

Область техники

Настоящее изобретение относится к коммуникационным системам, использующим высотные платформы (например, спутники, орбитальные или зафиксированные (привязные) транспортные средства, самолетные платформы, мачты и т.п.), предназначенные, в том числе, для обеспечения ретрансляции с коммутацией и, в особенности, для создания полностью коммутируемой и полностью интерактивной коммуникационной сети с переменной шириной полосы и с высокой пропускной способностью каналов, управляемой с единственной высотной платформы. Система, соответствующая изобретению, представляет собой коммуникационную систему с оптическими перекрестными каналами связи.

Предшествующий уровень техники

Высотные платформы используются для обеспечения радиочастотной связи уже многие годы. Например, повсеместное распространение получили сотовые системы телефонной связи, радиотелефонные системы с базовыми коммутаторами, системы персональной связи, геостационарные спутники и спутники на низких околоземных орбитах, системы радио- и телевизионного вещания. В противоположность этому, системы с широкой полосой частот (в типовом случае 1 МГц) в общем случае ограничены распределительными системами (например, телевидение, системы прямого вещания, включая DSS, системы спутникового телевидения C и Ku диапазона) или ограничены широкополосными двухточечными интерактивными каналами связи между весьма малым числом пунктов (в типовом случае 2), вследствие чего доступ к системе ограничен выбранным малым числом пользователей.

Типовым примером является широкополосная двухточечная система межсетевого сопряжения, в которой пользователь, находящийся в Европе, осуществляет связь с пользователем в Соединенных Штатах Америки через спутник, позиционированный над Атлантическим океаном. Проекция на земную поверхность одного из антенных лучей спутника покрывает пользователя в Европе, а соответствующая проекция второго антенного луча этого спутника покрывает пользователя в США. Такая широкополосная система существует, однако, она ограничена в настоящее время лишь небольшим числом каналов связи.

Некоторые новые «беспроводные» системы (например, системы с использованием спутников на низких околоземных орбитах, такие как Indium, Teledesic, Globalstar) обеспечивают интерактивность в глобальном масштабе, но гарантируют только передачу речевых сигналов и другие узкополосные характеристики, причем их реализация обходится в миллиарды долларов. Типовые коммуникационные системы ограничены малыми значениями ширины полосы

(в типовом случае 10 кГц, что обеспечивает поддержку скорости передачи от 4,8 до 64 кбит/с), поскольку только узкополосные системы могут быть выполнены полностью коммутируемыми для обслуживания большого числа потребителей в полностью интерактивном режиме. Интересным примером конкурирующей коммуникационной системы является телефонная система США, являющаяся «проводной» системой. Она обслуживает 130 миллионов линий с полностью интерактивными (коммутируемыми) каналами при скорости 64 кбит/с (ширина полосы около 10 кГц и менее). Это требует использования свыше 20000 сооружений для реализации коммуникационных центров системы и дополнительных затрат на сумму свыше 200 млрд долларов США на реализацию «проводных» компонентов системы, включая кабели, мачты, здания и т.п.

Поэтому было бы желательным создать коммуникационную систему (или иные системы, обслуживающие большое количество пользователей), которая работала бы с использованием единственной высотной платформы и могла бы обслуживать очень большое количество пользователей, предоставляя каждому из них полностью интерактивное коммутируемое обслуживание с переменной шириной полосы (широкой или узкой, в зависимости от потребностей пользователя). Причем желательно, чтобы реализация такой системы основывалась на экономичном, малогабаритном и высокоэффективном коммутаторе, имеющем возможность работы с цифровыми или аналоговыми сигналами с использованием различных схем множественного доступа. Применение акустооптических устройств, таких как «ячейка Брэгга» и уникальных оптических средств коммутации для создания коммуникационных систем, отличающихся широкой полосой и высокой пропускной способностью, при использовании единственной высотной платформы, до сих пор не предлагалось, насколько это известно автору настоящего изобретения.

Сущность изобретения

Задачей настоящего изобретения является создание экономичного, малогабаритного и высокоэффективного коммутатора, обеспечивающего возможность обработки цифровых и аналоговых сигналов при использовании различных схем множественного доступа, в качестве составного компонента системы связи, использующей высотную платформу, который не имеет вышеуказанных недостатков.

Более конкретной задачей изобретения является создание системы, которая объединяет большое число антенных лучей (например, от 10 до 4000), каждый из которых перекрывает отдельный географический сектор, с новой системой оптической обработки и коммутации, основанной на использовании технологии ячеек Брэгга. (Термины «луч» и «сектор» в настоящем

изобретении служат для обозначения одного и того же назначения: оба они относятся к отдельным географическим зонам обслуживания, перекрываемым диаграммой излучения одной или более антенн). Путем фокусировки оптических каналов, полученных из различных лучей, на оптически сопряженной ячейке Брэгга частотное содержимое оптических каналов можно пространственно распределить на множество отдельных частотных полос. Путем соответствующего расщепления (например, дублирования или воспроизведения) пространственно разделенных оптических каналов для создания дублирующего множества пространственно разнесенных оптических каналов и рекомбинации двух пространственно разнесенных множеств оптических каналов вдоль диагоналей, каждый входящий луч, поступающий в систему коммутации, может получить доступ к каждому исходящему лучу, который выходит из системы коммутации, путем первоначального выбора надлежащей частоты восходящей линии связи. (Термином «частота восходящей линии связи» обозначена частота передачи терминала, являющегося источником, пытающегося установить связь с терминалом, являющимся местом назначения (адресатом), посредством системы коммутации). Это могло бы, например, обеспечить одновременную полную коммутацию одного миллиона сигналов с полосой 1 МГц (например, широкополосных сжатых видеосигналов движущегося изображения) для большого количества пользователей, тем самым обеспечивая с использованием одного спутника полностью интерактивную видеосеть, обеспечивающую поддержку той же самой базы потребителей, что и в глобальной телефонной системе США.

Задачей изобретения в предпочтительном варианте его осуществления также является создание коммутатора, обеспечивающего обработку сигналов в широких полосах каналов. Ширина полосы, обеспечиваемая настоящим изобретением, составит 100-кратное значение по сравнению с шириной полосы, выделяемой каждому пользователю дорогостоящих систем с использованием спутников на низких околоземных орбитах, при этом при использовании одной высотной платформы обеспечивается одновременное обслуживание свыше 100-кратного числа пользователей, по сравнению с тем числом пользователей, которое обслуживалось вышеуказанными известными системами с использованием от 66 до 840 спутников.

Еще одной задачей настоящего изобретения является создание экономичной малогабаритной коммутационной системы в качестве составной части беспроводной коммуникационной системы. Поскольку система, соответствующая изобретению, требует только одной высотной платформы, стоимость системы, соответствующей изобретению, относительно низка

по сравнению с сопоставимыми системами, такими как использующие спутники на низких околоземных орбитах, когда требуются десятки спутников, или сотовые телефонные сети, требующие тысяч мачт для обеспечения коммуникаций. Основные внутренние компоненты системы, соответствующей изобретению, включают $1 \times N$ матрицу лазерных диодов, $1 \times N$ матрицу детекторов, одну кварцевую ячейку Брэгга и небольшое количество линз и зеркал. Это позволяет снизить вес системы до нескольких фунтов для базового блока коммутации и приспособить блок коммутации для применения на различных высотных платформах, включая спутники, орбитальные или привязанные транспортные средства, самолетные платформы, мачты и т.п.

Еще одной задачей изобретения в его предпочтительном варианте осуществления является распределение большого количества антенных лучей, каждый из которых обеспечивает обслуживание пользователей в отдельных географических секторах, причем каждый из лучей обеспечивает обслуживание множества пользователей. Коммутационная система с оптическими перекрестными каналами обеспечивает одновременное формирование, например, от 10 до 4000 лучей (базовый вариант предусматривает 1000 таких лучей, создаваемых с геостационарного спутника, для обеспечения перекрытия области, соответствующей по размерам территории США). Поскольку зона действия (определяемая проекцией на земной поверхности) каждого луча перекрывается не существенно, то появляется возможность повторно использовать полный спектр в каждом луче, если для излучения отдельных лучей обеспечена надлежащая развязка (например, развязка по поляризации, по пространству и т.п.). Имеется возможность обслуживания до 1000 потребителей на луч (1 МГц на канал при полной ширине полосы 1000 МГц), что позволяет одновременно использовать систему примерно одним миллионом пользователей. Полное число пользователей на луч ограничено схемой множественного доступа и требованиями по ширине полосы для каждого пользователя. Хотя настоящее изобретение совместимо с самыми различными схемами множественного доступа и распределения полосы частот, настоящее изобретение не ограничивается, не требует и не совершенствуется путем применения какого-либо одного конкретного сигнального протокола.

Задачей изобретения в его предпочтительном варианте осуществления является также обеспечение коммутации, например, одного миллиона входящих каналов по отношению к одному миллиону исходящих каналов. Как упомянуто выше, современная система телефонной связи требует возведения свыше 20000 сооружений для обеспечения коммутации указанного числа аудиоканалов с намного меньшей шири-

ной полосы. Кроме того, настоящее изобретение обеспечивает коммутацию указанного числа намного более широкополосных видеоканалов (например, 1 МГц) с использованием сравнительно малого числа высотных платформ (например, спутника).

Кроме того, задачей изобретения в предпочтительном варианте его осуществления является обеспечение применения в системе широко распространенных компонентов. Устройства, требуемые для выполнения функции коммутации в настоящем изобретении (т.е. $1 \times N$ матрица лазерных диодов, $1 \times N$ матрица детекторов, ячейка Брэгга и различные фокусирующие линзы и зеркала), являются широко распространенными компонентами.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения каждое наземное пользовательское устройство выбирает частоту, которая соответствует частоте, выделенной абоненту, с которым данный пользователь желает установить связь (т.е. выбирает или кодирует частоту). Наземный терминал затем передает сигнал соответствующему абоненту на указанной выбранной частоте. Антенна на высотной платформе, которая обслуживает этого пользователя, будет принимать переданный сигнал в пределах ее луча, а также сигналов всех других пользователей, одновременно осуществляющих связь с использованием того же самого антенного луча. На высотной платформе каждый луч, который содержит все эти частоты, используется для модуляции лазерного диода, который затем облучает ячейку Брэгга, использующую акустооптический материал (подобный кварцу) с активным возбуждением. Оптический сигнал будет затем отражаться или проходить через акустооптический материал и преломляться под разными углами для различных частот. Кроме того, частотные полосы в пределах каждого оптического канала будут пространственно разнесены, в зависимости от их частот модуляции. Каждая пространственно разнесенная дискретная полоса частот создает оптический каналный элемент. Энергия, принятая от каждого из других лучей, аналогичным образом преобразуется в оптические каналы и одновременно фокусируется в отдельных точках ячейки Брэгга, причем каждый оптический канал преобразуется в набор дискретных оптических каналных элементов.

Ячейка Брэгга обеспечивает эффективное разложение широкополосных оптических каналов на множество оптических каналов, имеющих разнесенные частоты. После коллимирования линзой и расщепления луча для создания двух существенно идентичных наборов оптических каналных элементов оптические каналные элементы сжимаются вдоль диагонали под 45° в линейную решетку ($1 \times N$) из детекторных диодов так, что каждый детекторный диод комбинирует последовательность однозначно опре-

деленных частот от каждого входного луча. Таким образом, путем выбора соответствующей частоты восходящей линии связи обеспечивается автоматический доступ к выходному каналу и установление канала связи. При установлении обратной линии связи осуществляются те же самые этапы обработки для обеспечения двусторонней связи.

Специальные оптические или электрические каналы могут быть введены дополнительно для передачи большей части частот входящих лучей назад к тому же самому исходящему лучу, поскольку локальные вызовы будут более вероятны, чем вызовы, направляемые в области каких-либо других лучей. Эти внутрилучевые каналы связи по существу шунтируют компоненты коммутатора и направляются непосредственно на выход коммутатора для последующей передачи в назначенный географический сектор.

Изобретение также предусматривает, в случае необходимости, дополнительное использование специальных схем для разделения некоторых или всех каналов на более чем 100 аудиоканалов или для объединения некоторого числа каналов (например, 6) для телевизионных передач высокого разрешения. Кроме того, компоненты коммутатора могут дополняться при необходимости дополнительными схемами для удовлетворения специфических требований отдельных групп пользователей, обслуживаемых системой, соответствующей настоящему изобретению.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1А - обобщенная схема предпочтительного варианта осуществления изобретения, используемого в качестве коммуникационной системы с оптической связью, предназначенной для использования с единственным спутником;

фиг. 1В - обобщенная схема второго варианта осуществления настоящего изобретения в качестве коммуникационной системы с оптической связью, предназначенной для использования с единственной мачтой;

фиг. 2 - детальная схема оптических и электрических средств обработки, используемая в коммуникационной системе с оптической связью;

фиг. 3А, 3В, 3С и 3D - иллюстрации способа, используемого для осуществления сортировки по частоте и циклической рекомбинации для каждого канала на луч;

фиг. 4А, 4В, 4С - иллюстрация сортировки по частоте и циклической рекомбинации для трех случаев $M=N$; $M > N$ и $M < N$;

фиг. 5 - иллюстрация свойства «двойного скачка» при случайной коммутации, используемого дополнительно в первом и втором вариантах осуществления изобретения или в каком-либо другом варианте осуществления изобретения с использованием частотных полос для раз-

личения пользователей, относящихся к различным географическим секторам;

фиг. 6 - иллюстрация внутрилучевых коммуникационных каналов для «локальной» сигнализации, при которой шунтируется обработка с применением коммутации;

фиг. 7А, 7В, 7С - различные варианты многолучевых конфигураций антенных систем, создаваемых в соответствии с изобретением;

фиг. 8 - иллюстрация системы с множеством высотных платформ, которая обеспечивает улучшенную развязку секторов для пользовательских терминалов, использующих множество направленных антенн;

фиг. 9 - обобщенная схема третьего варианта осуществления системы с электронной коммутацией, которая может быть использована на любой высотной платформе, в том числе на спутнике или на мачте;

фиг. 10 - представление коммутационной матрицы, которая определяет частоты, принятые от конкретной входной антенны, электрически связываемые с конкретной выходной антенной.

Детальное описание предпочтительных вариантов осуществления изобретения

На фиг. 1А изображена коммуникационная система с оптической связью, использующая спутник в качестве главной высотной платформы (например, на геостационарной орбите, средневысотной или маловысотной околоземной орбите), соответствующая настоящему изобретению, в которой показаны N лучей, на каждый из которых одновременно приходится M пользователей 1. Ясно, что настоящее изобретение аналогичным образом может быть реализовано с использованием другой высотной платформы, включая фиксированные платформы, самолетные платформы, мачты и т.д. Эти M пользователей могут представлять собой лишь малую долю общего числа потенциальных пользователей в каждом из N лучей 2. Однако поскольку лишь примерно 1% потребителей использует коммуникационную систему в один и тот же момент времени (по средней оценке для США), эти M одновременных пользователей могли бы представлять до $100 \times M$ потенциальных потребителей или терминалов интерактивной видеосистемы, каждый из которых имеет малую антенну, приемопередатчик, видеокамеру и видеодисплей. Более того, при использовании сигнала режима множественного доступа в системе, соответствующей изобретению, пропускная способность для одновременно действующих пользователей системы повысится пропорционально эффективности схемы множественного доступа. Например, упоминавшиеся выше M потребителей фактически смогли бы поддерживать 100 миллионов одновременно действующих пользователей, причем каждый из 1000 лучей обеспечивает поддержку 1000 пользователей, применяющих сигнал режима мно-

жественного доступа, характеризуемый пропускной способностью порядка 100 пользователей на частотный поддиапазон. Вместе с тем настоящее изобретение не зависит от конкретно применяемой схемы множественного доступа. Однако для специалистов в данной области техники должно быть ясно, что заявленное изобретение может быть использовано совместно с многими другими функциональными возможностями крупной коммуникационной системы, в том числе, например, новой схемой множественного доступа или коммерчески используемыми формами сигналов, характеризуемыми большими значениями произведения длительности на полосу частот.

M одновременно действующих потребителей (где M равно от 20 до 4000 и в типовом случае составляет 1000) будут использовать некоторую форму сжатия видеосигнала с низкими потерями для сжатия каждого сигнала в полосу 1 МГц (или ее цифровой эквивалент) для общего количества 1000 сигналов в типовом варианте выполнения. Этим 1000 сигналам, каждый из которых имеет полосу 1 МГц, выделен специфический код (т.е. они кодированы по частоте) для обеспечения различения их одного от другого. Общая ширина полосы для луча занимает частоты от 0,5 до 1 ГГц, в зависимости от специфических параметров сигналов, таких как модуляция, кодирование с обнаружением и исправлением ошибок, протокол сигналов и схема множественного доступа. Терминал, являющийся источником передачи, устанавливает связь с терминалом, являющимся местом назначения, путем передачи сигнала в один из N параллельных приемных лучей (в типовом случае $N=1000$), создаваемых многолучевой приемной антенной системой 3 на геостационарном спутнике (не показан). Коммуникационная система с оптической связью затем будет маршрутизировать сигнал к терминалу, являющемуся местом назначения, в соответствии с настоящим описанием. Как только связь между терминалом, являющимся источником, и терминалом, являющимся местом назначения, установлена, обеспечивается двусторонняя связь путем формирования аналогичного обратного канала.

На спутнике сигналы 1000 лучей, принимаемых приемной антенной системой 3, каждый из которых обеспечивает обслуживание 1000 одновременно действующих пользователей полной ширины полосы, передаются по N каналам электрических сигналов. Сигналы в этих каналах при необходимости соответствующим образом преобразуются с понижением частоты с помощью приемной антенной системы 3 для обеспечения работы электрооптического модулятора 5. Подходящим примером является $1 \times N$ матрица лазерных диодов (например, типовые волоконно-оптические возбудители), однако может использоваться матрица любых устройств модуляции оптического сигнала, которая

обеспечивает формирование N оптических каналов 6, по одному на приемный луч.

N оптических каналов 6, каждый из которых обеспечивает передачу сигналов от M пользователей 1, связаны с устройством разрешения по частоте 7. Устройство разрешения по частоте 7 обеспечивает выделение каждого из сигналов от M пользователей 1 в каждом из N оптических каналов 6 для формирования $N \times M$ оптических каналов 8. $N \times M$ оптических каналов 8 соединены с блоком конкатенации изображения 9 расщепителя луча, который удваивает число $N \times M$ каналов для создания $N \times 2M$ оптических каналов 10 (т.е. оптических канальных элементов), каждый из которых может рассматриваться как оптический канальный элемент. Каналы, выбираемые из $N \times 2M$ оптических каналов 10 (т.е. выбранные оптические канальные элементы) циклически рекомбинируются (реориентируются и группируются) в диагональном оптическом сумматоре 11 соответственно их распределению между отдельными географическими зонами обслуживания. Выходные сигналы оптических каналов 12 затем преобразуются в N электрических сигналов соответствующих каналов 14 посредством формирователя 13 многолучевой диаграммы (например, матрицы диодных детекторов). N электрических сигналов каналов 14 затем после надлежащего сдвига по частоте и усиления используются для питания передающей антенной системы 15, которая содержит N передающих антенн. Ясно, что формирователь многолучевой диаграммы 13 и N каналов электрических сигналов 14 могут быть включены в передающую антенную систему 15. Аналогичным образом N оптических выходных каналов 12, формирователь многолучевой диаграммы 13 и N каналов электрических сигналов 14 могут входить в диагональный оптический сумматор 11.

На фиг. 1В показана блок-схема системы, соответствующей второму предпочтительному варианту осуществления изобретения. Она соответствует системе по фиг. 1А, однако, высотная платформа в данном случае представляет собой мачту, а не спутник. M отдельных пользователей 1, приходящихся на луч (или на сектор; оба эти термина используются в одном и том же смысле), расположены в пределах определенных угловых секторов 16. Работа системы соответствует случаю, описанному выше со ссылками на фиг. 1А. Развязка по отношению к соседним секторам может быть обеспечена за счет либо частотного сдвига, либо по поляризации (например, линейная или круговая) с помощью кода или за счет направленности антенны пользовательского терминала (каждый из этих способов развязки будет описан ниже более подробно).

Обработка, осуществляемая в коммуникационной системе с оптической связью, более детально иллюстрируется с помощью фиг. 2,

фиг. 3А, 3В, 3С и 3D, а также фиг. 4А, 4В и 4С. В предпочтительном варианте приемные антенны 100, составляющие часть приемной антенной системы, принимают кодированные по частоте сигналы, обеспечивающие обслуживание M пользователей 1, приблизительно 1000 на луч (всего N лучей), и преобразуют принятую электромагнитную энергию в электрические сигналы соответствующих N каналов 4. Эти электрические сигналы N каналов 4 и M сигналов, присутствующих в каждом из этих каналов, преобразуются на соответствующую частоту с помощью возбуждателя 105, который возбуждает $1 \times N$ матрицу лазерных диодов 110. N оптических каналов 6 формируются на выходе $1 \times N$ матрицы лазерных диодов 110 (фиг. 3А), причем каждый из N оптических каналов 6 содержит M сигналов, которые имелись в соответствующих N каналах 4 электрических сигналов. На фиг. 2 и фиг. 3А, 3В, 3С и 3D показан предпочтительный вариант осуществления, при котором $M=N$. (Другие варианты, когда M не равно N , будут функционировать аналогичным образом, что более детально будет рассмотрено ниже.) Вариант, когда $M=N$, является предпочтительным, поскольку в обоих случаях входные и выходные сигналы могут использовать одни и те же антенны с помощью частотного дуплексора (частотные дуплексоры известны в антенной технике как средства для обеспечения развязки энергии принимаемого и излучаемого сигналов в системах с общим приемопередатчиком).

Каждый из N оптических выходных сигналов матрицы 110 проходит через цилиндрическую фокусирующую линзу 115, затем через коллимирующую линзу 120 и отражается или проходит через ячейку Брэгга 125 (представляющую собой акустооптическое устройство, широко распространенное и известное в уровне техники), имеющую соответствующий акустический возбудитель 130 (размещенный на соответствующей поверхности ячейки Брэгга 125). Ячейка Брэгга 125 представляет собой акустооптическое устройство, которое при возбуждении формирует пространственно периодические возмущения оптического показателя, распространяющиеся в среде ячейки Брэгга. Каждый оптический канал, имеющий широкополосные частотные составляющие, содержащие M сигналов, взаимодействует с этими возмущениями таким образом, чтобы пространственно разделить M сигналов согласно их частотному содержанию. В свою очередь, каждый из N оптических каналов преобразуется в M оптических каналов, разнесенных по одному измерению, и все N оптических каналов преобразуются в $N \times N$ оптических каналов.

Пространственное разнесение осуществляется благодаря тому, что 3, (%, "%9(45-2(

точная оптическая энергия будет отражаться под другим углом по сравнению с оптической энергией, имеющей более низкую частоту. Ячейка Брэгга 125 создает вторичные максимумы дифракционной оптической решетки из широкополосного оптического сигнала, проходящего через нее. Дифракционные максимумы являются частотно-чувствительными по углу: вторичные дифракционные максимумы на более высоких частотах будут распространяться под менее острым углом, чем вторичные дифракционные максимумы на более низких частотах. Соответственно сигналы от M пользователей на луч становятся пространственно разнесенными в оптическом диапазоне в плоскости, ориентация которой ортогональна направлению распространения для N каналов. Поскольку сигналы для каждого из M пользователей были закодированы с различной частотой, каждый из M сигналов на оптический канал будет выходить из ячейки Брэгга под соответствующим (отличающимся) углом 135, в результате чего будут сформированы всего $N \times M$ оптических каналов 8.

После того как $N \times M$ оптических каналов в достаточной степени разнесены, они преобразуются в параллельные оптические пучки с помощью коллимирующей линзы 140. После коллимирования, полученные в результате дискретные пучки образуют $N \times M$ оптических канальных элементов 159. Эти оптические канальные элементы 159 частично пропускаются и частично отражаются при прохождении через полупрозрачный расщепитель пучка 145 и затем полностью отражаются от зеркала 150 так, чтобы создать две смежные виртуальные матрицы или «сдвоенную виртуальную матрицу». Эта сдвоенная виртуальная матрица 155, как показано на фиг. 3В, содержит частоты от f_1 до F_N и от f_1 до F_N (напомним, что в предпочтительном варианте осуществления $M=N$), повторенные для каждого из исходных N пучков. Таким образом сдвоенная виртуальная матрица 155 содержит всего $N \times 2M$ (или $N \times 2N$) оптических канальных элементов 159, т.е. два по существу идентичных набора $N \times M$ оптических каналов 8, которые выходят из ячейки Брэгга 125. Эта сдвоенная виртуальная матрица 155 является «виртуальной» в том смысле, что она только существует в пространстве и не должна фокусироваться или отображаться на какой-либо поверхности. $N \times 2M$ оптических канальных элементов 159 сдвоенной виртуальной матрицы 155 затем селективно пропускаются через цилиндрическую фокусирующую линзу 160. Поскольку цилиндрическая фокусирующая линза 160 ориентирована под 45 градусов относительно как строк 156, так и столбцов 157 сдвоенной виртуальной матрицы 155, то осуществляется суммирование только оптических канальных элементов 159 на каждой из M диагоналей 158 сдвоенной виртуальной матрицы 155 (т.е. селек-

тивная фокусировка). Более того, цилиндрическая фокусирующая линза суммирует только те оптические канальные элементы 159, которые находятся в пределах одной и той же диагонали 158 сдвоенной виртуальной матрицы 155. Как показано на фиг. 3С, выходные сигналы цилиндрической фокусирующей линзы 160 содержат только одну частотную полосу (которая соответствует одному из исходных M пользователей 1 в конкретном луче) из каждого из исходных N лучей 2. В этом состоит сущность соответствующей изобретению системы коммутации: частота f_1 из луча 1 комбинируется с частотой f_2 из луча 2 и т.д., не требуя преобразования канальных сигналов в базовую полосу и не требуя никакой обработки в коммутационной системе. Более того, терминал, являющийся источником передачи (т.е. один из пользовательских терминалов), и терминал, являющийся местом назначения (другой пользовательский терминал), включают в себя все требуемые средства управления для надлежащей маршрутизации сигналов в системе коммутации.

Действительно, терминалы только должны определить частоту восходящей линии связи, чтобы обеспечить требуемую коммутацию в надлежащий луч или сектор, являющиеся местом назначения. Оптические и электронные средства коммуникационной системы с оптической связью, расположенной на высотной платформе, не требуют никаких электронных средств управления или электронных средств концентрации для обеспечения коммутации сигналов, так как терминал, являющийся источником передачи, сам определяет требуемую коммутацию путем надлежащего выбора частоты передачи (частоты восходящего канала связи). Кроме того, пользователи определяют, каким образом они должны однозначно определенно адресоваться друг к другу; собственно коммутатор не играет никакой роли в дешифрировании адресов.

Каждый из N выходных сигналов 12 цилиндрической фокусирующей линзы 160 фокусируется на соответствующий детектор из $1 \times N$ строк детекторов 165. Выходной сигнал каждого детектора содержит все частоты от f_1 до F_N , но каждая частота получена от различного входного луча, как показано на фиг. 3D. Каждый из N выходных электрических сигналов 14 (не показаны на фиг. 2) с N детекторов преобразуется в соответствующую полосу передачи, усиливается усилителем 170 и используется для возбуждения соответствующей передающей антенны 175, каждый из лучей которой обслуживает одновременно M пользователей.

Таким образом любой пользователь, обслуживаемый в пределах любого из лучей, может контактировать с другим пользователем в любом луче просто путем выбора соответствующей частоты передачи (т.е. частоты восходящего канала). Принимающий пользователь

просто контролирует энергию, содержащуюся в луче принимающего пользователя, на наличие частотной полосы, конкретного поддиапазона, кода, преамбулы или иного средства, предусмотренного протоколом, которое однозначным образом выделено принимающему пользователю. После обнаружения соответствующего параметра принимающей стороной обе стороны могут начать осуществлять видеосвязь в полностью интерактивном режиме.

На фиг. 4А, 4В, 4С показано каким образом осуществляется внутренняя обработка и кодирование в терминале для каждой из трех возможных комбинаций величин M и N : $M=N$ (фиг. 4А); $M>N$ (фиг. 4В); $M<N$ (фиг. 4С). Как показано на фиг. 4А, если $M=N$, то любой поддиапазон (т.е. любая из частотных полос, содержащая N поддиапазонов) в любом луче (из N лучей) может быть направлен в любой выходной луч, и, тем самым, реализуется коммутационная матрица размерами $N \times N$ на $N \times N$.

Если, однако, $M > N$, как показано на фиг. 4В, то имеется больше сигналов M пользователей на луч, что означает, что имеется больше поддиапазонов M , приходящихся на луч, чем лучей, т.е. чем N лучей. В этом случае коммутационная система с оптической связью формирует M выходов, как показано. Каждый выход представляет собой комбинацию трех поддиапазонов из трех входных лучей. Данный случай, путем обобщения, может быть использован в качестве схемы распределения, когда меньшее число каналов источника (например, 10000) могут коммутироваться к любому из одного миллиона пользователей. Случай $M>N$ относится к главной проблеме в приложениях, связанных с «тональным сигналом набора видеовызова», при которых система распределения имеет ограниченные возможности для интерактивного распределения развлекательной информации при наличии множества терминалов, адресуемых в качестве места назначения. С другой стороны, требуются дополнительные передающие антенны (т.е. M антенн) для поддержки каждого выхода.

Для применений, характеризующихся соотношением $M<N$, как показано на фиг. 4С, имеется меньше входов M , т.е. поддиапазонов, приходящихся на луч, чем лучей N . Тем не менее, коммутационная система с оптической связью будет формировать M выходов, как показано на чертеже. Каждый выход будет иметь только 3 поддиапазона, которые могут выбираться из трех из четырех входных лучей. Это похоже на процедуру выбора, когда формируется меньшее число выходов из большего числа потенциальных входов.

В несколько более сложном варианте может быть дополнительно введен режим «двойного скачка», при котором, по меньшей мере, один промежуточный терминал (т.е. пользовательский терминал, обеспечивающий, по мень-

шей мере, передачу, прием и кодирование сигналов, которые должны маршрутизироваться через коммуникационную систему с оптической связью) может использоваться в качестве «интеллектуального» ретранслятора. Как показано на фиг. 5, промежуточный терминал должен использоваться, если, например, терминал А 400 в секторе J (терминал, являющийся источником), пытался установить связь с терминалом В 410 в секторе К (терминал, являющийся местом назначения), но канал 401 в луче, который обслуживает терминал А 400, т.е. канал f_M 401, занят и, таким образом, блокирует осуществление связи между терминалом А 400 и терминалом В 410. При нормальном режиме работы терминал А 400 осуществляет связь непосредственно с терминалом В 410 путем маршрутизации сигналов через систему коммутации, размещенную на высотной платформе. В случае блокировки терминал А 400 обнаружит, что канал 401 занят с использованием своей схемы 450 обнаружения канала (т.е. с использованием любой из множества известных схем обнаружения энергии), и будет повторно кодировать сигнал (т.е. изменять частоту восходящего канала с использованием предварительно определенной схемы кодирования), так что принятый сигнал будет маршрутизироваться через канал 402 в сектор (например, сектор L 420), который был занят не полностью. Повторно кодированный сигнал будет затем маршрутизироваться через дистанционный промежуточный терминал или приемопередатчик (наземную или высотную платформу), т.е. терминал С 430, расположенный в секторе L. Терминал С 430 при этом обнаруживает сигнал, который должен повторно маршрутизироваться и повторно кодироваться (во второй раз), т.е. сигнал, предназначенный для терминала В 410, и передает сигнал по соответствующему каналу f_d 403 к терминалу В 410 через сектор К. Таким образом, если бы канал связи от J-го луча к К-му лучу был использован, то можно было бы осуществлять передачу от J-го луча к приемопередатчику в L-ом луче и от L-го луча к К-му лучу, т.е. с использованием «двойного скачка». Промежуточный терминал может представлять собой наземный терминал или терминал на высотной платформе.

Этот режим «двойного скачка» обеспечивает возможность случайной коммутации, когда любой один из каналов в луче занят или блокирован. Следует ожидать, что лучи, обслуживающие плотно населенные области городов, будут с более высокой вероятностью подвергаться блокированию. И наоборот, лучи, обслуживающие удаленные сельские районы, будут подвергаться блокированию в гораздо меньшей степени и поэтому будут весьма вероятными кандидатами на использование в качестве промежуточных терминалов, необходимых для поддержания в системе режима случайной коммутации или «двойного скачка». Некоторые

другие конфигурации можно было бы использовать в качестве средства поддержки режима «двойного скачка». Например, это можно было бы осуществить с помощью специализированных приемопередатчиков, рассредоточенных во многих слабозагруженных лучах, или можно было бы спроектировать все пользовательские устройства с учетом данного типа обслуживания, когда такое устройство не находится в нормальном режиме его использования.

На фиг. 6 представлена несколько более сложная реализация такой системы, когда коммутационная часть коммуникационной системы с оптической связью (т.е. элементы 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 и 13 на фиг. 6) шунтируется набором из K однозначно определенных по частоте внутрилучевых сигналов, в то время как M дополнительных сигналов, имеющих в каждом из N каналов электрических сигналов, в конечном счете передаются в оптическую часть коммуникационной системы с оптической связью. Эти внутрилучевые сигналы выделяются с помощью K частотно-селективных фильтров 500 из N каналов электрических сигналов и проходят непосредственно в выходные N каналов 14 электрических сигналов, которые соединены с передающей антенной системой 15. Эта особенность построения системы обеспечивает возможность учета большого числа «локальных вызовов» без повышения требований к коммуникационным ресурсам системы. Иными словами, это позволяет осуществлять некомутируемую связь в пределах луча или сектора.

Между N каналами электрических сигналов 4 (входом) и N каналами электрических сигналов 14 (выходом) включены частотно-селективные схемы шунтирования 500. Схемы шунтирования 500 обеспечивают развязку каждого набора из K сигналов однозначно определенных частот относительно M дополнительных сигналов в каждом из N каналов электрических сигналов 4 с использованием обычной технологии полосовой фильтрации. Вся энергия в N каналах электрических сигналов в конечном счете передается к основному средству обработки, реализующему функцию коммутации, для осуществления межлучевой коммутации. Каждый из N выходных оптических каналов 12 с выхода основного средства обработки, реализующего функцию коммутации, соединен со схемами для преобразования сигналов N оптических выходных каналов 12 в электрические сигналы N каналов 14 (например, с набором диодных детекторов). Электрические сигналы N каналов 14 затем объединяются с K сигналами однозначно определенных частот с выхода схем шунтирования 500. N выходных каналов 14, которые будут содержать K "внутрилучевых" сигналов и M "коммутируемых" межлучевых сигналов, будут затем направляться в передающую антенную систему 15 для последующей передачи.

На фиг. 7А и 7В иллюстрируются два способа создания множества антенных лучей при использовании одной антенны, при этом каждый луч ориентирован так, чтобы обеспечивать обслуживание в определенном географическом секторе. На фиг. 7А показана стандартная конфигурация с множеством фидеров и с криволинейным рефлектором, известная как многолучевая антенная система Грегори. В такой антенне набор реальных радиочастотных фидеров 21 расположен в фокальной плоскости криволинейного рефлектора 22, чтобы создать набор лучей 23, которые должны перекрывать большую площадь (например, континентальную территорию США). На фиг. 7В показана радиочастотная линза Лунеберга - технология, использующая диэлектрическую сферу 24, которая имеет переменную диэлектрическую постоянную в функции радиуса, что обеспечивает фокусировку параллельных лучей в точке на удаленной стороне сферы. Если бы M фидеров были расположены в соответствующих точках 25, то M лучей 23 обеспечивали бы перекрытие требуемой площади.

Вышеописанные два типа многолучевых антенн хорошо известны специалистам в данной области техники и не требуют дополнительных пояснений.

Фиг. 7С иллюстрирует третий способ формирования многолучевой диаграммы направленности антенны, каждый из лучей которой перекрывает отдельный географический сектор. Этот третий способ особенно подходит для использования во втором предпочтительном варианте осуществления изобретения с применением высотных платформ наземного базирования, таких как мачты коммуникационных систем, включая мачты, используемые для других целей, таких как активное телевизионное вещание или мачты систем радиовещания. Кольцо отражающих антенн 27 от 3 до 500, предпочтительно 20, смонтировано на мачте 26 так, чтобы обеспечивать перекрытие последовательных угловых секторов 28. Каждая антенна является направленной и имеет главный луч 29, ориентированный в направлении определенного географического сектора. Для специалистов в данной области техники ясно, что множество более дорогостоящих многолучевых антенн могут использоваться вместо любого набора антенн с рефлекторами. Обеспечена пространственная развязка смежных угловых секторов 28, причем дополнительная развязка их по отношению друг к другу может быть обеспечена с использованием чередования поляризации 30 или различных отдельных полос частот 31. Линейная (вертикальная и горизонтальная) или, предпочтительно, чередующиеся виды круговой поляризации 30 могут быть использованы для обеспечения развязки каждого луча от ближайшего к нему соседнего луча. Например, при произвольной схеме нумерации, антенны с нечетными номе-

рами могут использовать правую круговую поляризацию (RHC), а антенны с четными номерами - левую круговую поляризацию (LHC). Развязка по частоте между соседними секторами может быть использована в комбинации с развязкой по поляризации или с независимым способом развязки. Например, было бы предпочтительно, чтобы сектор 1 принимал в полосе частот f_1 и передавал в полосе частот f_2 , в то время как сектор 2 принимал бы в полосе частот f_2 и передавал в полосе частот f_1 31.

Возможным вариантом развязки по частоте может быть осуществление приема и передачи в секторе 1 в полосе f_1 , в то время как ближайшие соседние сектора осуществляют прием и передачу в полосе f_2 , где f_1 и f_2 не перекрываются. Однако это означает неэффективное использование полосы частот.

Еще одним возможным вариантом обеспечения развязки между лучами или секторами было бы распределение кодов между отдельными пользователями. Взаимные помехи между соседними лучами/секторами в таком случае подавляются в схемах детектирования приемника, как это имеет место в различных системах, использующих сигналы с большими произведениями длительности на ширину полосы. Ограничением при данном методе является потенциальная возможность исчерпания числа кодов, которые могут быть использованы.

Еще один способ улучшения развязки между секторами описан ниже со ссылками на фиг. 8. Данный способ обеспечения развязки требует использования множества высотных платформ и направленных антенн пользовательских терминалов. Высотная платформа 700 ведет передачу и прием в пределах множества секторов/лучей, один из которых показан в виде сектора/луча № 1 715. Вторая высотная платформа 705 ведет передачу и прием в пределах множества секторов/лучей, перекрывающих ту же самую географическую территорию, что и первая высотная платформа 700; один из этих секторов/лучей № 2 720 показан на чертеже. Сектор/луч № 1 715 и сектор/луч № 2 720 могут перекрывать одни и те же полосы частот и при этом не создавать взаимных помех. Причина отсутствия взаимных помех в том, что пользовательский терминал (например, 710) использует направленную антенну, которая своим основным лучом 725 перекрывает только одну из высотных платформ 700. Сектор/луч № 1 715 и сектор/луч № 2 720 будут существенно перекрываться, при условии, что они соответственно разнесены (например, на 4° для геостационарных спутников и примерно на 5 миль для мачт). Обеспечиваемая этим методом развязка может быть улучшена за счет дополнительного использования частотного разнесения и/или развязки по поляризации.

Фиг. 9 и 10 иллюстрируют еще один вариант осуществления изобретения, в котором ис-

пользуется электрический эквивалент оптического коммутатора каналов связи. Электрические выходы антенной системы (например, набора N антенн) соответствуют индивидуальным выходам индивидуальных антенн и соответствующим лучам. Сигналы, содержащиеся в каждом луче, поступают от M пользователей, находящихся в пределах луча, причем каждый сигнал различается по полосе частот от f_1 до f_M . Электрические выходные сигналы соответственно усиливаются малошумящим усилителем 205 (который является составной частью антенной системы) и затем проходят через набор из M частотно-селективных (полосовых) фильтров 210. Могут быть использованы другие подходящие способы канализации сигналов, например многоканальный приемник. Набор из M частотно-селективных фильтров 210 обеспечивает электрическую развязку M сигналов, основываясь на их частотном содержании. Каждый сигнал затем передается по электрическим проводникам или иным средствам, используемым для передачи электрических сигналов связи (например, оптико-волоконных линий, оптических каналов, радиочастотных ретрансляторов и т.п.) к одному из набора N устройств суммирования 215, которые хорошо известны в технике. Каждый сигнал передается в соответствии с линиями передачи сигналов, показанными на фиг. 9, как пояснено ниже. В соответствии с фиг. 9, каждое устройство суммирования 215 получает одну частоту в диапазоне от f_1 до f_M от каждого из антенных лучей. Любой терминал, являющийся источником, в пределах любого луча может передать свой сигнал в любой из исходящих лучей, если пользователь выберет соответствующую частоту восходящей линии связи. Более того, поскольку выход каждого устройства суммирования электрически связан с одним из антенных входов через компоненты передающей антенной системы, включая смеситель 220, возбуждаемый гетеродином 225, и усилитель 230, то пользователь может передать сигнал любому другому пользователю путем выбора первоначально соответствующей частоты передачи. Например, как показано на фиг. 8, если пользователь в секторе, перекрываемом антенной 1, желает осуществить связь с пользователем, находящимся в секторе, перекрываемом антенной 3, то пользователь будет передавать сигнал в полосе частот, соответствующей $f_{3,1}$, как показано канальным элементом, обведенным кружком на фиг. 10.

Функциональные возможности, реализующие случайную коммутацию по методу «двойного скачка» могут быть дополнительно использованы в данном варианте осуществления изобретения тем же способом, как было описано выше для других вариантов осуществления изобретения. Такие функциональные возможности «двойного скачка» требуют использования дополнительного дистанционного тер-

минала, который может перенаправлять сигналы в другой сектор.

Аналогичным образом внутрилучевая сигнализация может быть обеспечена тем же путем, как это имеет место в коммутируемой системе оптической связи. В частности, К частотно-селективных фильтров могут быть дополнительно введены в набор фильтров 210 для выделения всех внутрилучевых сигналов. Эти «локальные» сигналы могут затем передаваться непосредственно передающей антенной, предназначенной для обслуживания данного конкретного сектора.

Хотя настоящее изобретение было детально описано со ссылками на предпочтительные варианты осуществления, различные изменения и модификации в пределах объема и сущности изобретения очевидны для специалистов в данной области техники. Таким образом, настоящее изобретение должно рассматриваться как ограниченное только в объеме пунктов формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Двухнаправленная оптическая система коммутации каналов связи, предназначенная для одиночной высотной платформы, обеспечивающая коммутацию большого числа широкополосных каналов, отличающаяся тем, что содержит высотную платформу для размещения оптической системы коммутации каналов связи, приемную антенную систему для приема первого набора из N лучей, каждый из которых обслуживает M пользователей, электрооптический модулятор для формирования первого набора N оптических каналов от соответствующих лучей из упомянутых N лучей, блок разрешения по частоте для распределения каждого канала из первого набора N оптических каналов по одному измерению для формирования первого набора $N \times M$ оптических канальных элементов, блок конкатенации изображения расщепителя луча для удвоения упомянутого первого набора $N \times M$ оптических элементов для формирования существенно идентичного второго набора $N \times M$ оптических канальных элементов, причем первый набор $N \times M$ оптических канальных элементов и смежный с ним второй набор $N \times M$ оптических элементов формируют двоячную виртуальную матрицу, имеющую $N \times 2M$ оптических канальных элементов и M диагоналей, каждая из которых содержит M оптических канальных элементов, диагональный оптический сумматор для объединения указанных M оптических канальных элементов для каждой из M диагоналей с получением N оптических выходов для формирования второго набора N лучей и передающую антенную систему для передачи второго набора N лучей, каждый из которых обеспечивает одновременное обслуживание M пользователей.

2. Система по п.1, отличающаяся тем, что блок разрешения по частоте содержит ячейку Брэгга.

3. Система по п.2, отличающаяся тем, что дополнительно содержит терминал, являющийся источником, и терминал, являющийся местом назначения, причем терминал, являющийся источником, передает сигналы через упомянутую оптическую систему коммутации каналов связи для установления связи с терминалом, являющимся местом назначения, при этом терминал, являющийся источником, и терминал, являющийся местом назначения, содержат электронные средства управления для передачи сигналов через упомянутую оптическую систему коммутации каналов связи.

4. Система по п.3, отличающаяся тем, что упомянутая оптическая система коммутации каналов связи выполнена с возможностью передачи широкополосных сигналов от терминала, являющегося источником, до терминала, являющегося местом назначения.

5. Система по п.3, отличающаяся тем, что упомянутая оптическая система коммутации каналов связи выполнена с возможностью передачи множества сигналов в пределах каждого поддиапазона, используемых для обслуживания дополнительных пользователей.

6. Система по п.2, отличающаяся тем, что блок разрешения по частоте дополнительно содержит коллимирующую линзу, размещенную между ячейкой Брэгга и блоком конкатенации изображения расщепителя луча, при этом коллимирующая линза обеспечивает коллимирование упомянутых $N \times M$ оптических канальных элементов.

7. Система по п.2, отличающаяся тем, что блок конкатенации изображения расщепителя луча содержит расщепитель луча для расщепления каждого из оптических канальных элементов первого множества $N \times M$ оптических канальных элементов для формирования второго набора $N \times M$ оптических канальных элементов и зеркало, размещенное между расщепителем луча и двоячной виртуальной матрицей, предназначенное для отражения второго набора $N \times M$ оптических канальных элементов для формирования первой $N \times M$ виртуальной матрицы рядом с второй $N \times M$ виртуальной матрицей, причем указанные первая $N \times M$ виртуальная матрица и вторая $N \times M$ виртуальная матрица образуют упомянутую двоячную виртуальную матрицу.

8. Система по п.2, отличающаяся тем, что диагональный оптический сумматор содержит цилиндрическую фокусирующую линзу, размещенную между упомянутой двоячной виртуальной матрицей и передающей антенной системой и предназначенную для объединения M оптических канальных элементов упомянутых M диагоналей для формирования N оптических выходных каналов, причем диагональный опти-

ческий сумматор дополнительно содержит формирователь многолучевой диаграммы для преобразования N оптических выходных каналов в упомянутый второй набор N лучей.

9. Система по п.2, отличающаяся тем, что в качестве высотной платформы использован спутник.

10. Система по п.2, отличающаяся тем, что в качестве высотной платформы использована наземная мачта.

11. Система по п.2, отличающаяся тем, что дополнительно содержит терминал, являющийся источником, терминал, являющийся местом назначения, и промежуточный терминал, при этом терминал, являющийся источником, обеспечивает повторное кодирование сигнала для его маршрутизации через промежуточный терминал к терминалу, являющемуся местом назначения, в случае, когда конкретный канал, который выбран в соответствии с предварительно определенной схемой кодирования, занят.

12. Система по п.11, отличающаяся тем, что терминал, являющийся источником, содержит средство обнаружения для обнаружения занятого канала и повторного кодирования упомянутых сигналов с предварительно определенным кодом, если обнаружен указанный занятый канал, а промежуточный терминал содержит средство детектирования для детектирования указанного предварительно определенного кода и повторной маршрутизации указанных сигналов, кодированных упомянутым предварительно определенным кодом.

13. Система по п.11, отличающаяся тем, что промежуточный терминал представляет собой высотную платформу.

14. Система по п.1, отличающаяся тем, что упомянутые широкополосные каналы представляют собой однонаправленные распределенные каналы видеобслуживания, выбираемые упомянутыми M пользователями.

15. Система по п.1, отличающаяся тем, что приемная антенная система и передающая антенная система содержат набор направленных антенн, причем упомянутые антенны используют чередующуюся поляризацию для увеличения развязки.

16. Система по п.1, отличающаяся тем, что развязка для упомянутых N лучей дополнительно обеспечена за счет использования частотного разнесения между смежными лучами из указанных N лучей.

17. Система по п.1, отличающаяся тем, что развязка для упомянутых лучей дополнительно обеспечена за счет использования, по меньшей мере, второй высотной платформы, причем упомянутая высотная платформа и указанная вторая высотная платформа охватывают перекрывающиеся сектора, терминал, являющийся источником, и терминал, являющийся местом назначения, при этом каждый из терминалов использует направленную антенну, которая

обеспечивает пространственную развязку одной из упомянутых высотных платформ.

18. Система по п.1, отличающаяся тем, что содержит схему шунтирования для выделения набора выбранных внутрилучевых сигналов из упомянутого первого набора N лучей, причем упомянутые внутрилучевые сигналы передаются непосредственно ко второму набору N лучей для передачи их передающей антенной системой.

19. Система по п.1, отличающаяся тем, что приемная антенная система предназначена для приема N лучей, причем чередующиеся лучи из указанных N лучей чередуют частоту передачи и частоту приема для повышения развязки между лучами.

20. Двухнаправленная система коммутации каналов связи, предназначенная для одиночной высотной платформы, обеспечивающая коммутацию большого числа широкополосных каналов, отличающаяся тем, что содержит приемную антенную систему для приема первого набора N лучей, каждый из которых обслуживает M пользователей, высотную платформу для размещения системы коммутации каналов связи, набор частотно-селективных фильтров для формирования первого набора N каналов от соответствующих N лучей, причем каждый канал из первого набора N каналов содержит M сигналов, разнесенных по частоте, набор суммирующих устройств для формирования второго набора N каналов, каждый из которых содержит M сигналов, причем каждый из M сигналов соответствует одному из сигналов упомянутого первого набора N каналов, средство передачи для направления указанных M сигналов из каждого канала первого набора N каналов на суммирующее устройство и передающую антенную систему для преобразования указанных N каналов в упомянутый второй набор N лучей и передачи второго набора из N лучей, обеспечивающих одновременное обслуживание M пользователей.

21. Система по п.20, отличающаяся тем, что содержит терминал, являющийся источником, и терминал, являющийся местом назначения, причем терминал, являющийся источником, передает сигналы через упомянутую систему коммутации каналов связи для установления связи с терминалом, являющимся местом назначения, при этом терминал, являющийся источником, и терминал, являющийся местом назначения, содержат электронные средства управления для передачи сигналов через упомянутую систему коммутации каналов связи.

22. Система по п.21, отличающаяся тем, что упомянутая оптическая система коммутации каналов связи выполнена с возможностью передачи широкополосных сигналов от терминала, являющегося источником, до терминала, являющегося местом назначения.

23. Система по п.21, отличающаяся тем, что упомянутые приемная антенная система и передающая антенная система содержат набор направленных антенн, каждая из которых имеет лучи, ориентированные для обеспечения обслуживания отдельного географического сектора.

24. Система по п.21, отличающаяся тем, что упомянутые сигналы включают в себя множество сигналов в пределах каждого поддиапазона, предназначенные для обслуживания дополнительных пользователей.

25. Система по п.21, отличающаяся тем, что терминал, являющийся источником, содержит средство обнаружения для обнаружения занятого канала и повторного кодирования упомянутых сигналов с предварительно определенным кодом, если обнаружен указанный занятый канал, а промежуточный терминал содержит средство детектирования для детектирования указанного предварительно определенного кода и повторной маршрутизации указанных сигналов, кодированных упомянутым предварительно определенным кодом.

26. Система по п.21, отличающаяся тем, что указанная высотная платформа представляет собой спутник.

27. Система по п.21, отличающаяся тем, что указанная высотная платформа представляет собой наземную мачту.

28. Система по п.21, отличающаяся тем, что развязка упомянутых лучей дополнительно обеспечена за счет использования, по меньшей мере, второй высотной платформы, причем упомянутая высотная платформа и указанная вторая высотная платформа охватывают перекрывающиеся сектора, терминал, являющийся источником, и терминал, являющийся местом назначения, причем каждый из терминалов использует направленную антенну, которая обеспечивает пространственную развязку одной из упомянутых высотных платформ.

29. Система по п.20, отличающаяся тем, что развязка упомянутых лучей дополнительно обеспечена за счет использования чередующимися лучами энергии с чередующейся поляризацией.

30. Система по п.20, отличающаяся тем, что развязка для упомянутых лучей дополнительно обеспечена за счет использования частотного разнесения между смежными лучами из указанных лучей.

31. Система по п.20, отличающаяся тем, что упомянутые широкополосные каналы представляют собой однонаправленные распределенные каналы видеообслуживания, выбираемые упомянутыми M пользователями.

32. Система по п.20, отличающаяся тем, что дополнительно содержит терминал, являющийся источником, терминал, являющийся местом назначения, и промежуточный терминал, при этом терминал, являющийся источником, обеспечивает повторное кодирование сигнала

для его маршрутизации через промежуточный терминал к терминалу, являющемуся местом назначения, в случае, когда конкретный канал, который выбран в соответствии с предварительно определенной схемой кодирования, занят.

33. Система по п.32, отличающаяся тем, что упомянутый промежуточный терминал представляет собой высотную платформу.

34. Система по п.20, отличающаяся тем, что содержит схему шунтирования для выделения набора выбранных внутрилучевых сигналов из упомянутого первого набора N лучей, причем упомянутые внутрилучевые сигналы передаются непосредственно к второму набору N лучей для передачи их передающей антенной системой.

35. Двухнаправленная оптическая система коммутации каналов связи, предназначенная для одиночной высотной платформы, обеспечивающая коммутацию большого числа широкополосных каналов, отличающаяся тем, что содержит высотную платформу для размещения оптической системы коммутации каналов связи, средство для приема первого набора N лучей, каждый из которых обслуживает M пользователей, средство формирования оптических каналов для формирования первого набора N оптических каналов от соответствующих лучей из упомянутых N лучей, средство распределения для распределения каждого канала из первого набора N оптических каналов по одному измерению для формирования первого набора $N \times M$ оптических канальных элементов, средство дублирования $N \times M$ оптических канальных элементов для дублирования упомянутого первого набора $N \times M$ оптических канальных элементов для формирования существенно идентичного второго набора $N \times M$ оптических канальных элементов, причем указанный первый набор $N \times M$ оптических канальных элементов и упомянутый второй набор $N \times M$ оптических канальных элементов размещены с возможностью формирования сдвоенной виртуальной матрицы, имеющей $N \times 2M$ оптических канальных элементов и M диагоналей, каждая из которых содержит M оптических канальных элементов, средство селективной фокусировки для объединения указанных M оптических канальных элементов для каждой из M диагоналей с формированием второго набора N лучей и передающее средство для передачи указанного второго набора N лучей, каждый из которых обеспечивает одновременное обслуживание M пользователей.

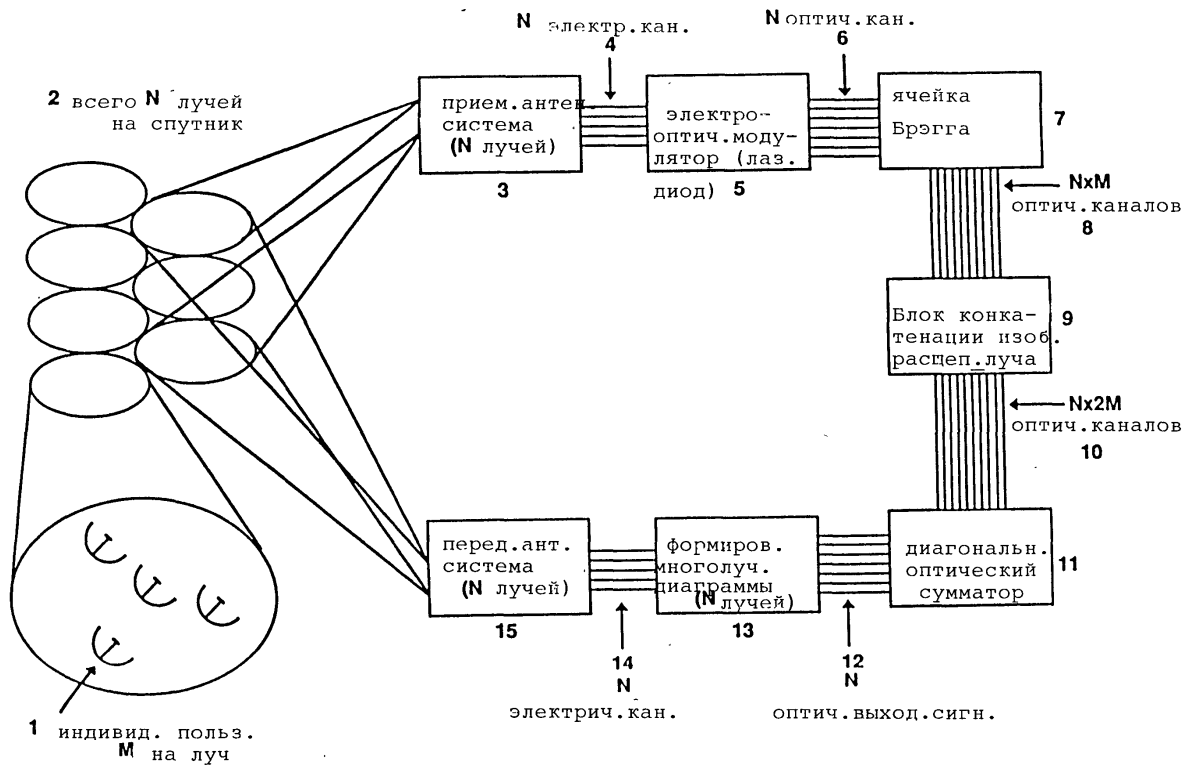
36. Система по п.35, отличающаяся тем, что упомянутое средство распределения содержит ячейку Брэгга.

37. Система по п.36, отличающаяся тем, что дополнительно содержит терминал, являющийся источником, и терминал, являющийся местом назначения, причем терминал, являющийся источником, передает сигналы через упомянутую оптическую систему коммутации

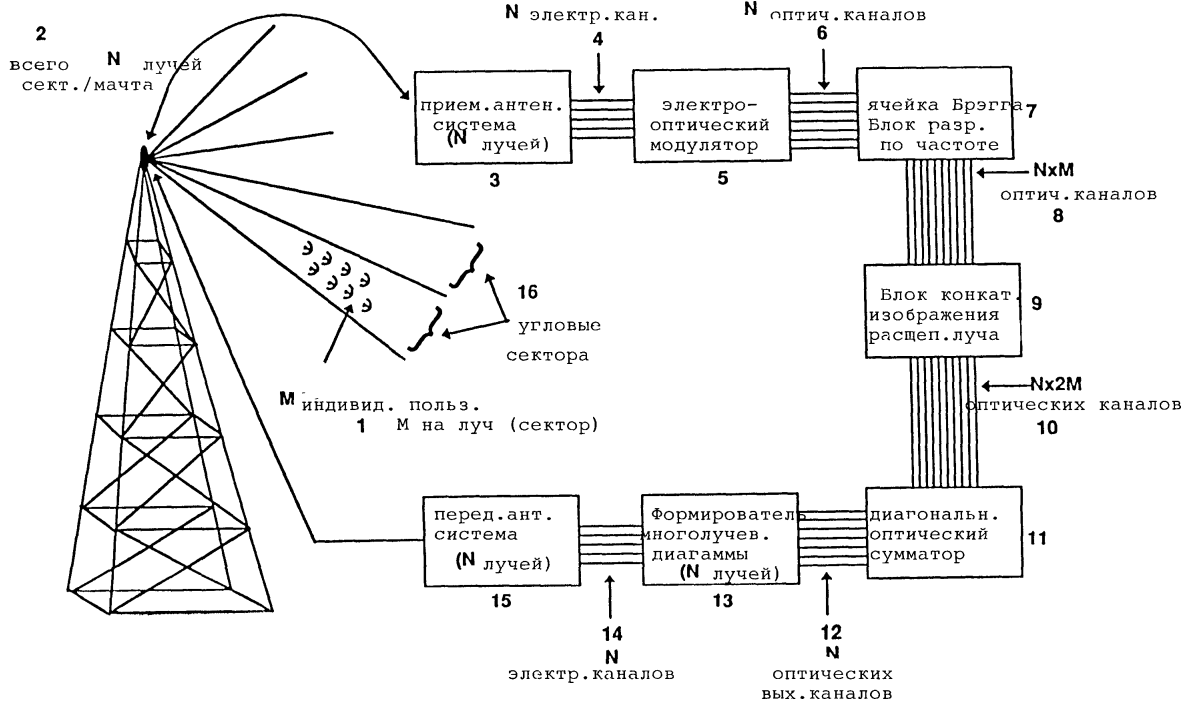
каналов связи для установления связи с терминалом, являющимся местом назначения, при этом терминал, являющийся источником, и терминал, являющийся местом назначения, содержат электронные средства управления для передачи сигналов через упомянутую оптическую систему коммутации каналов связи.

38. Способ одновременной коммутации широкополосных сигналов первого множества M пользователей в каждом из лучей первого набора N лучей к любому из второго множества M пользователей во втором наборе N лучей, отличающийся тем, что включает этапы приема первого набора N лучей, каждый из которых обслуживает M пользователей, преобразования каждого из N лучей электромагнитной энергии в N электрических каналов, преобразования указанных N электрических каналов в первый набор N оптических каналов, фокусировки упомя-

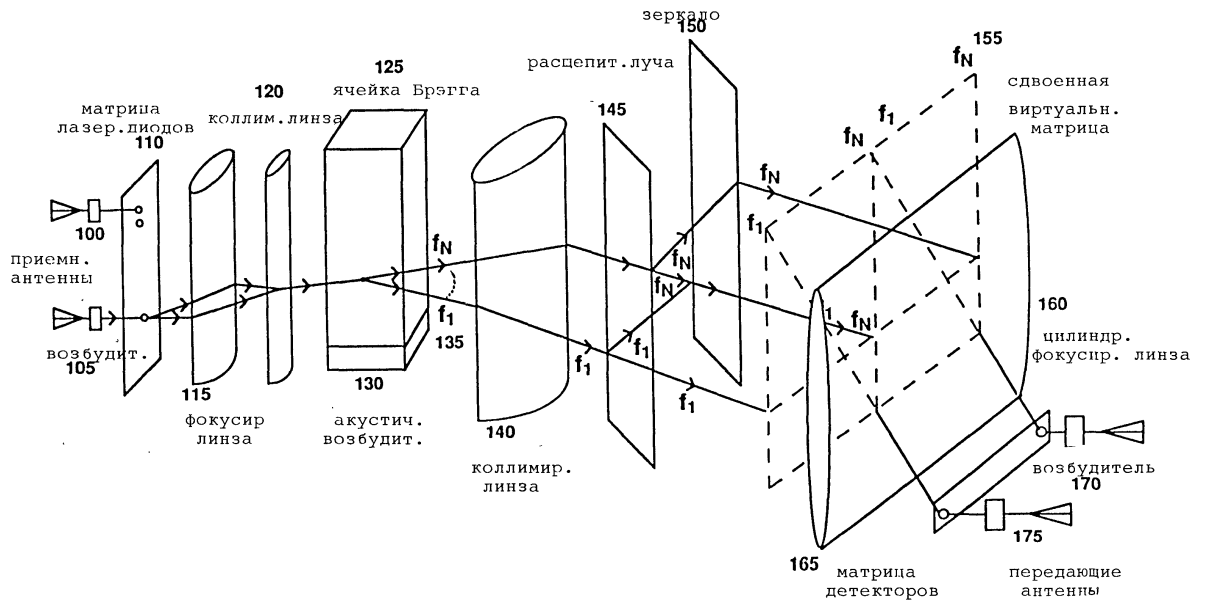
нутых N оптических каналов, коллимирования первого набора N оптических каналов, фокусировки N оптических каналов на ячейку Брэгга, преобразования N оптических каналов в $N \times M$ оптических каналов, коллимирования $N \times M$ оптических каналов, дублирования $N \times M$ оптических каналов для формирования сдвоенной виртуальной матрицы, имеющей $N \times 2M$ оптических канальных элементов и M диагоналей, каждая из которых содержит M оптических канальных элементов, объединения M оптических канальных элементов каждой из M диагоналей, формирования второго набора N лучей из объединенных M оптических канальных элементов упомянутых M диагоналей и передачи второго набора N лучей для обеспечения обслуживания второго набора M пользователей в каждом из N лучей.



Фиг. 1А



Фиг. 1В



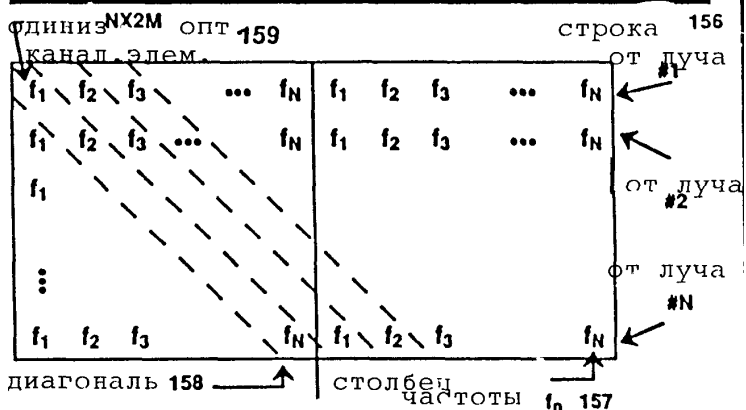
Фиг. 2

матрица лазер.диод. 110

- 0 содерж. $f_1 \rightarrow f_n$ от луча #1
- 0 содерж. $f_1 \rightarrow f_n$ от луча #2
- 0 содерж. $f_1 \rightarrow f_n$ от луча #L
- 0 содерж. $f_1 \rightarrow f_n$ от луча #N

Фиг. 3А

сдвоен. виртуал. матрица 155



Фиг. 3В

матрица после цилиндр. фокус. линзы 160

одна частота от каждого луча
разл. сорт. \rightarrow

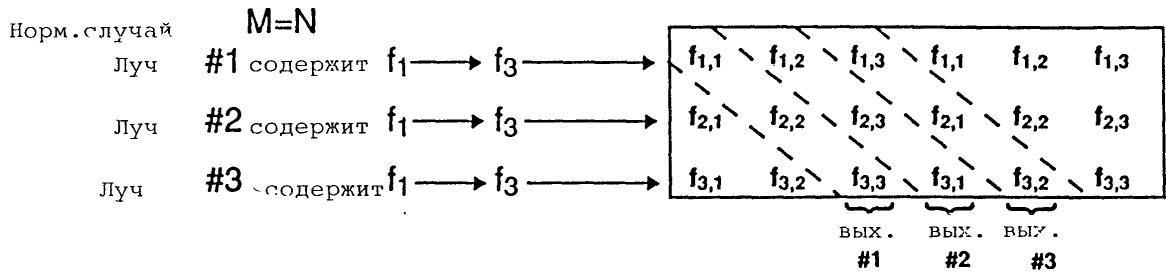
f_1	f_2	f_3	f_4	...	f_N
f_2	f_3	f_4	...	f_N	f_1
f_3	f_4	...	f_N	f_1	f_2
f_4	...	f_N	f_1	f_2	f_3
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
f_N	f_1	f_2

Фиг. 3С

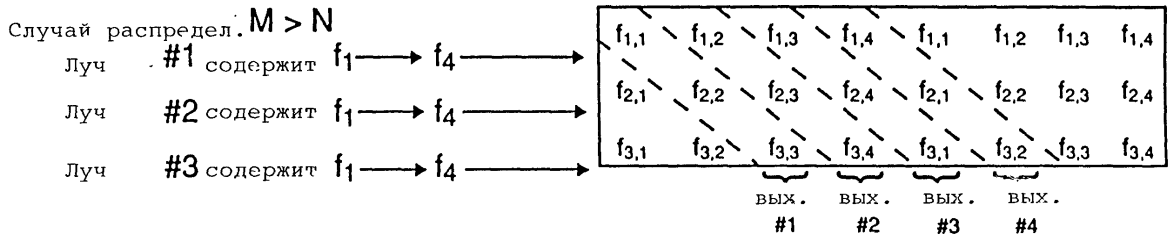
выходная матрица детекторов 165

0	содерж. $f_{1,1}, f_{2,2}, f_{3,3} \dots f_{N,N}$
0	содерж. $f_{2,1}, f_{3,2}, f_{4,3} \dots f_{1,N}$
0	содерж. $f_{3,1}, f_{4,2}, f_{5,3} \dots f_{2,N}$
0	содерж. $f_{N,1}, f_{1,2}, f_{2,3} \dots f_{N-1,N}$

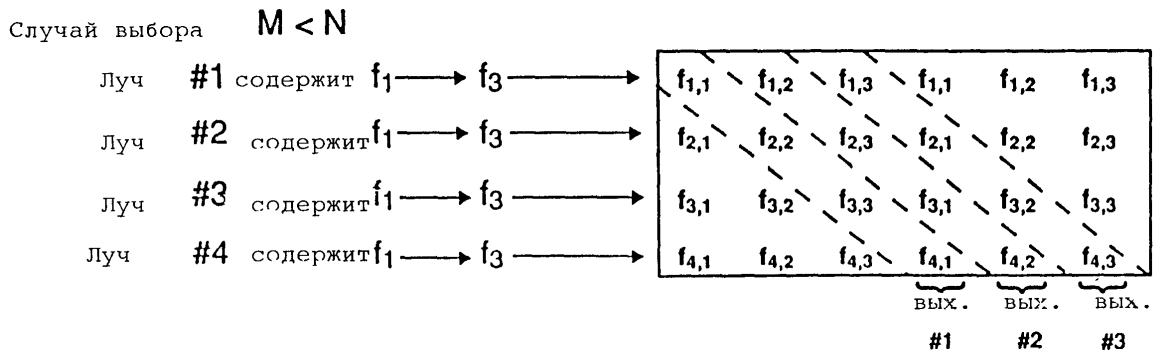
где $f_{j,k}$ - j -ая частота от k -го приемного луча
 Фиг. 3D



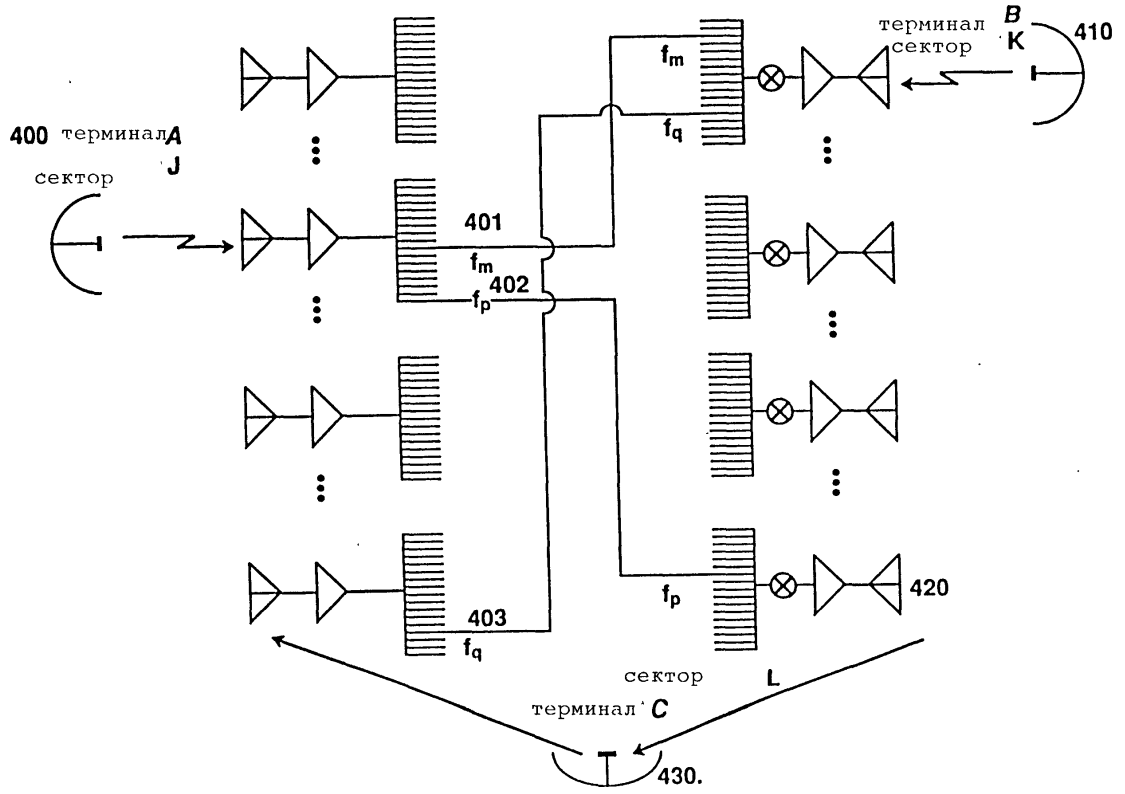
Фиг. 4А



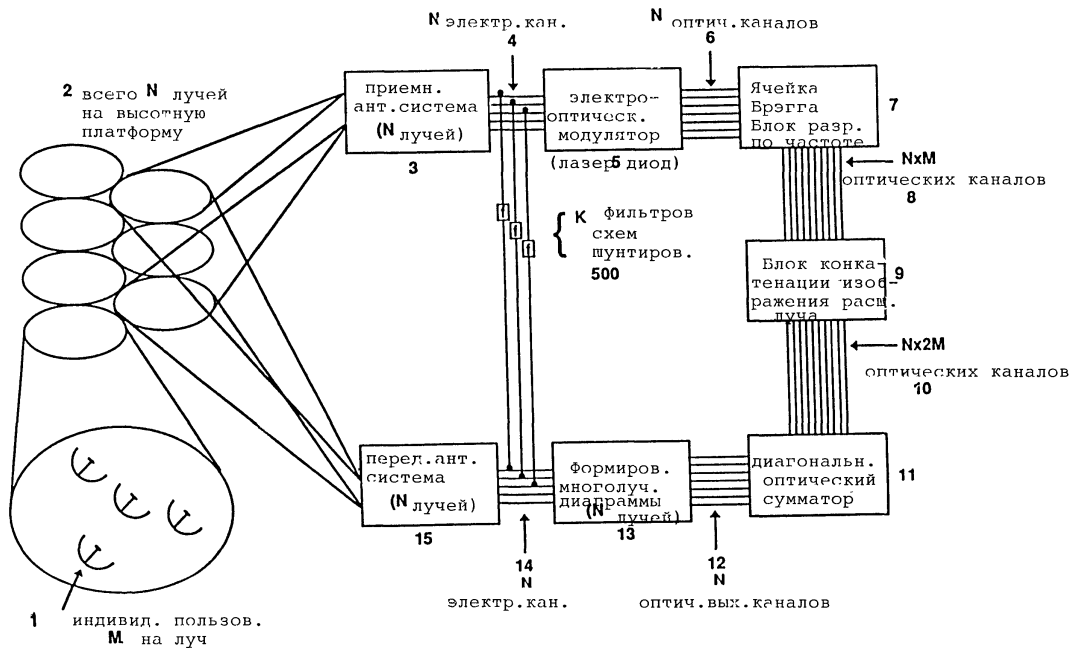
Фиг. 4В



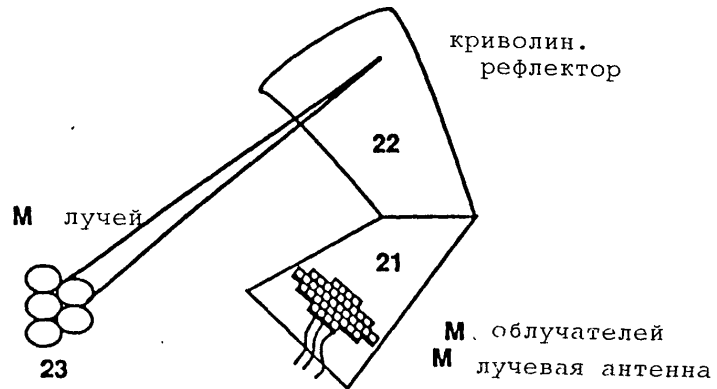
Фиг. 4С



Фиг. 5

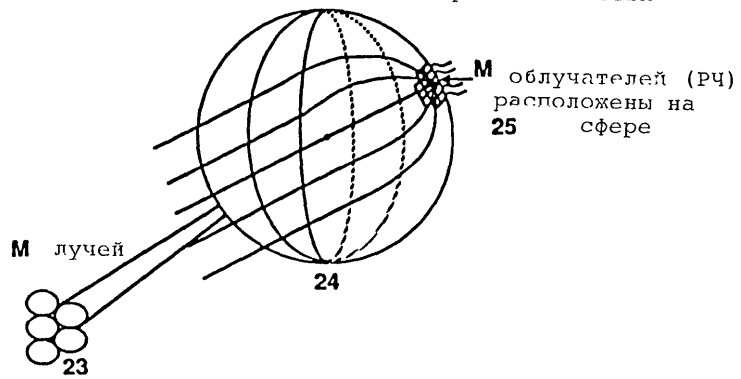


Фиг. 6

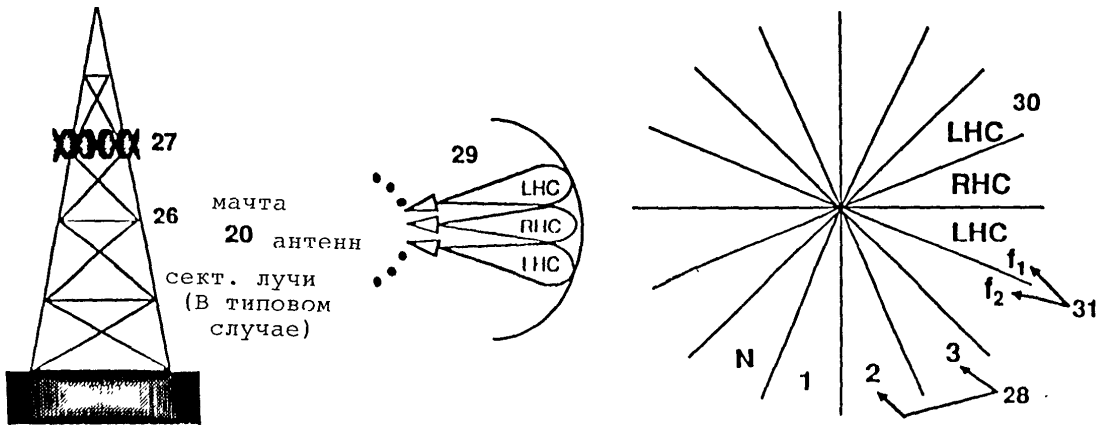


Фиг. 7А

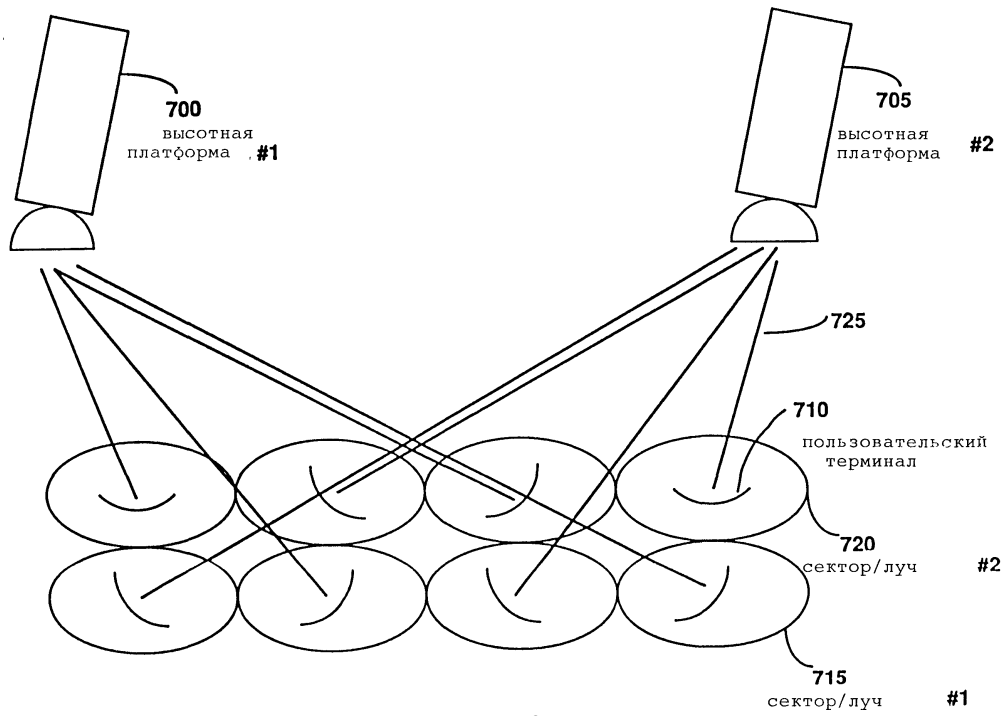
Диэл.линза (сфера) с перем.плотностью



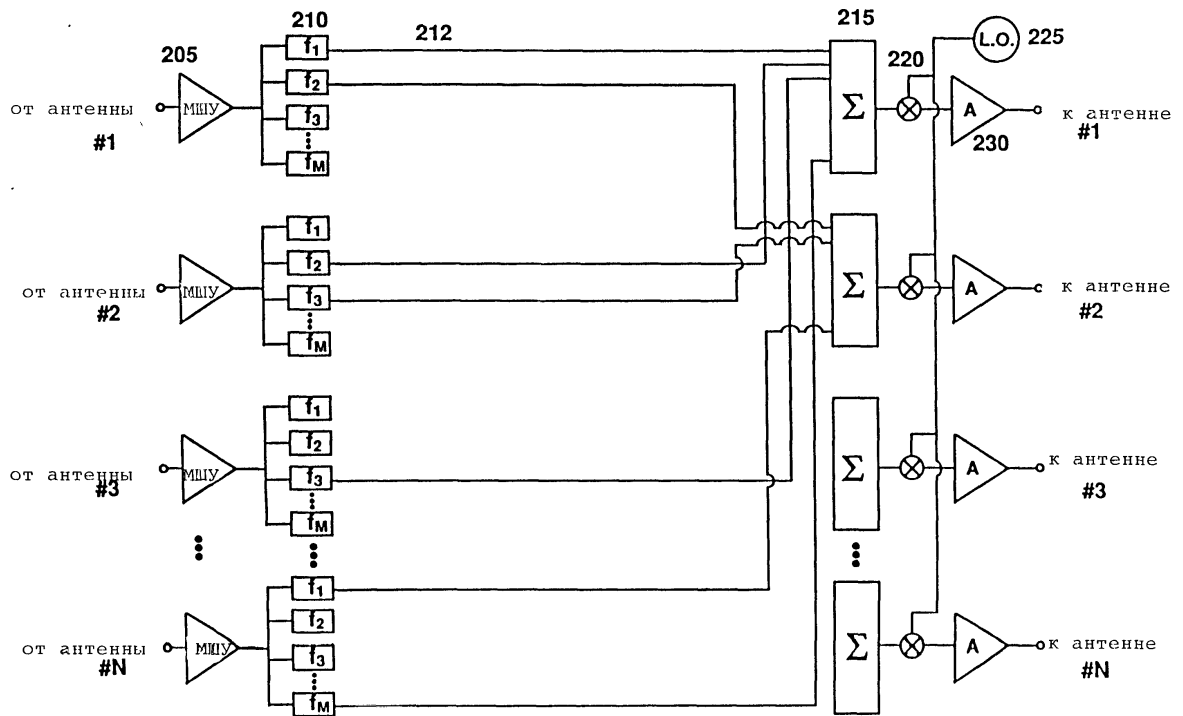
Фиг. 7В



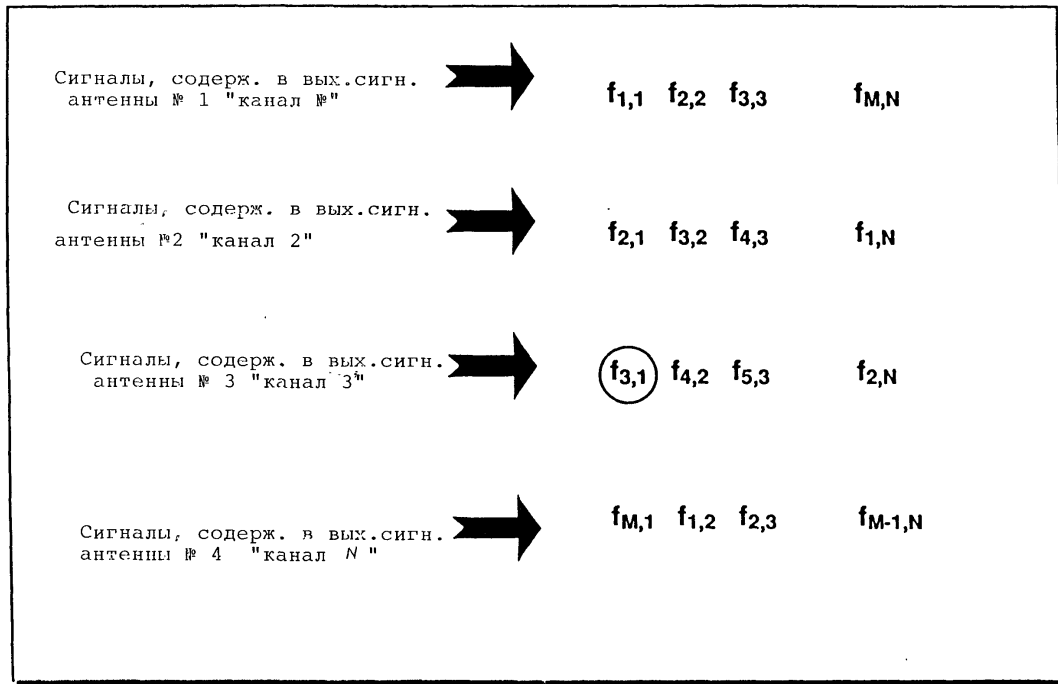
Фиг. 7С



Фиг. 8



Фиг. 9



$f_{j,k}$ - j -ая частота k -ой входной антенны

Фиг. 10

