

НОВАЯ СИСТЕМА МУЛЬТИМЕДИЙНОГО ВЕЩАНИЯ НА МОБИЛЬНОГО АБОНЕНТА

Дворкович В.П., Дворкович А.В., Иртюга В.А., Тензина В.В.

Предложены принципиально новая аудиовизуальная информационная система и соответствующие передающие и приемные устройства с использованием узкополосного канала связи для мобильных корпоративных и индивидуальных абонентов. В результате проведения в НИИР работ создана модель системы, предполагается проведение ее натурных испытаний на опытном участке и разработка проектов стандарта по применению таких интерактивных систем для нужд народного хозяйства и в иных сферах.

Исследования разработанных в НИИР программных кодеков MPEG-4 показали их высокую эффективность – качество воспроизведения изображений соответствует качеству домашнего видеомаягнитофона (VHS) при цифровом потоке 384-512 кбит/сек.

Стандарт кодирования стереозвуковой информации AC3 обеспечивает DVD качество воспроизведения при цифровом потоке порядка 128 кбит/сек. и качество FM трансляции даже при потоке 64 – 96 кбит/сек.

В цифровом потоке порядка 512 кбит/сек. обеспечивается передача видеoinформационной программы со стереозвуковым сопровождением, либо 3-4 программы стереовещания высокого качества.

Проект, создаваемый на базе патента РФ №2219676 от 20.12.2003 г., предусматривает разработку системы информационного видеовещания и звукового стереовещания при расположении приемника в движущемся транспорте в городских условиях с плотной застройкой, многолучевостью и отсутствием прямой видимости антенны передатчика, а также в районах со сложным рельефом, в горной местности и в густых лесных массивах, где в указанных условиях с использованием известных на сегодня систем невозможно обеспечить удовлетворительного качества приема.

Отличительная особенность системы заключается в том, что закодированный сигнал динамического изображения и стереозвука может быть передан в узкополосном канале с полосой порядка 250 кГц и может быть принят при быстрой смене фазовой структуры поля в месте приема при движении по городу.

Предлагается использовать для целей мобильного мультимедийного информационного вещания диапазон частот 66 – 74 МГц, в котором в настоящее время реализуется устаревшая система ОВЧ ЧМ вещания России.

На рис.1 приведена функциональная блок-схема передающего устройства, содержащего систему канального кодирования и OFDM-модуляции.

Система канального кодирования и OFDM-модуляции определяется как функциональный блок, выполняющий адаптацию видеосигналов от выхода транспортного мультиплексора MPEG-4 к наземным характеристикам канала. Поток данных подвергается следующим операциям:

- синхронизации транспортного потока;
- адаптивному мультиплексированию транспортных потоков и рандомизации распределения энергии;
- внешнему кодированию (блочный код Рида-Соломона);
- внешней компоновке;
- внутреннему кодированию (сверточное кодирование переменной длины);
- внутренней компоновке (битовый перемежитель и частотный перемежитель);
- отображению и модуляции;
- передаче OFDM сигнала.

Система допускает различные уровни модуляции QAM и различные скорости внутреннего кодирования, которые используются для достижения оптимального соотношения между скоростью цифрового потока и надежностью (помехозащищенностью). Так как система будет использоваться в среде с плотной городской застройкой, то введен механизм регулирования длины защитного интервала.

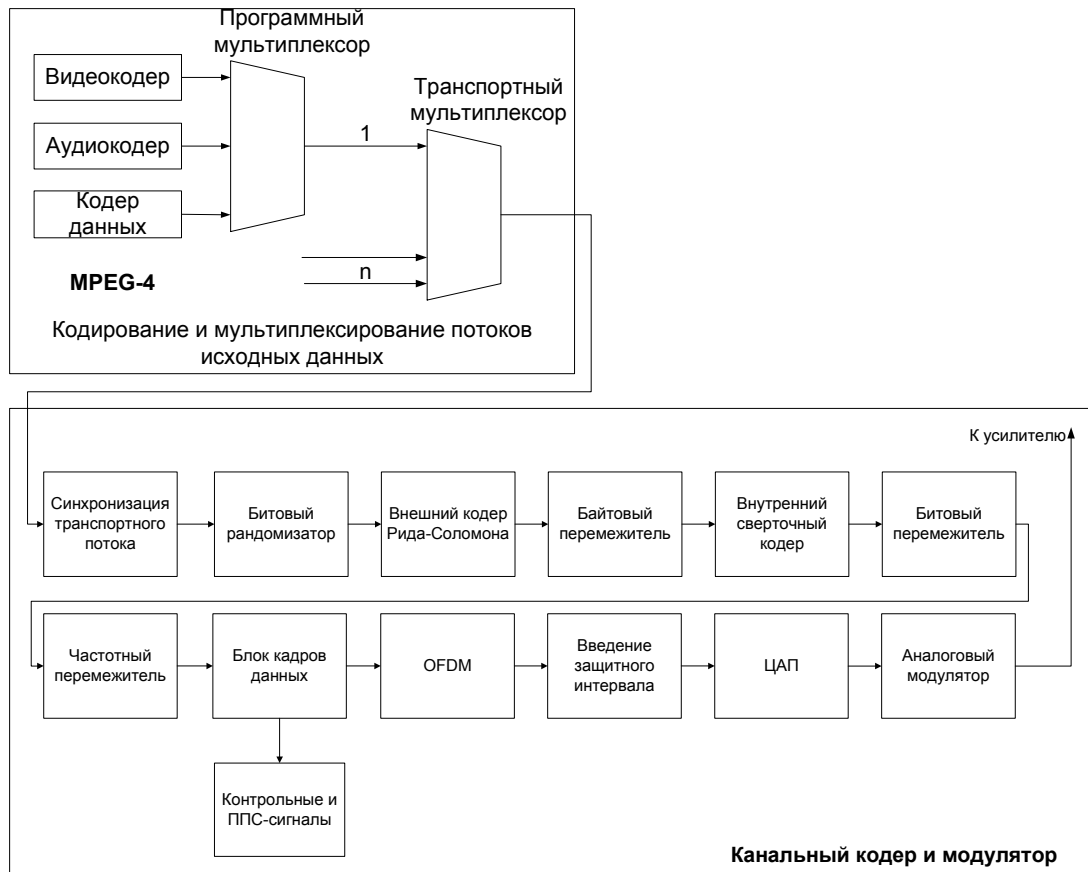


Рис.1. Функциональная блок-схема системы канального кодирования и OFDM-модуляции

Передаваемый сигнал организован в виде кадров. Каждый кадр имеет длительность T_F и состоит из 136 символов OFDM. Четыре кадра составляют один суперкадр. Каждый символ передается с длительностью T_S . Он состоит из частей: полезной, длительность которого T_U , и защитного интервала с длительностью Δ . Защитный интервал является циклическим продолжением полезной части T_U и вводится перед ней. Четыре значения защитного интервала можно использовать в соответствии с таблицей 5.

Символы в кадре OFDM пронумерованы от 0 до 135. Все символы содержат информацию о данных и опорную информацию.

Несущие проиндексированы $k \in [K_{\min}; K_{\max}]$, где $K_{\min} = 0$ и $K_{\max} = 278$. Интервал между соседними несущими равен $1/T_U$, в то время как интервал между несущими K_{\min} и K_{\max} определяется как $(K-1)/T_U$. Числовые значения параметров в таблице 1.

Излучаемый сигнал описывается следующим выражением:

$$s(t) = \operatorname{Re} \left\{ e^{j \cdot 2\pi \cdot f_c \cdot t} \cdot \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{l=0}^{135} \sum_{k=K_{\min}}^{K_{\max}} c_{m,l,k} \cdot \Psi_{m,l,k}(t) \right\},$$

$$\text{где } \Psi_{m,l,k}(t) = \begin{cases} e^{j \cdot 2\pi \cdot \frac{k'}{T_U} \cdot (t - \Delta - l \cdot T_s - 136 \cdot m \cdot T_s)}, & (l + 136 \cdot m) \cdot T_s \leq t \leq (l + 136 \cdot m + 1) \cdot T_s \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

где: k -номер несущей; l -номер символа OFDM; m -номер передаваемого кадра;

K -число переданных несущих; T_S -длительность символа (с защитным интервалом); T_U - длительность полезной части символа; Δ -длительность защитного интервала; F_c -центральная частота спектра радио-сигнала; k' -индекс несущей относительно центральной частоты, $k' = k - (K_{\max} + K_{\min}) / 2$;

$c_{m,0,k}$ -комплексный символ несущей k 1-го символа данных в кадре номер m ;

$c_{m,1,k}$ -комплексный символ несущей k 2-го символа данных в кадре номер m ; ...

$c_{m,67,k}$ комплексный символ несущей k 68-го символа данных в кадре номер m .

Таблица 1

Параметр	Значение
Число несущих K	279
Нижний предел номера несущей K_{\min}	0

Верхний предел номера несущей K_{max}	278
Длительность T_U	1092 μ s
Расстояние между соседними несущими $1/T_U$	915,527 Гц
Расстояние между самой нижней и самой верхней несущими $(K-1)/T_U$	254,516 Гц

В таблице 2 приведены длительности символьной части для разрешенных защитных интервалов.

Таблица 2

Защитный интервал Δ/T_U	1/4	1/8	1/16	1/32
Длительность части символа T_U	8192 x T 1092 μ s			
Длительность защитного интервала Δ	2048 x T 273 μ s	1024 x T 136,5 μ s	512 x T 68 μ s	256 x T 34 μ s
Длительность символа $T_S = \Delta + T_U$	10240 x T 1365 μ s	9216 x T 1 229 μ s	8704 x T 1160 μ s	8448 x T 1126 μ s

Величины $c_{m,l,k}$ - это нормализованные значения модуляции точек созвездия OFDM согласно алфавиту модуляции, применяемому для данных. Коэффициенты нормализации приведены в таблице 3.

Таблица 3

Тип модуляции	Нормализующий коэффициент
QPSK	$c = z/\sqrt{2}$
16-QAM	$c = z/\sqrt{10}$
64-QAM	$c = z/\sqrt{42}$

Некоторые пилотные несущие передают дополнительную опорную информацию, не зависящую от полезных данных, и используются для оценки канала и коррекции амплитудных и фазовых искажений. Пилотные ячейки передаются на "усиленном" уровне мощности. Каждая пилотная ячейка может быть либо постоянной, либо рассеянной пилотной ячейкой. Положение постоянных пилотных ячеек не зависит от номера символа, в то время как положение рассеянных пилотных ячеек зависит от номера символа в кадре. Возможно, что некоторая пилотная ячейка одновременно является и постоянной и рассеянной пилотной ячейкой.

Диаграмма ввода пилотных ячеек показана на рис. 2, а в таблице 4 даны номера постоянных пилотных ячеек.

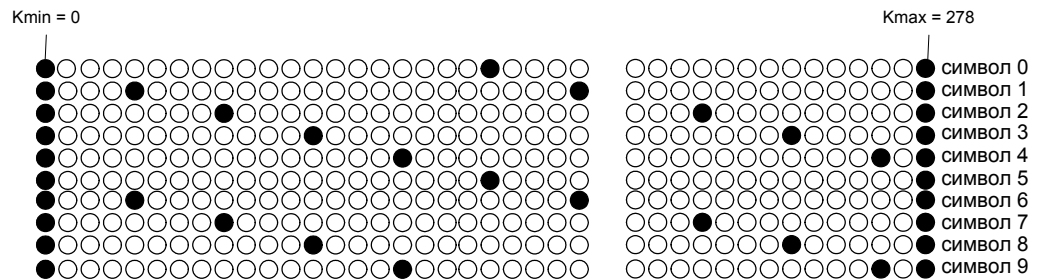


Рис. 2. Кадровая структура

Таблица 4

Номера повторяющихся пилотных несущих
0, 48, 54, 87, 141, 156, 192, 201, 255, 278

В таблице 5 приведены скорости полезного битового потока (кбит/с) для всех комбинаций защитного интервала, QAM-созвездия и скорости свёрточного кода.

$$\text{Bitrate} = \frac{252 \times \text{BitsPerCarrier} \times \text{ConvolutionalRate} \times 188 / 204}{1,092 \times 10^{-3} \times (1 + \text{GuardInterval}) \times 10^3} \text{ кбит/с.}$$

В этой формуле используются следующие обозначения:

BitsPerCarrier – количество бит, передающихся на одной информационной несущей;

ConvolutionRate – скорость свёрточного кода; GuardInterval – защитный интервал.

Заметим, что 252 – число информационных несущих.

Таблица 5

QAM - созвездие	Скорость свертчного кода	Защитный интервал			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	170,09	188,99	200,11	206,17

QPSK	2/3	226,79	251,99	266,81	274,90
QPSK	3/4	255,14	283,49	300,17	309,26
QPSK	5/6	283,49	314,99	333,52	343,62
QPSK	7/8	297,66	330,74	350,19	360,81
16-QAM	1/2	340,19	377,99	400,22	412,35
16-QAM	2/3	453,58	503,98	533,63	549,80
16-QAM	3/4	510,28	566,98	600,33	618,52
16-QAM	5/6	566,98	629,98	667,04	687,25
16-QAM	7/8	595,33	661,48	700,39	721,61
64-QAM	1/2	510,28	566,98	600,33	618,52
64-QAM	2/3	680,38	755,97	800,44	824,70
64-QAM	3/4	765,42	850,47	900,50	927,79
64-QAM	5/6	850,47	944,97	1000,55	1030,87
64-QAM	7/8	892,99	992,22	1050,58	1082,42

На рис.3 приведена функциональная блок-схема приемного устройства.

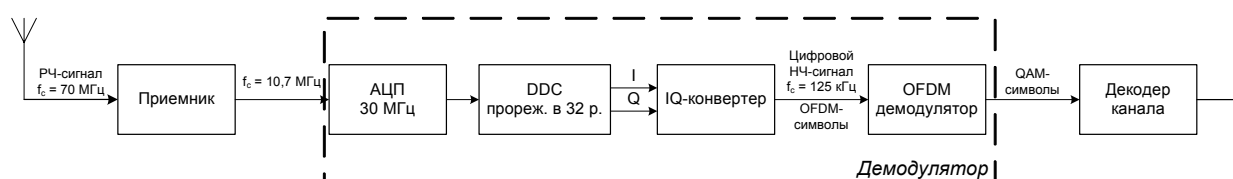


Рис.3. Функциональная блок-схема приемника

Декодирование радиосигнала на приемной стороне начинается с переноса его спектра с частоты, например, $f_c=70$ МГц (ОВЧ-ЧМ диапазон) на промежуточную частоту 10.7 МГц. На вход демодулятора системы подается сигнал промежуточной частоты, дискретизируемый высокоскоростным АЦП с частотой дискретизации 30 МГц и разрядностью 14 бит. Полученный после аналого-цифрового преобразования сигнал поступает на DDC-преобразователь (Digital Down Converter). DDC-преобразователь прореживает входной цифровой поток в 32 раза и переносит центр спектра сигнала с частоты 10.7 МГц на частоту 0 Гц, при этом сигнал представляется в виде I-Q-компонент и имеет «свёрнутый» спектр. Частота следования отсчетов на выходе DDC составляет 937500 Гц. I-Q-конвертер сдвигает спектр, полученный на предыдущем этапе, вправо (т.е. в сторону увеличения частоты) на величину, равную половине ширины полосы сигнала, т.е. приблизительно на 125 кГц. В результате этого преобразования на выходе I-Q-конвертера получается низкочастотный сигнал, с центральной частотой спектра $f_c=125$ кГц. Этот сигнал представляет собой последовательность OFDM-символов, поступающих на OFDM-демодулятор. OFDM-демодулятор преобразует временную последовательность OFDM-символов в последовательность QAM-символов. Далее последовательность QAM-символов поступает на декодер канала. Такие преобразования позволяют осуществлять дальнейшее каналное декодирование сигнала персональным компьютером в реальном масштабе времени, поскольку скорость цифрового потока на выходе демодулятора составляет 1875000 байт/с.

В диапазоне ОВЧ-ЧМ вещания 66-74 МГц может быть размещено до 32 каналов аудиовизуальных систем для мобильного абонента и использованы имеющиеся в эксплуатации передающие средства.

Внедрением таких систем могут быть заинтересованы организации, использующие ОВЧ ЧМ диапазон для вещания стереопрограмм, силовые ведомства, банковские структуры, организации городского и междугородного транспорта и др.

