение другого интервала для передачи СЗР и интервала опроса, если в очередном СПИ арбитратор (5) не предоставляет интервал для передачи данных.

17. Способ по пп.2, 10 и 16, отличающийся тем, что при передаче информации пользовательский терминал (А, В, ..., Х) подчиняется решениям головного узла (1), касающимся момента передачи, используемых несущих, типа модуляции и других параметров, для чего осуществляются следующие шаги:

по получении запросов на передачу данных от пользовательского терминала (А, В, ..., Х) головной узел предоставляет достаточные временные/частотные интервалы на основе оценки активности, пропускной способности, качества обслуживания и прочих параметров пользовательского терминала (А, В, ..., Х), передавшего запрос, а также в зависимости от отношения сигнал-шум, зафиксированного на каждом подканале, при этом арбитратор (5) для распределения интервалов между пользовательскими терминалами, направившими запросы на передачу данных, использует определенный алгоритм,

при обнаружении пользовательским терминалом (А, В, ..., Х) после демодулирования и декодирования СПИ одного или нескольких предоставленных интервалов такой пользовательский терминал выполняет следующие действия:

проверяет тип каждого из предоставленных интервалов и тип модуляции, которая должна быть использована на каждой несущей в каждом интервале, при этом СПИ должен содержать такую информацию, соответствующую информации, предоставленной арбитратором (5),

вычисляет общее количество битов информации, которое может быть передано (и извлекает данные из памяти), при этом такая информация может представлять собой информационные данные, данные выравнивания, синхронизации, оценки отношения звук/шум или любое иное сочетание такой информации согласно указанию, содержащемуся в СПИ, относящемуся к данному интервалу,

ожидает начального символа в интервале, предоставленном для передачи, и начинает передачу данных с использованием модуляции выбранного типа,

если какой-либо из предоставленных интервалов относится к типу интервалов с временным или частотным разнесением, пользовательский терминал (А, В, ..., Х) должен многократно передать модулированную информацию в безопасной форме (предпочтительно с использованием КФМн) на различных частотах, иными словами, передать информацию на несущей  $k$  и многократно передать на частотах  $k+N$ ,  $k+2N$  и т.д. в зависимости от использованного разнесения и предоставленных несущих, или повторить ее несколько раз в разное время (с временным разнесением),

если интервал относится к интервалу опроса или интервалу для передачи СЗР, осуществляются перечисленные выше действия.

18. Способ по п.1, отличающийся тем, что указанная система МДКУ предусматривает многочастотную кодовую манипуляцию, в случае применения которой в отношении несущих пользовательские терминалы (А, В, ..., Х) в момент передачи данных используют лишь некоторые из несущих в очередности, в каждый данный момент определяющей те несущие частоты, которые могут быть использованы для передачи информации, при этом такая очередность заранее задана и может быть получена методом генерации псевдослучайной последовательности чисел, начальное количество которой содержится в СПИ, а если названная МчКМн используется в отношении подканалов, при помощи такой очередности пользовательскому терминалу (А, В, ..., Х) сообщается о том, какой подканал должен быть использован для передачи в каждый момент времени.

19. Способ по п.3, отличающийся тем, что при декодировании заголовков информационных пакетов, переданных в интервале по восходящему каналу, для повышения вероятности правильного декодирования таких заголовков их моделируют предпочтительно в режиме с низкими требованиями к отношению сигнал-шум при помощи дифференциальной фазовой манипуляции (ДФМн) и/или квадратурной фазовой манипуляции (КФМн) наряду с использованием кодов с исправлением/обнаружением ошибок и частотного разнесения, т.е. передачи одинаковой информации на различных несущих и/или временного разнесения, т.е. передачи одинаковой информации в разное время.

20. Способ по пп.3 и 19, отличающийся тем, что заголовки содержат все необходимые данные, касающиеся соответствующего информационного пакета, такие как данные о типе пакета, использовании частотного и/или временного разнесения, типе модуляции, использованной для модулирования информации из пакета, например, всех несущих, модулированных при помощи КФМн, или всех несущих, модулированных совокупностью, рассчитанной на определенную частоту ошибки в зависимости от отношения сигнал-шум в канале после согласования между головным узлом и каждым пользовательским терминалом, а также, среди прочего, данные об избыточности ПИО-информации (избыточности кода с исправлением/обнаружением ошибок), при помощи которой защищают информацию.

21. Способ по п.3, отличающийся тем, что используется ряд средств максимизации отношения сигнал-шум для всех пользователей без дискриминации кого-либо из них в процессе передачи данных, за счет чего обеспечивается множественный доступ к восходящему каналу при помощи одинакового ОЧУ-символа и одновременная передача множества информационных пакетов по нисходящему каналу, при этом названные средства предусматривают

регулировку подпитки током каждого пользовательского терминала (А, В, ..., Х),  
управление временным окном для каждого пользовательского терминала (А, В, ..., Х),  
регулировку частоты дискретизации, т.е. синхронизацию частот пользовательских терминалов (А, В, ..., Х).

22. Способ по п.21, отличающийся тем, что за счет автоматической регулировки усиления и/или ограничения мощности подпитки током сигналы, поступающие от пользовательских терминалов (А, В, ..., Х), достигают головного узла (1), имея примерно такую же мощность, что дает возможность использовать аналогово-цифровые преобразователи с малым количеством битов без ухудшения отношения сигнал-шум на приеме.

23. Способ по п.21, отличающийся тем, что для управления сигналами, поступающими от множества пользовательских терминалов (А, В, ..., Х) и одновременно достигающими головного узла, используется управление временным окном, т.е. начало всех переданных ОЧУ-символов поступает в одно и то же временное окно головного узла (1), это управление осуществляется за счет

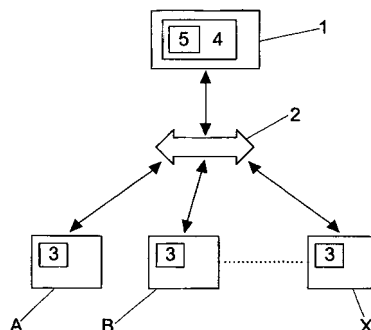
регулировки разомкнутого контура, образующегося на нисходящем канале, при этом такая регулировка представляет собой грубую регулировку временного окна, за счет чего каждый пользовательский терминал (А, В, ..., Х) способен видеть пакеты, поступающие по нисходящему каналу, из которых приблизительно вычисляются импульсы дискретизации, передача которых должна быть задержана/ускорена, таким образом, чтобы они достигали головного узла (1) в оптимальный момент,

регулировки замкнутого контура, образующегося на восходящем канале и нисходящем канале, при помощи СПИ, служащих для точной регулировки временного окна, за счет чего головной узел (1) обнаруживает и сообщает о числе импульсов дискретизации, передачу которых должен задержать/ускорить пользовательский терминал (А, В, ..., Х) до оптимального момента.

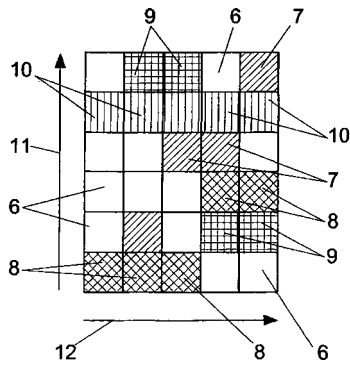
24. Способ по п.21, отличающийся тем, что в процессе регулировки частоты дискретизации и последующей синхронизации каждому пользовательскому терминалу (А, В, ..., Х) становится известна использованная головным узлом (1) частота дискретизации, которую пользовательский терминал затем использует для коррекции передачи данных по восходящему каналу, за счет чего исключается погрешность частоты на приеме, при этом коррекция частоты передачи пользовательских терминалов (А, В, ..., Х) осуществляется за счет

исправления остаточных ошибок на несущих при помощи вращателя, который компенсирует циклический сдвиг каждой несущей (путем умножения каждой несущей на сложную показательную функцию требуемого угла), и

коррекции частоты дискретизации при помощи корректора частоты (который может иметь устройство восстановления дискретизованного сигнала, расположенное в части системы, отвечающей за цифровую обработку, и/или перестраиваемый генератор либо кварцевый генератор, управляемый напряжением, расположенный в части системы, отвечающей за аналоговую обработку), при этом, если соответствующие синхронизирующие импульсы достаточно точны, нет необходимости использовать названный корректор частоты, и достаточно просто осуществлять исправление остаточных ошибок на несущих при помощи указанного вращателя.



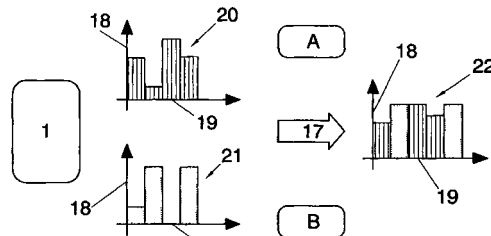
Фиг. 1



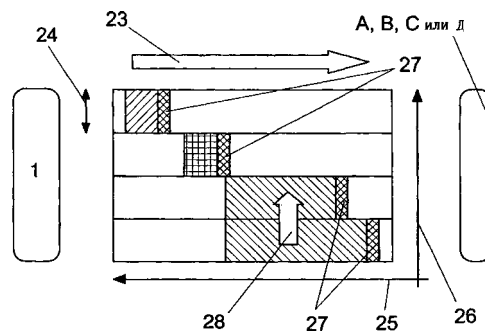
Фиг. 2

13		A		C	
14		A	B	C	
15			B		D
16			B		

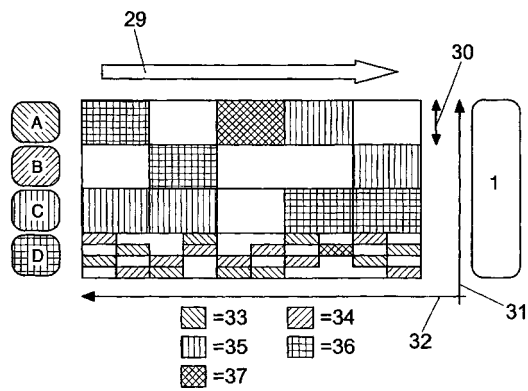
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6