

Интерактивные телерадиоинформационные системы

В предыдущей статье (Mediasat №2-4) мы рассмотрели общие проблемы, возникающие при проектировании и построении телерадиоинформационных систем, а также, более конкретно, возможности практических решений, в том числе и по выбору оборудования, для перспективных вещательных систем. В данной статье будет отражен переход к собственно телерадиоинформационным системам, имеющим выраженную информационную составляющую, а также методы подготовки и обработки цифровых информационных потоков.

Технология DOCSIS.

Развитие беспроводных телерадиоинформационных систем проходит параллельно с развитием кабельных сетей, которые развиваются опережающими темпами. В крупных городах существуют уже достаточно развитые сети кабельного ТВ (CATV). Подавляющее большинство из них используется как сети ТВ вещания. Поэтому на данном этапе реализация интерактивного режима функционирования очень актуальна как для кабельных, так и для беспроводных сетей, в том числе строящихся, а также уже построенных и используемых.

Для построения новых и модернизации уже существующих кабельных сетей может быть предложена технология DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification). Эта технология позволяет ввести обратный канал для интерактивного обслуживания абонентов в вещательные системы, которые основываются на стандартах DVB. Для того, чтобы сеть CATV могла использоваться в интерактивном режиме, она должна образовывать двунаправленную линию связи между терминалами пользователей и провайдером сервисов.

Таким образом, интерактивная система объединяет прямой канал (нисходящий поток – downstream) и обратный канал (восходящий поток – upstream). Основная концепция состоит в том, что линия связи прямого канала (downstream) используется для одновременной передачи данных ко всем терминалам пользователей. Кроме полезной информации, в прямом канале передается также информация, которая предназначена для управления сетью. Управление сетью имеет целью адаптировать сеть к изменяющемуся количеству активных абонентов, а также обеспечить синхронизацию информации, посылаемой множеством абонентов в направлении головной станции CATV.

В восходящем направлении информация разделена по времени на пакеты соответственно технологии TDMA (Time Division Multichannel Access). Для управления сетью используются дополнительные каналы, вводимые в прямой канал. Один такой канал используется для синхронизации 8-ми обратных каналов, которые имеют пакетную структуру.

Функции управления сетью сосредоточены в модеме базовой станции CATV-CMTS (Cable Modem Termination System). Каждый из абонентов также должен иметь свой модем. Поскольку работа абонентских модемов строго регламентирована со стороны CMTS, такая сеть является бесконфликтной (в отличие, например, от сети Ethernet, которая работает по методу преодоления коллизий).

Передача сообщений прямого и обратного каналов происходит на радиочастотах в разрешенных диапазонах, а именно:

- 70÷130 МГц и 300-862 МГц для прямых каналов;
- 5÷65 МГц – для обратных каналов.

Чтобы избежать проблем с фильтрацией на границах прямого и обратного каналов в двунаправленных линейных усилителях и абонентских модемах, рекомендуется избегать использования в одной и той же сети частот верхнего участка диапазона для обратного канала и нижнего участка – для прямого.

Принцип множественного доступа – FDM/TDM

Схема множественного доступа (частотное и временное мультиплексирование – FDM/TDM) выбирается в зависимости от количества пользователей в одной среде передачи информации. Информация нисходящего (downstream) потока посылается одновременно ко всем пользователям сети. Для того чтобы пользователь мог отделить "свою" информацию от "чужой", каждому пользователю присваивается адрес.

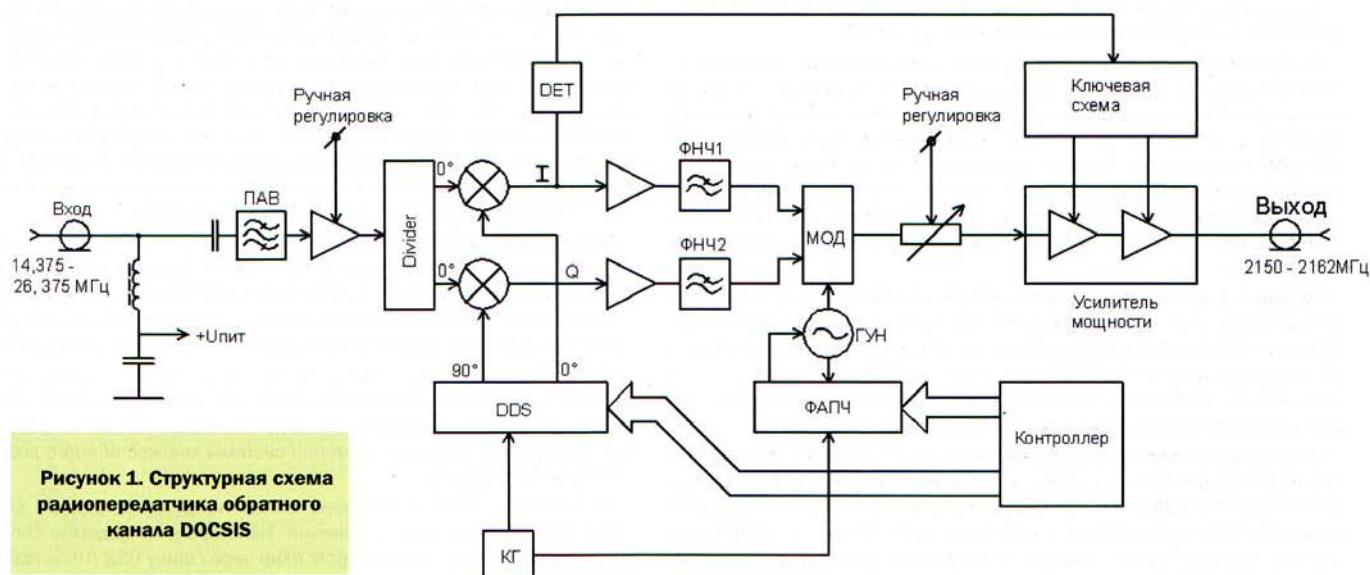
Информация восходящего (upstream) потока может поступать от любого из пользователей сети, и также должна содержать адрес, по которому она идентифицируется в CMTS. Восходящие сообщения и каналы управления в нисходящем направлении разделены на отдельные каналы по 1-2 МГц для нисходящих или 1-2 МГц и 200 КГц – для восходящих каналов. Каждый нисходящий управляющий канал содержит команды для синхронизации по пакетам для 8-ми различных восходящих каналов, частоты которых прописаны в протоколе MAC (Media Access Control) – устройстве управления пакетным режимом. В восходящих каналах информация поступает от пользователей в виде пакетов соответственно технологии TDMA. Это означает, что каждый из частотных каналов является общим для большого числа пользователей. Технология TDMA использует методику слотов, которая требует передачи стартового момента времени и принудительной синхронизации к общему источнику тактовой частоты.

Для интерактивного нисходящего управляющего сигнала, передача которого осуществляется на отдельной частоте, могут использоваться скорости 1,544 или 3,088 Мбит/с, а для нисходящего управляющего сигнала, передаваемого совместно с MPEG-2 TS, скорость должна быть кратной 8 Кбит/с.

Введение интерактивного восходящего канала в вещательную сеть CATV

Если кабельная сеть уже построена и эксплуатируется как сеть вещания, превращение ее в интерактивную сеть может быть сопряжено с трудностями и большими дополнительными затратами, связанными, прежде всего, с заменой линейных усилителей и некоторых пассивных устройств, а иногда и с прокладкой новых кабелей. Многих дополнительных затрат можно избежать, а модернизацию сети сделать более быстрой и безболезненной, если передачу обратных каналов организовать на радиочастотах, а прямой канал по-прежнему передавать по сети CATV. При подобном построении сети радиочастотное оборудование, предназначенное для передачи обратных каналов, может быть аналогично применяемому в интерактивной сети, построенной на основе MMDS (Проект MMDS+DOCSIS будет описан выше).

Радиочастотное оборудование для передачи только обратных каналов DOCSIS может быть значительно упрощено за счет исключения приемной части в абонентском трансивере MMDS. При этом потребуются разра-



ботка радиочастотного передатчика на замену передающей части абонентского трансивера для систем MMDS, о котором речь пойдет выше.

Структурная схема радиопередатчика обратного канала DOCSIS, предлагаемого АОЗТ «РОКС», показана на рисунке 1. В данной разработке мы позаимствовали принцип, используемый фирмой Ericsson в одном из ее семейств PPC. В его основе все тот же принцип двойного преобразования частоты, вот только промежуточная частота выбрана равной нулю (принцип двойного прямого преобразования). Таким образом, передатчик представляет собой комбинацию прямого квадратурного демодулятора на входной частоте (14,375-26,375 МГц) и прямого квадратурного модулятора на выходной частоте (2150-2162 МГц), соединенных между собой по квадратурным составляющим (I и Q) сигналов основной полосы (base band). Главное преимущество такой схемы, как впрочем и любой другой схемы прямого преобразования, - это отсутствие «зеркальных» частот приема и передачи. Необходимость в высокочастотных радиочастотных фильтрах для подавления «зеркальных» частот, частот гетеродинов и частот соседних каналов отпадает. Их роль на нулевой промежуточной частоте играют фильтры нижних частот для квадратурных составляющих base band.

В качестве первого гетеродина в данной системе лучше всего использовать прямой цифровой синтезатор частот (DDS), имеющий квадратурные выходы. Синфазный и квадратурный сигналы синтезатора подаются на два аналоговых перемножителя (двойные балансные смесители Гильберта). Входной радиосигнал делится на две равных части синфазным делителем мощности. Образовавшиеся сигналы подаются на входы перемножителей. При совпадении частот входного сигнала и DDS на выходах перемножителей получаем квадратурные сигналы основной полосы. Один из них детектируется и подается на ключевую схему, которая включает и выключает усилитель мощности. Таким образом, усилитель мощности работает только тогда, когда есть сигнал основной полосы. Это позволяет при работе на одной частоте большого количества абонентских передатчиков существенно уменьшить интегральный шум канала передачи, поскольку в каждый момент времени будет активен только один передатчик. Схема предусматривает ручные регулировки коэффициентов усиления как по входу, так и по выходу для более легкой адаптации к условиям конкретной радиолинии.

По нашим представлениям, построенный по подобной схеме передатчик, будет иметь минимальную цену, а также минимальные габариты и массу. В качестве приемников базовой станции CATV могут использоваться серийные понижающие преобразователи для систем MMDS. О них речь пойдет выше.

Кроме того, если некоторое количество абонентов, удаленных от кабельной сети, хочет подключиться к ней, а прокладка кабеля оказывается экономически необоснованной, то подключение такой группы абонентов также возможно по радиоканалу в пределах одной системы DOCSIS. В этом случае радиолиния должна быть дуплексной.

Системы широкополосного беспроводного доступа.

Любая система широкополосного беспроводного доступа состоит из трех основных частей:

1. Радиочастотного оборудования;
2. Системы множественного доступа;
3. Сетевого интерфейса для связи с внешними сетями данных.

Радиочастотное оборудование представляет собой один или несколько трансиверов и антенн базовой станции, а также интегрированных с антеннами трансиверов как части абонентских станций (CPE).

На базовой станции модули передатчика и приемника подсоединены с одной стороны к оборудованию доступа базовой станции, а с другой стороны - к антенне с круговой диаграммой направленности или системе секторных антенн.

На стороне абонента (CPE) радиочастотный трансивер принимает сигнал нисходящего направления от базовой станции и подает его на абонентский модем. Трансивер CPE обычно интегрирован с облучателем антенны в одном водонепроницаемом корпусе. Единственный коаксиальный кабель соединяет трансивер с расположенным внутри помещения модемом. По этому кабелю передаются:

- сигнал нисходящего направления от трансивера CPE к модему;
- сигнал восходящего направления от модема к передатчику CPE;
- напряжение питания на трансивер.

При выборе радиочастотного оборудования, так же, как и при проектировании новых радиочастотных компонентов и систем, необходимо учитывать все требования, которые предъявляются к широкополосным беспроводным системам передачи данных, использующим типы модуляции высокого уровня (такие как 64QAM, 256QAM и т.д.). Факторами, которые напрямую влияют на качество канала передачи, и пренебрежение которыми приводит к увеличению коэффициента ошибок по битам (BER) в приемнике, являются: тепловой шум, погрешность по амплитуде и фазе I и Q-составляющих Base Band, фазовый шум гетеродинов, искажения амплитудно-частотной характеристики тракта передачи, превышение порога линейности тракта (выход за пределы верхней границы динамического диапазона), многолучевость и интерференция в эфирном канале передачи.

Важным параметром для расчета энергетического потенциала линии связи является уровень **теплового шума**. При расчетах чаще всего пользуются величиной отношения мощности несущей к мощности шума (CNR) или мощности модулированного сигнала к мощности шума (SNR), которая достигается в приемнике непосредственно перед демодулятором. Данные уровни мощностей определяются в заданной полосе радиоканала. Чем более сложной является модуляция, тем более высокое значение SNR требуется. Радиолиния должна быть рассчитана так, чтобы перед

демодулятором приемника с запасом обеспечивалось необходимое для данного типа модуляции отношение сигнал/шум (SNR).

Несбалансированность квадратурных составляющих сигналов основной полосы по амплитуде и фазе имеет сильное влияние на коэффициент ошибок (BER) в приемнике, а, значит, и на энергетический потенциал радиолинии, поскольку это увеличение BER должно быть скомпенсировано увеличением SNR. В широком диапазоне частот трудно реализовать точный баланс I и Q. Нарушение же этого баланса приводит к ошибкам в демодулированных данных. В комбинации с другими факторами, увеличивающими BER, даже небольшое нарушение баланса проявляется более явно.

Фазовый шум гетеродинов воздействует на демодулятор подобно тепловому шуму. Этот шум оценивается при небольшой отстройке по частоте от несущей (обычно в интервале от 1Гц до 1МГц) как отношение в дБ мощности несущей к мощности шума, отнесенной к полосе 1Гц. К устройствам, требующим нормирования по фазовому шуму, относятся: кварцевые генераторы, синтезаторы и умножители частоты.

Интермодуляционные искажения в трактах передачи и приема влияют на BER в тем большей степени, чем более высокого уровня используется модуляция. Поэтому при проектировании системы необходимо не допускать того, чтобы уровни сигналов где-либо превысили допустимый уровень, что неизбежно приведет к появлению продуктов интермодуляции и снижению BER.

Многолучевость. Наличие в радиоканале множества копий радиосигнала, которые достигают приемной антенны каждая со своей амплитудой и фазой, приводит к значительным неприятностям при приеме в широкополосных каналах с использованием модуляций высокого уровня. Такие каналы обычно описываются моделями Rayleigh или Ricean. Для модуляций QPSK (и в еще большей степени QAM) такой режим является недопустимым. Режим «прямой видимости» здесь является обязательным условием успешной работы.

Обобщающим коэффициентом, который позволяет оценить качество канала передачи, является MER (Modulation Error Rate). На величину MER влияют все перечисленные выше факторы. Для каждого из видов модуляции имеется пороговое значение MER, при котором прием еще возможен. Измеряя MER можно установить, какое из устройств вносит наибольшую погрешность в тракт передачи радиосигнала.

Система множественного доступа обеспечивает интерфейс передачи данных между сетью (т.е. Internet/IP/сервер) на базовой станции и любым модемом, установленным в квартире или офисе. Она способна формировать и обрабатывать трафик сигнала, передаваемого в любом направлении радиочастотной системой. Система множественного доступа подразделяется на сотовую структуру и технологию TDM (Time Division Multiplexing – мультиплексирование с временным разделением) для прямых каналов. Для обратных каналов используется принцип TDMA (Time Division Multichannel Access – множественный доступ с временным разделением). Чаще всего используются типы модуляции – QPSK или многоуровневая QAM.

Система множественного доступа предполагает наличие:

- 1) модема базовой станции (Cable Modem Termination System – CMTS), который организует трафики прямого и обратного каналов;
- 2) модема абонента;
- 3) системы организации сети (Network Management System – NMS), которая способна изменять конфигурацию сети и контролировать ее работу.

Модем базовой станции является устройством на базе маршрутизатора, которое организует двустороннюю связь между абонентом и сетью Интернет, обеспечивает взаимодействие со всеми типами протоколов и видами услуг, которые применяются в сетях Интернет. Главными типами предоставляемых услуг являются: доступ в Интернет, высокоскоростной доступ к информационным серверам, организации видеоконференций и других сервисов. Кроме того, доступ к обычной телефонной сети – PSTN (Public Switched Telephone Network) может производиться через шлюз VoIP.

Модему базовой станции может быть придан вид либо маршрутизатора, либо моста, что позволяет оператору оптимизировать параметры в зависимости от емкости сети. Например, на начальном этапе развития сети, когда сеть имеет малую емкость, модему базовой станции может быть придан вид моста, что упрощает построение сети. При возрастании числа абонентов модему базовой станции может быть придан вид маршрутизатора с целью уменьшения вещательной части трафика. В данном случае можно отложить обслуживание абонентов в пользу добавления внешней сети, надежность которой гарантирует маршрутизатор.

Абонентский модем демодулирует, декодирует и восстанавливает входящий поток данных, который посылается базовой станцией. Когда абонент посылает данные обратно к базовой станции, модем абонента кодирует и обрабатывает пакеты данных и модулирует ими несущую, которая направляется далее на трансивер CPE по коаксиальному кабелю.

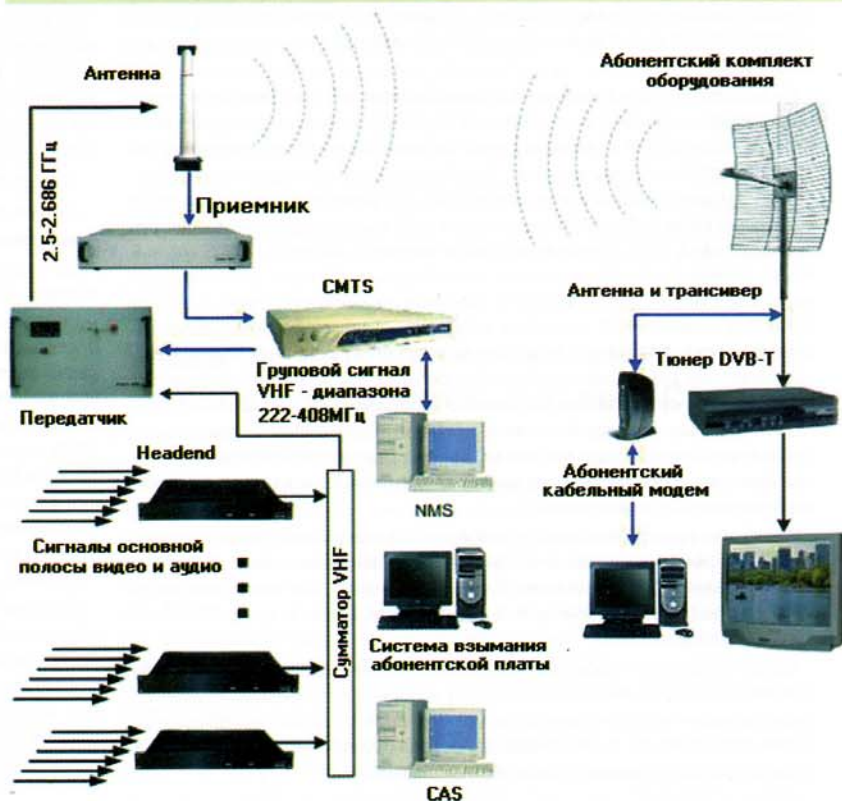
Из приведенного выше описания составных частей системы широкополосного беспроводного доступа видно, что описанное ранее оборудование по технологии DOCSIS способно полностью исполнять роль 2-й и 3-й частей такой системы, а именно системы множественного доступа и сетевого интерфейса.

Абонентские модемы на основе технологии DOCSIS подходят для корпоративных и офисных применений. Некоторые из модемов способны поддерживать до 32 компьютеров: один через шину USB (Universal Serial Bus) и до 31-го через соединение 10/100 Base T Ethernet (через сетевое соединение – переключатель/концентратор или SOHO-маршрутизатор).

Интерактивная телерадиотелевизионная система на основе MMDS и DOCSIS

Система построена с использованием CATV оборудования DOCSIS в качестве составляющих частей системы. Радиочастотные части системы разрабатываются из расчета необходимости преобразования специфического частотного плана в соответствии со стандартом DOCSIS в частоты, применяемые в сетях MMDS.

Рисунок 2. Интерактивная телерадиотелевизионная система на основе MMDS и DOCSIS.



Определяющими параметрами системы являются:

- 27 Мбит/с прямой канал с временным разделением и с полосой 6 МГц (модуляции 64 QAM) или 36 Мбит/с с полосой 8 МГц;
- от 256 Кбит/с до 10 Мбит/с восходящий поток данных с использованием множественного доступа с временным разделением и модуляцией типа QPSK или 16 QAM в полосе от 200 КГц до 3,2 МГц;
- система работоспособна только в условиях прямой видимости.

Состав оборудования интерактивной телерадиоинформационной системы на основе MMDS и DOCSIS показан на рисунке 2. На рисунке показана антенна центральной станции, которая имеет круговую диаграмму направленности. С целью увеличения емкости сети возможно применение системы из четырех секторных антенн с диаграммой направленности в горизонтальной плоскости по 90°. За счет такой антенной системы информационная емкость сети за счет повторного использования частот увеличивается в 4 раза. Такое построение базовой станции показано на рисунке 3.

Система MMDS+ DOCSIS отличается своим радиочастотным оборудованием. Для примера приводим основные параметры радиочастотных блоков и модулей.

Понижающий преобразователь базовой станции фирмы Vecima Networks HDC2100.

Частоты обратных каналов располагаются в диапазоне частот от 2150 до 2162 МГц. Они должны быть преобразованы в промежуточные частоты 14,375-26,375 МГц. Отметим, что входные частоты равны частотам, на которых ведется передача трансиверами абонентов.

HDC2100 имеет пылевлагозащищенный корпус. Радиочастотный вход – разъем N типа. Выходной разъем типа F предназначен для подключения к одному из четырех входов CMTS. Для повышения избирательности по соседним каналам используется встроенный высокочастотный фильтр. Чтобы обеспечить стыковку с модемами любых типов, гетеродин стабилизирован ФАПЧ с опорой на высокостабильный ТХСО с температурной нестабильностью не более ± 2 ppm в интервале температур от -40 до +60 °C. Коэффициент шума преобразователя не более 2,0 дБ.

На рисунке 3 показана схема базовой станции, которая имеет антенну с круговой диаграммой направленности для прямых каналов и систему из четырех секторных антенн – для обратных каналов. К выходам каждой из секторных антенн подключен отдельный преобразователь HDC2100. За счет такого построения значительно повышается информационная емкость системы в восходящем направлении.

Модуль повышающего преобразователя MMDS.

В качестве примера повышающего преобразователя, пригодного для использования в подобной системе, можно рекомендовать модуль MA4061B фирмы Agile. Данный повышающий преобразователь предназначен для систем MMDS и LMDS. Диапазон перестройки частоты по выходу модуля от 2500 до 2686 МГц. По параметрам стабильности частот и фазовым шумам гетеродина удовлетворяют (и даже превосходят) требования передачи сигналов, модулированных 64 QAM. Модуль предполагает совместное использование совместно с усилителем мощности MA4070 фирмы Vecima.

Основные достоинства преобразующего модуля MA4061B:

- выходные частоты перестраиваются с передней панели в интервале от 2500 до 2686 МГц с шагом 62,5 КГц;
- при перестыковке выхода и по любому из сигналов аварии выходной радиочастотный сигнал отключается автоматически;

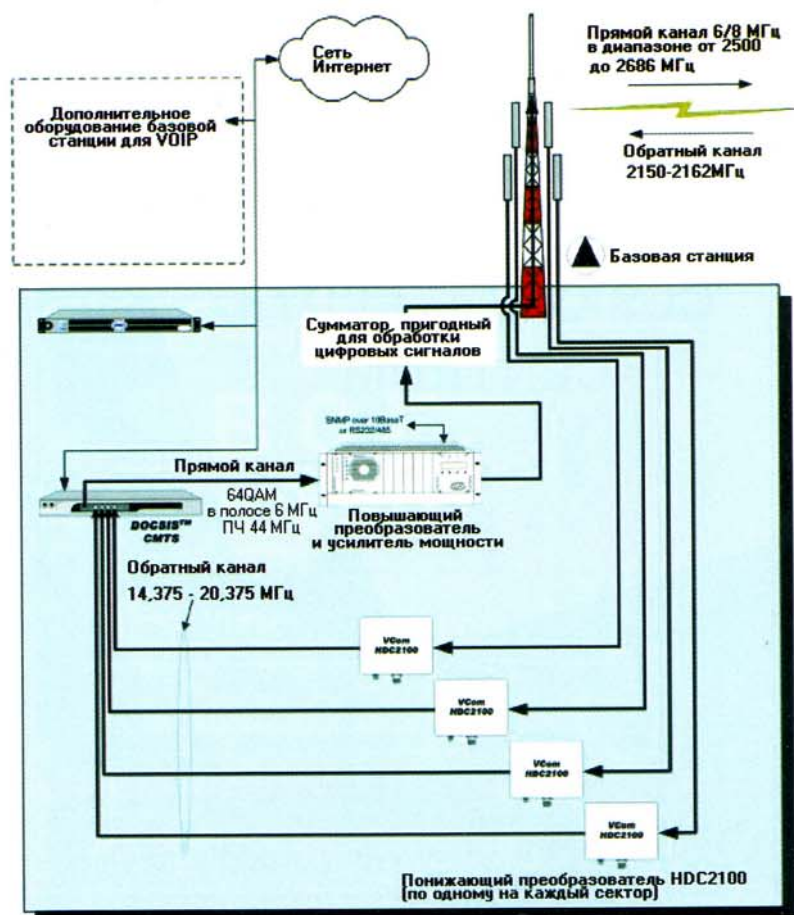


Рисунок 3. Система MMDS + DOCSIS с секторными антеннами и повышающими преобразователями HDC 2100, количество которых равно числу секторов антенной системы

- для каждого пользователя предоставляется возможность установки своего порогового уровня;
- низкое энергопотребление;
- высокая стабильность выходной частоты;
- входная АРУ на ПЧ поддерживает высокую стабильность выходного уровня сигнала прямого канала при изменении входного уровня.

Усилитель мощности с выходной мощностью 30W для диапазона частот 2500-2700 МГц MA 4070C

MA 4070C – твердотельный с фиксированным коэффициентом усиления усилитель мощности для использования в системах MMDS. Высокая линейность амплитудной характеристики позволяет ему усиливать сигналы с цифровой модуляцией высокого уровня (64 QAM) или аналоговые телевизионные сигналы с амплитудной модуляцией несущей изображения.

Преимущества при применении данного усилителя:

- сигнализация слишком высокого и слишком низкого уровня выходной мощности, а также превышения допустимого уровня отраженной мощности;
- высокая линейность, соответствующая требованиям для 64 QAM;
- возможность автономного включения усилителя с передней панели или дистанционно.

Ксензенко П. Я.,
Химич П. Я.

Продолжение читайте в следующем номере...