

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ОДНОЧАСТОТНЫХ СЕТЕЙ В НОВОМ СТАНДАРТЕ ЦИФРОВОГО ВЕЩАНИЯ DVB-T2

Аннотация. Одночастотная сеть (SFN) – сеть передающих станций, в которой вещание осуществляется на одной частоте. Данная технология позволяет использовать множество передатчиков, работающих на одной частоте и покрывающих смежные области. При этом использование одного частотного канала происходит без существенного взаимного влияния передатчиков друг на друга из-за технологических особенностей системы DVB-T. В докладе проведён сравнительный анализ двух систем наземного цифрового телевизионного вещания – DVB-T и DVB-T2, даны пояснительные рисунки принципов построения одночастотных сетей.

В 2009 году консорциум DVB выпустил новый стандарт наземного эфирного цифрового телевидения, который называется DVB-T2. Эта спецификация позволяет получить более высокую полезную скорость передачи в стандартной полосе эфирного ТВ вещания в среднем на 30...60 %, по сравнению с предшественником DVB-T. Величина выигрыша зависит от конкретных режимов модуляции и варианта построения вещательной сети. Максимальный такой выигрыш будет достигнут в одночастотных сетях.

Модификация DVB-T2 является идеальным решением, предоставляющим высокий уровень устойчивости сигнала и обеспечивающая необходимое увеличение пропускной способности, при сохранении существующей инфраструктуры антенн. У DVB-T2 имеется несколько существенных отличий от DVB-T. Например, для инкапсуляции видеопотока может применяться не только транспортный поток MPEG-2, но и транспортный поток общего назначения (GTS- generic transport stream). В GTS используется переменный размер пакета вместо фиксированного, применяемого в MPEG-2. Это позволяет снизить объём передаваемой служебной информации и сделать адаптацию транспортного потока (ТП) к сети более гибкой. Кроме ТП, могут также передаваться любые другие цифровые потоки. Таким образом, по сравнению с DVB-T, отсутствует привязка к какой-либо структуре данных на транспортном уровне. Использование помехозащитного кода с низкой плотностью проверок на чётность (LDPC- Low density Parity Check Codes) вместе с новыми размерностями быстрого преобразования Фурье (FFT- Fast Fourier transform) и защитными интервалами, а также с новыми режимами распределения пилот-сигналов позволяют адаптивно оптимизировать параметры в зависимости от характеристик конкретного канала.

Пакеты T2-MI (DVB-T2 Modulator Interface) , которые описывают транспортный уровень, имеются только на выходе модулятора, но не излучаются в эфир. Для случаев, когда несколько репитеров принимают DVB-T2 сигнал с основного передатчика и ретранслируют его в общую вторую сеть, а именно одночастотную сеть (SFN), они вещают с синхронизированных во временной области ретрансляторов. Этот случай изображён на рис.1.

Существует 2 типа ретрансляторов:

- регенеративные ретрансляторы, т.е. происходит демодуляция DVB-T2 сигнала, заново модулируется принятый транспортный поток в форму восстановленного DVB-T2 сигнала для последующей передачи в эфир;
- ретрансляторы со сдвигом, т.е. они сдвигают частоту, амплитуду, осуществляют временную задержку и передают принятый DVB-T2 сигнал в эфир без полной перемодуляции.



Рис.1 SFN с ретрансляцией от основного передатчика.

В этой ситуации ретрансляторы не имеют доступа к содержимому T2-MI пакетов, которые передавались в эфир с основного передатчика на физическом уровне DVB-T2. Поскольку физический уровень сигнала определяется основным передатчиком, только по синхронизации данных на ретрансляторе можно определить время излучения сигнала. Расчёт времени осуществляется путём обработки специального пакета транспортного потока (TS)-T2-MIP (DVB-T2 Modulator Information Packet), который содержится в излучаемом в эфир сигнале DVB-T2. Напомним, что T2-MIP- это совместимый с MPEG-2 TS-пакет, состоящий из 4 байт заголовка и 184 байтов данных. Этот пакет TS декодируется в демодуляторе

каждого ретранслятора для извлечения требуемого времени распространения текущего суперкадра сигнала DVB-T2.. Основываясь на этой информации, и на знании о времени прихода текущего принятого суперкадра, каждый ретранслятор вычисляет то необходимое время задержки суперкадра, по истечении которого суперкадр будет передан в эфир в требуемое время.

Эта версия спецификации T2-MI определяет только пакет T2-MIP, идущий в транспортном потоке, который аналогичен пакету, используемому в сетях DVB-T. Среди существующих спецификаций нет эквивалента для таких механизмов синхронизации сетей для обеспечения сервиса в таких сетях, как например GSE.

На рис.2 изображена схема построения таких сетей. Отметим также, что вставка T2-MIP осуществляется в шлюз T2, и эта часть определяет структуру кадра и суперкадра T2, и, следовательно, временную взаимосвязь пакетов транспортного потока TS с физическим уровнем модуляции.

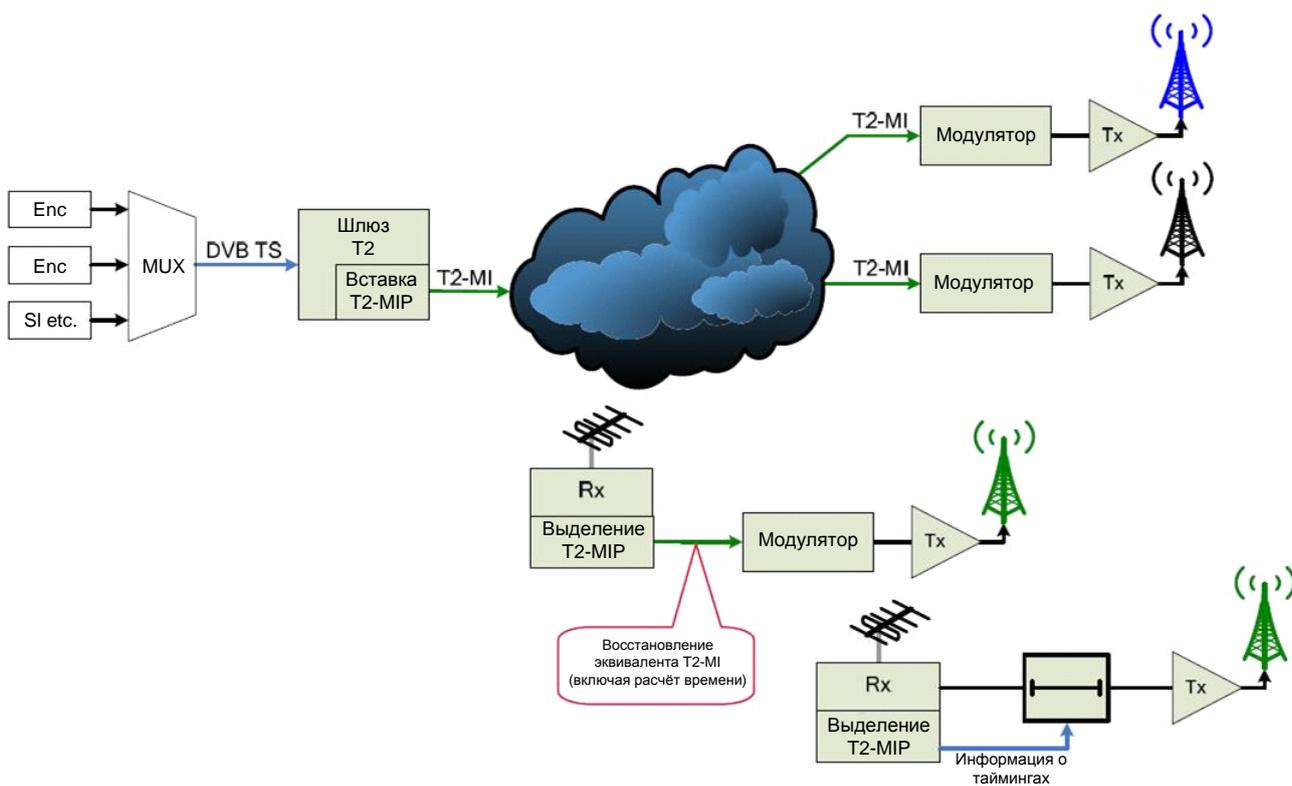


Рис.2 Общая архитектура эфирного распределения T2-MIP в SFN подсети.

При этом условии предполагается, что приёмник и ретранслирующая станция будут разбивать входящий DVB-T2 сигнал на составляющие части так, чтобы он мог быть максимально похож на эквивалент T2-MI сигнала на модуляторе ретранслятора. Это необходимо для того, чтобы каждый ретранслятор излучал в эфир максимально идентичный сигнал на каждой станции в одночастотной сети.

Для одночастотных сетей введен новый режим MISO (multiple input single output – много входов - один выход), который позволяет достичь до 60% выигрыша в полосе пропускания. Нынешний опыт эксплуатации одночастотных сетей показал, что даже при сложении синхронизированных сигналов, результирующий спектр COFDM подвержен искажениям (в форме "провалов" огибающей несущих COFDM). В результате, для компенсации этих "провалов", то есть сохранения требуемого отношения S/N (сигнал-шум), необходима более высокая мощность передатчиков. Режим MISO позволяет избежать этих недостатков. Передатчики в одночастотной сети в режиме MISO излучают не в точности один и тот же сигнал. Благодаря этому при сложении сигналов с разных передатчиков отсутствуют значительные "провалы" огибающей, и к тому же, не требуется увеличение мощности передатчиков.

Дополнительная стадия обработки, известная как обработка MISO, позволяет начальным коэффициентам в частотной области быть обработанными модифицированным кодированием Alamouti, которое делит сигнал T2 между двумя группами передатчиков на одной частоте таким образом, что эти две группы не интерферируют друг с другом. Все символы сигнала DVB-T2 могут быть подвергнуты MISO обработке на уровне ячеек. Предполагается, что все DVB-T2 приёмники могут принимать такие обработанные сигналы. Обработка MISO состоит из взятия входной ячейки данных и получения двух ячеек данных на выходе, каждая из которых направляется на 2 группы передатчиков. Измененное кодирование Alamouti используется для того, чтобы произвести два набора ячеек данных, за исключением того, что кодирование не поддерживает символ преамбулы P1 и для сигнала произведена соответствующая обработка пилотов. Новый алгоритм обработки сигнала значительно улучшает перекрытие (покрытие) диапазона частот в одночастотных сетях небольшого размера.

В новой системе DVB-T2 усложнена система перемежения, в неё вводится перемежение по времени, что позволяет увеличить устойчивость сигнала к импульсным помехам, которые характерны для городской местности. Информация перемежается не только внутри одного символа модуляции, но и внутри одного суперкадра. Такая схема перемежения требует от абонентского устройства наличие большой оперативной памяти, где при обратном преобразовании (de-interleaving), необходимо хранить блок временного перемежения, или TI-блок. Такая схема перемежения также улучшает работу устройств в одночастотной сети.

Для уменьшения отношения пиковой мощности к средней мощности (PAPR) в новом стандарте предлагаются два способа – ACE (Active Constellation Extension – расширение активного созвездия) и TR (Tone Reservation – резервирование тона). Чем меньше значение PAPR, тем выше КПД передатчика по мощности и тем меньший запас по мощности

необходимо делать при расчёте энергетики передатчика. Оба способа могут использоваться одновременно, однако первый предпочтительнее для созвездий с меньшим количеством векторов (QPSK), второй – с большим (QAM). У каждого способа есть и свои недостатки, например, использование ACE приведет к снижению отношения сигнал/шум на входе приемного устройства, а применение TR вызовет небольшое уменьшение ёмкости канала, поскольку предполагает использование части несущих для передачи специальных корректирующих сигналов. Эти схемы улучшения энергетических показателей позволяют лучше рассчитать и спроектировать одночастотные сети в проблемных районах, таких как районы с городской застройкой или районы с гористым рельефом.

Литература

1. Digital Video Broadcasting (DVB); Modulator Interface (T2-MI) for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2), ETSI TS 102 773 V1.1.1, June 2009
2. Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2), ETSI EN 302 755 V1.1.1, September 2009
3. W. Zirwas «Single Frequency Network Concepts for cellular OFDM Radio Systems»
4. DVB Fact Sheet - DVB-T2 - 2nd Generation Terrestrial Broadcasting, April 2009