

ПРИНЦИП ПЕРЕДАЧИ АУДИО-ВИДЕО ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО УЗКОПОЛОСНОГО ВЕЩАНИЯ

Иртюга В.А., Тензина В.В.

НИИР

В настоящее время разрабатывается система цифрового наземного мобильного узкополосного аудио-видеовещания. Основу системы составляют кодек MPEG-4, а также подсистема канального кодирования цифрового потока и модуляции.

Новизна данной системы заключается в том, что при цифровом формате вещания более эффективно используется имеющийся частотный ресурс и обеспечивается возможность доставки пользователю не только аудио/видео потоков, но и других мультимедийных данных, к которым в первую очередь следует отнести Интернет. Другой отличительной особенностью системы является её узкополосность: ширина полосы сигнала составляет всего 250 кГц, что позволяет работать, например, в диапазоне устаревающей в настоящее время технологии ОВЧ ЧМ радиовещания. При этом, в зависимости от условий вещания, система может обеспечить скорость передачи цифрового потока от 170 кбит/с до 1 Мбит/с. Третьей важной характеристикой системы является возможность устойчивого мобильного приема сигнала в условиях многолучевого распространения в среде с городской застройкой.

Последнее требование послужило главным аргументом в выборе прототипа подсистемы канального кодирования и модуляции. На сегодняшний день существует два основных цифровых телевизионных стандарта: американский стандарт ATSC и европейский DVB-T. В основе последнего лежит метод многочастотной модуляции OFDM, которая позволяет эффективно решать проблему компенсации характерных для наземного мобильного вещания типов искажений сигнала. Эти искажения возникают, во-первых, из-за многолучевого распространения и компенсируются введением защитных интервалов между последовательными временными символами, а во-вторых, из-за движения приемника. При этом, расстояние между соседними несущими частотами выбирается с учетом максимально возможной скорости перемещения приемника. Исследования многих западных фирм, а также испытания, проведенные при выборе вещательного стандарта, также показали преимущества DVB-T в случае мобильного приема.

Однако, использовать для данной системы стандарт DVB-T непосредственно не представляется возможным ввиду того, что этот стандарт рассчитан на передачу существенно большего потока информации в полосе частот 7 или 8 МГц. Нами же разрабатывается узкополосный вариант подсистемы канального кодирования и модуляции, рассчитанный на полосу 250 кГц.

На вход подсистемы канального кодирования подается транспортный поток MPEG-4, состоящий из пакетов фиксированной длины 188 байт. В начале каждого пакета передается синхробайт со значением 0x47, с помощью которого находится начало транспортного пакета. При этом значение каждого 8-го синхробайта инвертируется, то есть заменяется на 0xB8. К остальным байтам применяется побитовая рандомизация, основанная на порождающем многочлене $1 + x^{14} + x^{15}$. Эта процедура необходима для рандомизации энергии битовой последовательности. Далее к каждому пакету применяется внешнее кодирование, являющееся блочным сокращенным кодом Рида-Соломона (204, 188, $t = 8$). После этого скорость потока увеличивается в 204/188 раза. Затем идет внешняя компоновка со степенью перемешивания $I = 12$, служащая для рассеивания групп ошибок, возникающих при эфирной передаче сигнала. Далее следует внутреннее кодирование, в качестве которого могут применяться различные варианты сверточного кодирования со скоростями 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8. При этом на приемной стороне используется соответственно либо декодер Витерби, либо многопороговый декодер, либо турбо-декодер. Заметим, что как внешнее, так и внутреннее кодирование, оба вносят в цифровой поток избыточную информацию, необходимую для исправления ошибок канала. После внутреннего кодирования применяется внутренняя компоновка, состоящая из побитовой и символьной компоновки элементов QAM-созвездия.

Как уже было сказано выше, для модуляции сигнала используется метод OFDM. Передаваемый сигнал организован в виде кадров, 4 кадра составляют суперкадр. Кадр состоит из 136 символов. Символ состоит из полезной длительности и защитного интервала, который является циклическим продолжением полезной части и вводится перед ней. Длина защитного интервала является параметром системы. Каждый символ использует 279 несущих частот. Полезная информация передается на 252 информационных несущих, а на оставшихся 27 частотах - служебная информация (пилотные и управляющие несущие). Пилотные несущие используются для синхронизации приемника и оценки частотных характеристик канала (АЧХ, ФЧХ). Управляющие частоты служат для идентификации параметров передачи: скорости сверточного кода, типа QAM-созвездия и длины защитного интервала. Положение управляющих несущих неизменно для всех символов. Расположение пилотов зависит от типа символа и определяется им (всего 5 типов). Каждый символ передает $V \times 252$ бит полезной информации, где V зависит от типа QAM: для QPSK имеем $V = 2$, для 16-QAM - $V = 4$, а 64-QAM соответствует $V = 6$. Каждому набору из V бит с использованием отображения Грея ставится в соответствие точка QAM-созвездия, которая в свою очередь модулирует информационную несущую. Фазы пилотных и управляющих несущих задаются равными либо 0, либо 180 градусам в соответствии с заданной псевдослучайной двоичной последовательностью. Отметим, что пилоты передаются на повышенном уровне мощности. Далее следует обратное

преобразование Фурье, в результате которого получается последовательность временных отсчетов, которая ограничивается, масштабируется и квантуется в соответствии с разрядностью выходного ЦАП.

На принимающей стороне после АЦП выполняется преобразование Фурье, шаг которого регулируется блоком синхронизации. Далее запускается сама процедура синхронизации: во-первых, ищется начало символа, во-вторых, начало кадра и, в-третьих, начало суперкадра. Управляющие несущие суперкадра содержат информацию о параметрах кодирования и модуляции передаваемого сигнала.

При синхронизации приёмника приходится учитывать следующие аспекты реализации и функционирования системы. Во-первых, сдвиг несущих относительно их истинного положения в спектре. Это может быть вызвано несовпадением частот дискретизации передающей и принимающей сторон (ЦАП и АЦП), а также эффектом Доплера при движении приёмника. Во-вторых, фазовый сдвиг, вызванный невозможностью синхронного старта ЦАП и АЦП передающей и принимающей сторон. В-третьих, фазовый и амплитудный шум, обусловленный ограничением сигнала на стороне передатчика, а также каналом передачи. В-четвертых, селективное подавление несущих, происходящее из-за многолучевого распространения. В-пятых, искажение амплитудно- и фазо-частотной характеристик ввиду неидеальности канала связи.

После наступления синхронизации процедура дальнейшего декодирования происходит в обратном порядке по отношению к процедуре кодирования. При обнаружении отсутствия синхробайтов на положенных местах в декодированном потоке система переходит в режим пересинхронизации.

Пропускная способность системы, как уже было сказано выше, варьируется в пределах от 170 до 1000 кбит/с в зависимости от выбора режима передачи и в соответствии с качеством предоставляемого канала передачи. Используемый в системе оригинальный кодек MPEG-4 позволяет получать цифровой поток в самом широком диапазоне значений скоростей и с произвольной дискретностью по этому значению. В указанном диапазоне скоростей битового потока системы представляется целесообразным использовать следующие параметры передаваемого цифрового потока:

№	Скорость свёрточного кода	Тип QAM-созвездия	Длина защитного интервала	Размер изображения	Кадровая скорость, кадров/с	Скорость цифрового потока, кбит/с
1.	1/2	QPSK	1/4	176x144 (QCIF)	12.5	170
2.	3/4	16-QAM	1/8	352x288 (CIF)	25	567
3.	7/8	64-QAM	1/32	352x288 (CIF)	25	1082

Вариант 1 можно рассматривать как услугу «минимального» качества, предоставляемую в случае передачи сигнала по каналу с низкой пропускной способностью. Вариант 2 позиционируется как основной режим работы системы. Этот режим обеспечивает качество изображения, лишь немногим уступающее качеству VHS стандарта. Вариант 3 соответствует качеству VHS.

Список литературы:

1. Способ трансляции информационного телевидения / Патент России № 2219676 от 20.12.2003
2. ETS 300 744, "Digital broadcasting systems for television, sound and data services; framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television", ETSI EN 300 744 V1.4.1, (2001-01)
3. ATSC, "ATSC Digital Television Standard", ATSC Standard A/53, September 16, 1995
4. Yiyuan Wu, Ewa Pliszka, Bernard Caron, Pierre Bouchard, and Gerald Chouinard, "Comparison of Terrestrial DTV Transmission Systems: The ATSC 8-VSB, the DVB-T COFDM and the ISDB-T BST-OFDM", in IEEE Transactions on Broadcasting, June, 2000
5. Donghoon Lee and Kyungwhoon Cheun, "Coarse Symbol Synchronization Algorithms for OFDM Systems in Multipath Channels", in IEEE Communication Letters, vol.6, no.10, October, 2002