

Применение одночастотных сетей цифрового телевидения

Г. В. Мамчев

В статье рассмотрены особенности организации цифрового телевизионного вещания в одночастотной сети. Проанализированы различные схемы распределения COFDM-сигналов к телевизионным передатчикам.

Анализ особенностей распространения радиоволн отдельных частотных диапазонов, которые используются для наземного телевизионного вещания, показал, что наличие только одного мощного радиопередающего устройства допускает появление участков неудовлетворительного приёма телевизионных сигналов даже в зоне уверенного приёма. Радикальным способом исключения участков неудовлетворительного приёма и расширения, в целом, зоны вещания цифрового телевидения является создание одночастотных сетей вещания (SFN – Single Frequency Network), в которых трансляция телевизионных программ на большую территорию идёт параллельно через ряд радиопередатчиков, работающих на одной и той же частоте.

Принципиально возможно построение SFN по трём вариантам (рисунки 1 – 3). Наиболее перспективной является цифровая технология распределения MPEG-сигнала по

семейству DVB-T передатчиков одночастотной сети (см. рисунок 3). Такой способ распределения телевизионных сигналов достаточно сложный, но в то же время самый совершенный и гибкий. Он может использоваться в комбинации с любой из вышесказанных альтернативных технологий или в сочетании с обеими сразу [1].

Примером одночастотной сети может служить сеть малых передатчиков, расположенных в зонах плохого приёма сигнала основного радиопередатчика и работающих на той же самой частоте, что и основной. Требование отсутствия «пробелов» в зоне покрытия вынуждает использовать установку радиопередатчиков с частично перекрывающимися областями охвата (аналог символики олимпийских колец, см. рисунок 4) при равных вероятностных условиях приёма. Таким образом, на границах зон покрытия (например, точка А на рисунке 4) полезный сигнал состоит из нескольких слабо скоррелированных мощностных составляющих от различных телевизионных радиопередатчиков (в данном случае от передатчиков 1, 2, 3).

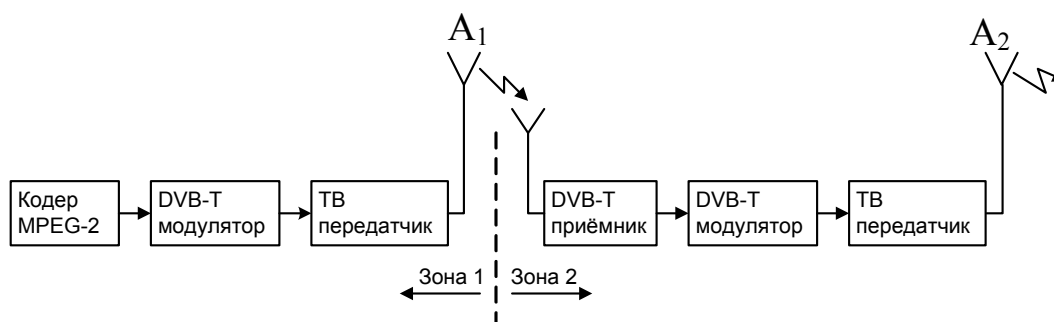


Рис. 1. Схема построения одночастотной сети по принципу переретрансляции сигнала (переусиления по высокой частоте)

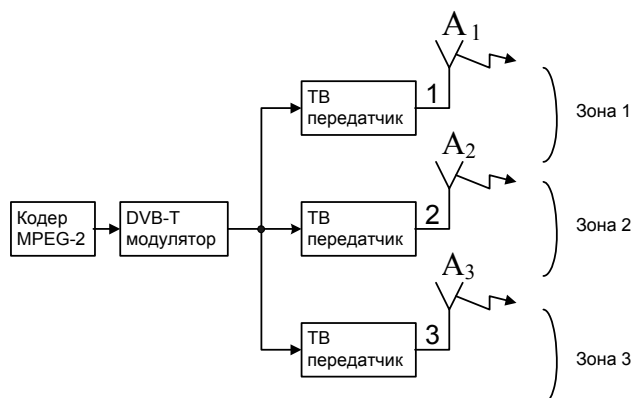


Рис. 2. Схема распределения COFDM-сигнала к каждому из телевизионных передатчиков одночастотной сети

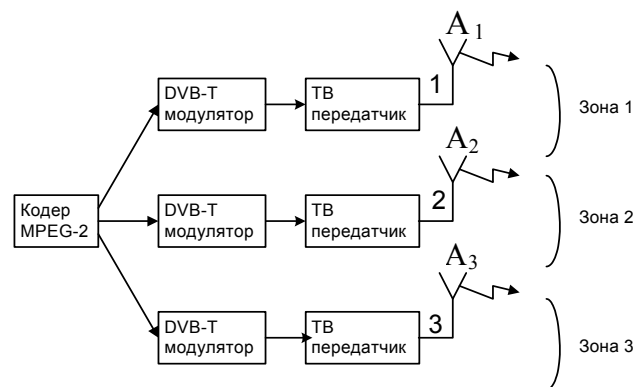


Рис. 3. Схема цифрового распределения пакетов транспортного потока MPEG-2 к телевизионным передатчикам одночастотной сети

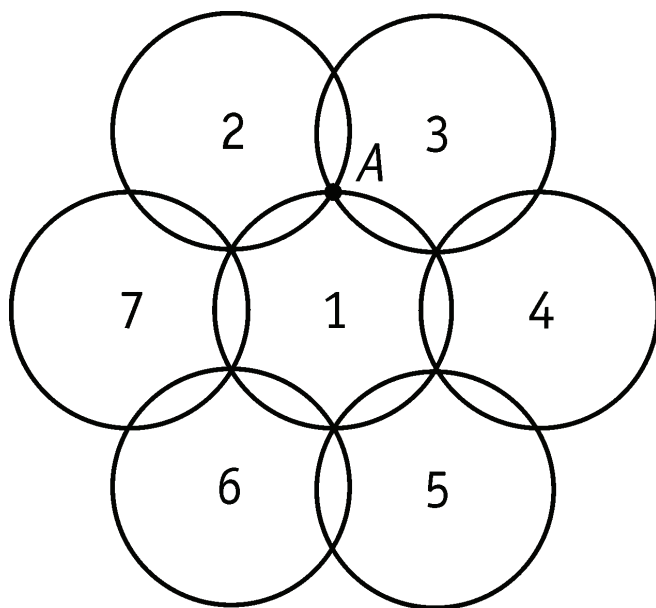


Рис. 4. Схема расположения зон покрытия, обеспечиваемых отдельными радиопередатчиками, в одночастотной сети цифрового телевидения

Тем самым, области замирания в электромагнитном поле одного радиопередатчика могут быть скомпенсированы излучениями от других передатчиков. Это явление усреднения приводит к более плавным (размытым) изменениям результирующей напряжённости электромагнитного поля. Соответственно, в SFN сетях могут использоваться радиопередатчики с более низкой мощностью. Такой эффект важен на границах зон покрытия каждого радиопередатчика и именуется «сетевым усилением». Особенно эффективно функционирование одночастотных сетей в случае использования системы цифрового телевидения DVB-T, в которой применяется способ модуляции COFDM-типа, позволяющий работать в условиях многолучевого приёма. В таких сетях телевизионный приёмник получает сразу от нескольких передатчиков сигналы, приходящие с различной задержкой во времени. Если эти сигналы приходят от близко расположенных передатчиков, то они просто складываются, обеспечивая возрастание итогового уровня полезного сигнала в телевизоре. Сигналы же от более удалённых передатчиков фактически не учитываются декодером приёмника за счёт наличия защитного интервала и не влияют на приём. При этом длительность защитного интервала должна удовлетворять условию $T_G \geq (d/V_c)$, где d – расстояние между соседними радиопередатчиками; V_c – скорость распространения электромагнитных колебаний. Возможные значения расстояния между соседними передатчиками в одночастотной сети при различной длительности защитного интервала приведены в таблице 1. На практике режим 2k в системе DVB-T пригоден для телевизионного вещания одиночным радиопередатчиком и для построения малых одночастотных сетей с ограниченным расстоянием между передатчиками. Режим 8k целесообразно применять в тех случаях, когда необходимо построение больших одночастотных сетей.

При создании одночастотной сети наземного цифрового телевизионного вещания необходимо обеспечить синхронизацию каждого радиопередатчика сети как по времени, так и по частоте. Практически это осуществляется за

счёт фиксации сигналов системы глобального определения координат GPS (Global Positioning System) специальным приёмником, входящим в комплект передатчиков.

COFDM-сигнал состоит из тысяч несущих, каждая из которых, передаваемая целым семейством радиопередатчиков, работающих в SFN, должна излучаться на одной и той же частоте. Требуемая точность частоты зависит от частотного интервала между соседними несущими, который часто называется разном несущих частот.

Таблица 1. Основные параметры функционирования одночастотной сети телевизионного вещания

Параметры	Режим		
	8k	4k	2k
Длительность защитного интервала T_G , мкс	224	112	56
	112	56	28
	56	28	14
	28	14	7
Максимальный разнос между радиопередатчиками в одночастотной сети, км	67,2	33,6	16,8
	33,6	16,8	8,4
	16,8	8,4	4,2
	8,4	4,2	2,1

Так, если разнос несущих частот для режима 8k составляет 1116 Гц, то стабильность частоты должна быть не хуже 1,1 Гц (для режимов 4k и 2k – соответственно 2,2 Гц и 4,5 Гц). Такая стабильность достигается проще всего за счёт использования гетеродинов с внешним генератором опорного сигнала. В качестве синхронизирующих импульсов используются сигналы, излучаемые системой глобального определения координат GPS. Практически это осуществляется за счёт фиксации сигнала GPS частотой 1 Гц (один импульс в секунду) специальным приёмником, входящим в состав телевизионных передатчиков, стабильность которых в этом случае будет иметь величину порядка 1 Гц.

Практически всегда, даже при самом тщательном планировании одночастотной сети, на границе зоны уверенного приёма имеются участки, где приём телевизионного сигнала затруднён или просто невозможен. Это могут быть низины ландшафта, местность за небольшим естественным возвышением, например, холмом или высотным зданием, пространство в туннеле или даже внутри здания. Модуляция COFDM даёт возможность решить эту проблему с помощью небольших ретрансляторов (gap fillers).

Ретрансляторы (gap fillers) представляют собой маломощные и довольно простые устройства, принимающие и передающие радиосигнал в одном и том же частотном канале и, следовательно, имеющие ту же самую рабочую частоту, что и вся сеть. Их радиоизлучение не может мешать другим радиопередатчикам одночастотной сети (SFN) из-за сравнительно небольшой мощности. В то же время они устойчивы к отражённым сигналам, что обусловлено наличием защитного интервала в системе цифрового телевидения DVB-T.

Основное техническое ограничение, накладываемое на ретрансляторы, работающие в том же частотном канале, заключается в пространственном разноразносе (изоляции) между передающей и приёмной антеннами. В противном слу-

чае, при относительно высокой выходной мощности, составляющей, например, 1 Вт, ретранслятор будет возбуждаться.

Следовательно, особое внимание необходимо обратить на местоположение передающей и приёмной антенн ретранслятора для того, чтобы гарантировать максимально возможную изоляцию и в то же время иметь достаточную мощность для покрытия зоны неуверенного приёма.

ЛИТЕРАТУРА

1. 1. Песков С., Бителева А. Рекомендации по внедрению DVB эфирного вещания. Работа одночастотной сети //Теле-Спутник, 2007. – №7. – с. 78-81

Мамчев Геннадий Владимирович

д.т.н., профессор, завкафедрой радиовещания и телевидения, СибГУТИ, тел. (383) 269-82-62