

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

Abstract

A new system of digital terrestrial mobile narrowband audio- video broadcasting is described. The system is based on MPEG-4 codec, subsystem of channel coding and modulation. It is possible to achieve higher bandwidth utilization due to digital nature of the system and provide both audio/video and other multimedia streams, including Internet. Another important feature is its narrow bandwidth of 250 kHz, that allows to operate in the range of obsolescent technology of UHF radio broadcasting. The system is able to provide digital transmission rate from 170 kbit/s to 1 Mbit/s depending on the broadcasting mode. The system also supplies stable mobile reception under conditions of multipath transmission in urban environment.