

УДК 621.39

**В.В. Баранник,**

доктор технических наук, профессор,

**А.А. Красноруцкий,**

кандидат технических наук, с.н.с.,

**А.В. Яковенко,**

кандидат технических наук, с.н.с.

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БИТОВОЙ СКОРОСТЬЮ ВИДЕОПОТОКА В ПРОЦЕССЕ КОМПРЕССИИ

*Побудовано методологічну базу для управління бітовою швидкістю стислого відеопотоку. Розроблено систему виразів, що дозволяє оцінити бітову швидкість стислого відеопотоку, що враховує особливості кольорової моделі, формат подання кольорового простору.*

**Ключові слова:** відеопотік, структурна одиниця кадру, формат подання кольорового простору, складові кольорової моделі.

*Построена методологическая база для управления битовой скоростью сжатого видеопотока. Разработана система выражений, позволяющая оценить битовую скорость сжатого видеопотока, которая учитывает особенности цветовой модели, формат представления цветного пространства.*

**Ключевые слова:** видеопоток, структурная единица кадра, формат представления цветного пространства, составляющие цветовой модели.

*Methodological basis for the management of the bite rate of the compressed-video bitstream is constructed. The system of the expressions, allowing to estimate the bite rate of the compressed-video bitstream which considers the features of a color model, as well as a format of the representation of the color space is developed.*

**Keywords:** video bitstream, structural unit of a frame, format of color space, components of the color model.

### **Введение.**

Динамика развития информационной сферы современного общества очень высока. Она характеризуется значительным объемом трафика в сети Internet, который возрос за последние годы в три раза, а его ежегодный прирост составляет почти 100 %. При этом, к 2014 году около 80 % всего трафика будет составлять видеотрафик. Темпы роста объемов обрабатываемой информации ведут к тому, что пропускной способности современных каналов связи становится недостаточно [1]. Рост количества пользователей, мультисервисность предоставляемых услуг приводит к наличию динамически меняющихся характеристик телекоммуникационной сети.

Динамичная пульсация характеристик ТКС оказывает негативное влияние на ее функционирование. Это выражается в снижении качества предоставления

сервисных услуг. Особенно это характерно для беспроводных технологий передачи данных. В таком случае целесообразно применять технологии управления и согласования характеристик ТКС с характеристиками видеопотока, что показано в работе [2]. Разработка системы управления и согласования битовой скорости видеопотока и динамически изменяющихся характеристик ТКС предполагает организацию целенаправленного процесса изучения ее элементов и подсистем во взаимосвязи и взаимодействии между собой. Это подразумевает создание соответствующей методологической базы [3]. Отсюда **цель статьи** заключается в разработке методологической базы для управления и согласования битовой скорости видеопотока в расчете на один кадр.

### Основной материал.

Видеопоток, поступающий на обработку, представляет собой последовательность кадров, формируемых составляющими яркости  $Y$  и цветности  $C_r$  и  $C_b$ . Эти составляющие сегментированы на блоки пикселей или базовые сегменты. Каждый сегмент является матрицей размером  $m \times n$  пикселей. Базовые сегменты яркости  $Y$  и базовые сегменты цветности –  $C_r$  и  $C_b$ , группируются в макросегменты (рис. 1). На рис. 1 сегменты, образующие макросегмент кадра, обозначены как  $S(Y)_{i,j}^{(\xi,\gamma)}$ . Здесь  $(i, j)$  – координаты сегмента в макросегменте, а  $(\xi, \gamma)$  – координаты макросегмента в кадре;  $S(C_r)_{i,j}^{(\xi,\gamma)}$  и  $S(C_b)_{i,j}^{(\xi,\gamma)}$  –  $(i, j)$ -й сегмент для  $(\xi, \gamma)$ -го макросегмента хроматических составляющих кадра.

Существующие технологии обработки видеоданных оперируют с макросегментами, состоящими из 4 сегментов, образующих укрупненный массив  $2 \times 2$ , т.е.  $m_c = 2$ ,  $n_c = 2$ .

Здесь координаты сегментов определяют их пространственное положение в макросегментах. Координаты сегментов в макросегменте задаются как –  $(1,1)$ ,  $(1,2)$ ,  $(2,1)$  и  $(2,2)$ .

Введем обозначения для  $(\xi, \gamma)$ -го макросегмента яркостной составляющей как  $M(Y)^{(\xi,\gamma)}$  для макросегментов таких хроматических составляющих как  $M(C_r)^{(\xi,\gamma)}$  и  $M(C_b)^{(\xi,\gamma)}$ .

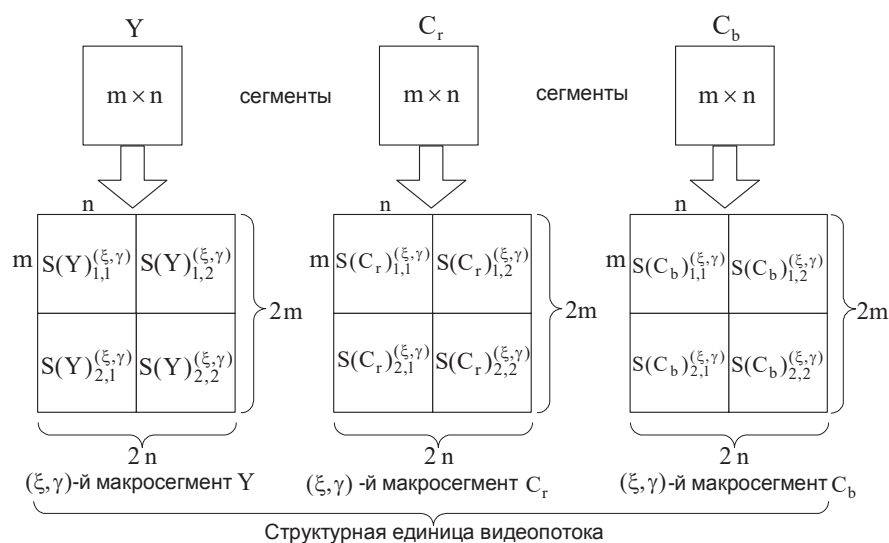


Рис. 1. Схема трехкомпонентного представления базовых сегментов видеоданных  $Y$ ,  $C_r$  и  $C_b$

Совокупность сегментов яркостной составляющей образует макросегмент

яркости, которые собраны так:  $M(Y)^{(\xi, \gamma)} = \bigcup_{i=1}^{m_c} \bigcup_{j=1}^{n_c} S(Y)_{i,j}^{(\xi, \gamma)}$ .

Макросегменты хроматических составляющих образованы соответствующими сегментами цветности  $S(C_r)_{i,j}^{(\xi, \gamma)}$  и  $S(C_b)_{i,j}^{(\xi, \gamma)}$ , что отображено в следующих выражениях:

$$M(C_r)^{(\xi, \gamma)} = \bigcup_{i=1}^{m_c} \bigcup_{j=1}^{n_c} S(C_r)_{i,j}^{(\xi, \gamma)}; \quad M(C_b)^{(\xi, \gamma)} = \bigcup_{i=1}^{m_c} \bigcup_{j=1}^{n_c} S(C_b)_{i,j}^{(\xi, \gamma)}.$$

С учетом чего яркостная составляющая  $F(Y)$  является совокупностью всех

макросегментов, т.е.:  $F(Y) = \bigcup_{\xi=1}^{m_{MC}} \bigcup_{\gamma=1}^{n_{MC}} M(Y)^{(\xi, \gamma)} = \bigcup_{\xi=1}^{m_{MC}} \bigcup_{\gamma=1}^{n_{MC}} \bigcup_{i=1}^{m_c} \bigcup_{j=1}^{n_c} S(Y)_{i,j}^{(\xi, \gamma)}$ .

Соответственно, хроматические составляющие обозначаются как  $F(C_r)$  и  $F(C_b)$ , и формируются следующим образом:

$$F(C_r) = \bigcup_{\xi=1}^{m_{MC}} \bigcup_{\gamma=1}^{n_{MC}} \bigcup_{i=1}^{m_c} \bigcup_{j=1}^{n_c} S(C_r)_{i,j}^{(\xi, \gamma)}; \quad F(C_b) = \bigcup_{\xi=1}^{m_{MC}} \bigcup_{\gamma=1}^{n_{MC}} \bigcup_{i=1}^{m_c} \bigcup_{j=1}^{n_c} S(C_b)_{i,j}^{(\xi, \gamma)}.$$

**Проведем разработку модели оценки битовой скорости  $W_t$  в расчете на один кадр.** Величина  $W_t$  формируется как объем цифрового описания составляющих цветовой модели, что задается такой формулой:

$$W_t = W(Y) + W(C_r) + W(C_b), \quad (1)$$

где  $W(Y)$  – количество бит на представление яркостной составляющей цветовой модели;  $W(C_r)$ ,  $W(C_b)$  – количество бит на представление хроматических составляющих кадра.

Объемы составляющих цветовой модели представляют собой совокупные объемы цифрового описания макросегментов  $w(Y)^{(\xi, \gamma)}$ ,  $w(C_r)^{(\xi, \gamma)}$ ,  $w(C_b)^{(\xi, \gamma)}$ . Значит, битовый объем составляющих цветовой модели составит:

$$W(Y) = \sum_{\xi=1}^{m_{MC}} \sum_{\gamma=1}^{n_{MC}} w(Y)^{(\xi, \gamma)}; \quad W(C_r) = \sum_{\xi=1}^{m_{MC}} \sum_{\gamma=1}^{n_{MC}} w(C_r)^{(\xi, \gamma)}; \quad W(C_b) = \sum_{\xi=1}^{m_{MC}} \sum_{\gamma=1}^{n_{MC}} w(C_b)^{(\xi, \gamma)}, \quad (2)$$

где  $m_{mc}$  и  $n_{mc}$  – количество макросегментов в кадре по горизонтали и вертикали.

С учетом соотношений (2), выражение (1) для величины  $W_t$  примет вид

$$W_t = \sum_{\xi=1}^{m_{Mc}} \sum_{\gamma=1}^{n_{Mc}} w(Y)^{(\xi,\gamma)} + \sum_{\xi=1}^{m_{Mc}} \sum_{\gamma=1}^{n_{Mc}} w(C_r)^{(\xi,\gamma)} + \sum_{\xi=1}^{m_{Mc}} \sum_{\gamma=1}^{n_{Mc}} w(C_b)^{(\xi,\gamma)}.$$

Количество бит, затраченное на представление одного макросегмента составляющей цветовой модели, равно суммарному количеству бит на представление входящих в него сегментов. Обозначим через  $w(Y)_{i,j}^{(\xi,\gamma)}$  – объем в битах  $(i, j)$ -го сегмента для  $(\xi, \gamma)$ -го макросегмента яркостной составляющей кадра видеопотока, а  $w(C_r)_{i,j}^{(\xi,\gamma)}$ ,  $w(C_b)_{i,j}^{(\xi,\gamma)}$  – объемы цифрового описания  $(i, j)$ -го сегмента для  $(\xi, \gamma)$ -го макросегмента хроматических составляющих кадра видеопотока. Тогда объемы цифрового представления макросегментов для составляющих яркости  $w(Y)^{(\xi,\gamma)}$  и макросегментов хроматических составляющих  $w(C_r)^{(\xi,\gamma)}$ ,  $w(C_b)^{(\xi,\gamma)}$  цветовой модели определяются по следующим формулам:

$$w(Y)^{(\xi,\gamma)} = \sum_{i=1}^{m_c} \sum_{j=1}^{n_c} w(Y)_{i,j}^{(\xi,\gamma)}; \quad (4)$$

$$w(C_r)^{(\xi,\gamma)} = \sum_{i=1}^{m_c} \sum_{j=1}^{n_c} w(C_r)_{i,j}^{(\xi,\gamma)}; \quad (5)$$

$$w(C_b)^{(\xi,\gamma)} = \sum_{i=1}^{m_c} \sum_{j=1}^{n_c} w(C_b)_{i,j}^{(\xi,\gamma)}, \quad (6)$$

где  $m_c$  – количество сегментов в макросегменте по горизонтали;  $n_c$  – количество сегментов в макросегменте по вертикали.

Оценим затраты количества бит на представление одного сегмента составляющей кадра видеоданных. Битовый объем  $w$  типового сегмента кадра видеопотока зависит от: размера сегмента, типа цветовой модели, параметра квантования, статистических и структурных особенностей кадра видеоданных, применяемых методов и режимов кодирования, что задается следующим выражением:

$$w = f(u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7), \quad (7)$$

где  $u_1$  – статистические особенности исходного изображения;  $u_2$  – структурные особенности исходного изображения;  $u_3$  – размер сегмента;  $u_4$  – тип цветовой модели;  $u_5$  – параметр квантования;  $u_6$  – тип кодирования;  $u_7$  – режим кодирования.

Раскроем параметры функционала (7). Под статистическими особенностями  $u_1$ , исходного изображения понимаются особенности, обусловленные наличием вероятностно-статистических взаимосвязей между элементами кадра. Такие взаимосвязи задаются распределением вероятностей между элементами кадра и наличием корреляционных связей [4].

Структурные особенности  $u_2$  соответствуют количеству, форме и размерам контуров и длин серий, размерам и формам цветовых областей.

Параметр  $u_3$  – размер сегмента в пикселях, для принятых стандартов обработки видеоданных размер сегмента составляет:  $8 \times 8$ ,  $16 \times 16$ ,  $32 \times 32$ .

Тип цветовой модели –  $u_4$ , используемая при обработке видеоданных цветовая модель основана на трех основных (базовых) цветах: красный (Red), зеленый (Green) и синий (Blue). Остальные цвета получаются в результате сочетания базовых цветов.

Параметр квантования  $u_5$  – используются два подхода. Первый подход – обработка с применением таблиц квантования, принятых по умолчанию. Причем используется две таблицы: одна для составляющей яркости, а другая – для хроматических составляющих. Второй подход предполагает вычисление таблицы коэффициентов квантования, зависящей от параметра, который задается пользователем. Этот параметр задается пошагово, тем самым обеспечивая постепенное увеличение расчетных коэффициентов таблицы квантования [5].

Параметр функционала  $u_6$  определяет тип применяемого кодирования. На практике реализуются методы статистического кодирования (варианты кодов Хаффмана и арифметического кодирования) с использованием таблиц стандартных статистических кодов с заранее известной статистикой. Код формируется путем объединения значения основного кода и дополнительного кода – младших разрядов значения разности коэффициентов до заданной табличной длины итоговой кодовой последовательности. Кодограмма формируется для отдельных элементов входных сообщений, а длина кодограммы зависит от вероятности появления символов алфавита во входном сообщении. При этом кодограммы имеют неравномерную длину.

Параметр  $u_7$  определяет режим кодирования. Приведенные выше методы кодирования применяются в двух режимах. В первом случае кодирование организовано априорно, т.е. используются стандартные, заранее известные таблицы вероятностей вхождения символов. Во втором случае кодирование применяется адаптивно, таблицы вероятностей строятся и уточняются в процессе кодирования.

При оценке битовой скорости требуется учитывать формат цветовой модели. Формат цветовой модели используется для учета дифференцированной психовизуальной нагрузки составляющих цветовой модели. Его суть состоит в том, что зрительный аппарат человека более чувствителен к изменениям яркостной составляющей, а к изменениям хроматической составляющей менее чувствителен. Поэтому структура макросегмента яркостной составляющей цветовой модели не изменяется, а состав макросегментов хроматических составляющих может варьироваться в зависимости от формата цветового пространства.

В связи с этим, для учета дифференцированного влияния цветового формата на объем битового описания кадра предлагается ввести понятие **структурной единицы кадра** (рис. 2).

Определение 1. Структурной единицей кадра будем называть такую структуру, которая формируется на основе макросегментов по одному от каждой составляющей цветовой модели. Структурная единица задается следующей формулой:

$$E_{\text{стр}}^{(\xi, \gamma)} = M(Y)^{(\xi, \gamma)} \cup M(C_r)^{(\xi, \gamma)} \cup M(C_b)^{(\xi, \gamma)}.$$

В состав структурной единицы входит макросегмент яркостной  $Y$  составляющей и по одному макросегменту от каждой хроматической  $C_r$  и  $C_b$  составляющей. Структурная единица кадра в зависимости от цветового формата может быть трех типов:

- макросегменты всех составляющих представлены четырьмя сегментами, формат обозначается как 4:4:4;
- макросегменты хроматических составляющих представлены сегментами первой и второй четверти, обозначается как 4:2:2;
- макросегменты хроматических составляющих представлены сегментами первой четверти, обозначается как 4:2:0.

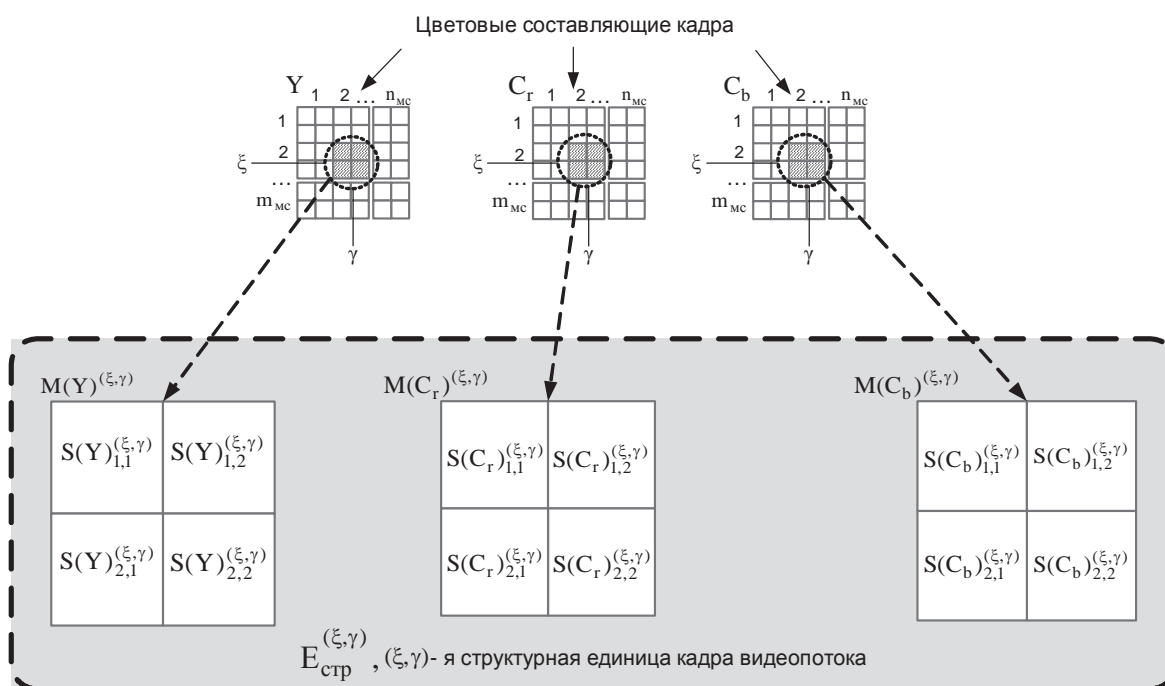


Рис. 2. Схема формирования структурной единицы кадра видеопотока

Отсюда видно, что объемы составляющих кадра определяются форматом представления цветового пространства. Значит, объем цифрового описания  $w_{\text{стр}}^{(\xi, \gamma)}$  для  $(\xi, \gamma)$ -ой структурной единицы зависит от объемов входящих в него макросегментов, и определяется выражением:  $w_{\text{стр}}^{(\xi, \gamma)} = w(Y)^{(\xi, \gamma)} + w(C_r)^{(\xi, \gamma)} + w(C_b)^{(\xi, \gamma)}$ , или через объемы цифрового описания входящих в структурную единицу сегментов получим

$$w_{\text{стр}}^{(\xi, \gamma)} = \sum_{i=1}^{m_c} \sum_{j=1}^{n_c} \left( w(Y)_{i,j}^{(\xi, \gamma)} + w(C_r)_{i,j}^{(\xi, \gamma)} + w(C_b)_{i,j}^{(\xi, \gamma)} \right). \quad (8)$$

Форматы представления цветового пространства задаются, исходя из количества сегментов составляющих цветности. Так, для формата представления цветового пространства 4:4:4 количество элементов яркостной и хроматических составляющих кадра видеопотока сохранены в полном составе (рис. 3).

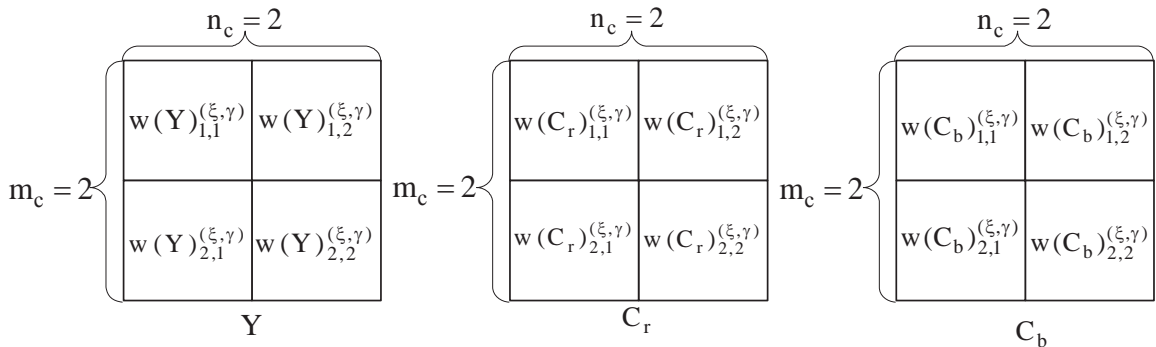


Рис. 3. Схема распределения сегментов видеоданных для формата цветового пространства 4:4:4

Объем цифрового описания структурной единицы для формата представления цветового пространства 4:4:4, при  $m_c=2$ ,  $n_c=2$ , определяется выражением:

$$w_{\text{стр}}^{(\xi, \gamma)} = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \left( w(Y)_{i,j}^{(\xi, \gamma)} + w(C_r)_{i,j}^{(\xi, \gamma)} + w(C_b)_{i,j}^{(\xi, \gamma)} \right).$$

Для формата представления цветового пространства 4:2:2 горизонтальная выборка хроматических составляющих изображения уменьшится в два раза, по сравнению с яркостной составляющей. Вклад в битовую скорость яркостной составляющей не изменится, а хроматической – снизится за счет исключения второй строки макросегмента составляющих цветности (рис. 4).

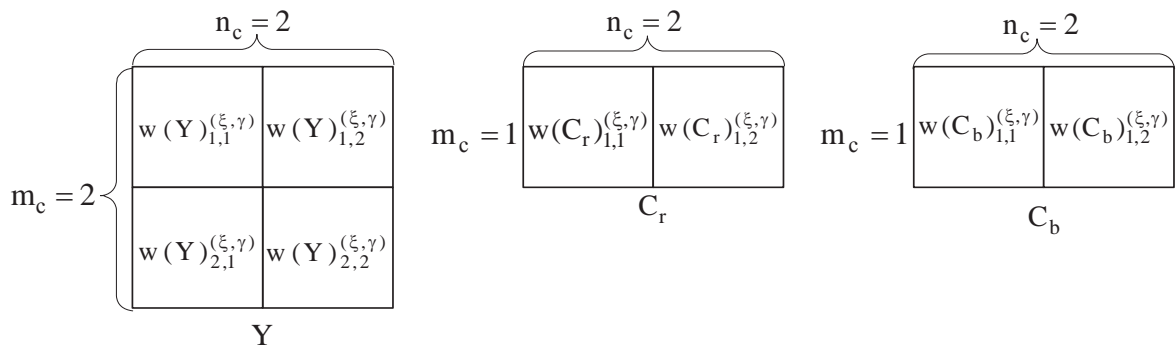


Рис. 4. Схема распределения сегментов видеоданных для формата цветового пространства 4:2:2



В этом случае объем цифрового описания структурной единицы определяется следующим выражением:

$$w_{\text{СТТ}}^{(\xi, \gamma)} = w(Y)_{i,j}^{(\xi, \gamma)} + \sum_{j=1}^2 \left( w(C_r)_{1,j}^{(\xi, \gamma)} + w(C_b)_{1,j}^{(\xi, \gamma)} \right).$$

При использовании формата цветного пространства 4:2:0, яркостная составляющая изображения остается неизменной, а хроматические составляющие  $C_r$  и  $C_b$  цветовой модели представлены одним сегментом первой четверти, в макросегменте отбрасывается вторая строка и второй столбец (рис. 5). Для формата представления цветного пространства 4:2:0, объем цифрового описания структурной единицы примет вид  $w_{\text{СТТ}}^{(\xi, \gamma)} = w(Y)_{1,1}^{(\xi, \gamma)} + w(C_r)_{1,1}^{(\xi, \gamma)} + w(C_b)_{1,1}^{(\xi, \gamma)}$ .

Тогда битовая скорость потока видеоданных в расчете на один кадр  $W_t$  определяется затратами разрядов на представление структурных единиц  $w_{\text{СТТ}}^{(\xi, \gamma)}$  кадра, с учетом форматов представления цветного пространства.

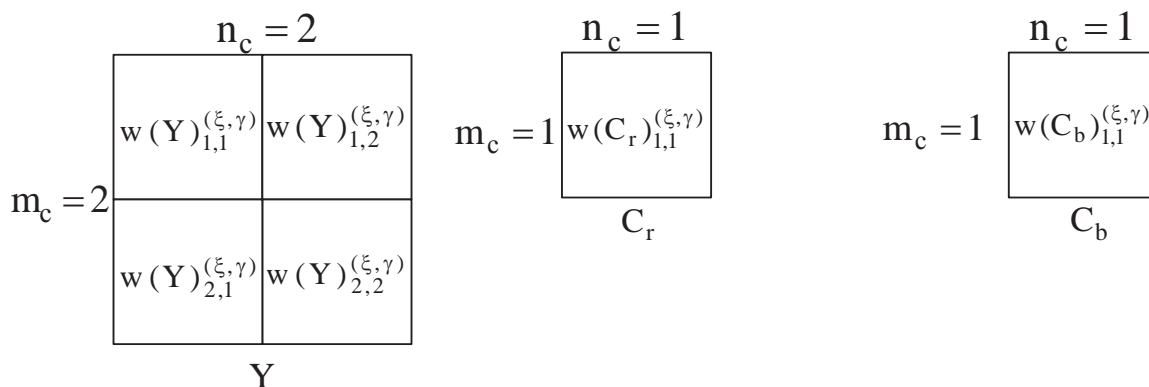


Рис. 5. Схема распределения сегментов видеоданных для формата цветного пространства 4:2:0

Выражение (1) для определения битовой скорости видеопотока в расчете на один кадр, с учетом соотношения (8) примет вид

$$W_t = \sum_{\xi=1}^{m_{\text{MC}}} \sum_{\gamma=1}^{n_{\text{MC}}} w_{\text{СТТ}}^{(\xi, \gamma)} = \sum_{\xi=1}^{m_{\text{MC}}} \sum_{\gamma=1}^{n_{\text{MC}}} \sum_{i=1}^{m_c} \sum_{j=1}^{n_c} \left( w(Y)_{i,j}^{(\xi, \gamma)} + w(C_r)_{i,j}^{(\xi, \gamma)} + w(C_b)_{i,j}^{(\xi, \gamma)} \right).$$

**Формула (1) для битовой скорости  $W_t$  сжатого видеопотока в расчете на один кадр, с учетом выражений (4)-(6), (8), т.е. через объемы сегментов, принимает вид:**

$$W_t = \sum_{\xi=1}^{m_{\text{MC}}} \sum_{\gamma=1}^{n_{\text{MC}}} \left( \sum_{i=1}^{m_c} \sum_{j=1}^{n_c} w(Y)_{i,j}^{(\xi, \gamma)} + \sum_{i=1}^{m_c} \sum_{j=1}^{n_c} w(C_r)_{i,j}^{(\xi, \gamma)} + \sum_{i=1}^{m_c} \sum_{j=1}^{n_c} w(C_b)_{i,j}^{(\xi, \gamma)} \right), \quad (9)$$



Отсюда следует, что для выбранных режимов форматов представления цветовой модели яркостная составляющая включает все сегменты, а изменяются только цветные составляющие. Тогда соотношение (9) для выражения  $W_t$  в зависимости от формата цветного пространства, представим в виде формулы

$$W_t = \sum_{\xi=1}^{m_{MC}} \sum_{\gamma=1}^{n_{MC}} w(Y)^{(\xi,\gamma)} + \sum_{\xi=1}^{m_{MC}} \sum_{\gamma=1}^{n_{MC}} \left( \sum_{i=1}^{m_c} \sum_{j=1}^{n_c} w(C_r)_{i,j}^{(\xi,\gamma)} + \sum_{i=1}^{m_c} \sum_{j=1}^{n_c} w(C_b)_{i,j}^{(\xi,\gamma)} \right). \quad (10)$$

Битовая скорость  $W_t$  сжатого потока видеоданных в расчете на один кадр для формата цветного представления 4:4:4 соответствует выражению (10). Количество строк и столбцов в макросегменте остается неизменным, т.е.  $m_c=2$ ,  $n_c=2$  для хроматических составляющих  $C_r$  и  $C_b$ , тогда выражение (10) примет

$$\text{вид } W_t = \sum_{\xi=1}^{m_{MC}} \sum_{\gamma=1}^{n_{MC}} \left( \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \left( w(Y)_{i,j}^{(\xi,\gamma)} + w(C_r)_{i,j}^{(\xi,\gamma)} + w(C_b)_{i,j}^{(\xi,\gamma)} \right) \right).$$

С учетом особенностей формата представления цветного пространства 4:2:2, когда из макросегментов обеих цветных составляющих исключается вторая строка, т.е.  $m_c=1$ ,  $n_c=2$ , выражение (10) для битовой скорости  $W_t$  сжатого потока в расчете на кадр примет вид

$$W_t = \sum_{\xi=1}^{m_{MC}} \sum_{\gamma=1}^{n_{MC}} \left( \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \left( w(Y)_{i,j}^{(\xi,\gamma)} + w(C_r)_{1,j}^{(\xi,\gamma)} + w(C_b)_{1,j}^{(\xi,\gamma)} \right) \right).$$

Аналогично для формата представления цветного пространства 4:2:0 особенностью является то, что хроматические составляющие  $C_r$  и  $C_b$  в макросегменте представлены только одним сегментом первой четверти, т.е.  $m_c=n_c=1$ . Выражение  $W_t$  для формата представления цветного пространства 4:2:0 примет

$$\text{вид } W_t = \sum_{\xi=1}^{m_{MC}} \sum_{\gamma=1}^{n_{MC}} \left( \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \left( w(Y)_{i,j}^{(\xi,\gamma)} + w(C_r)_{1,j}^{(\xi,\gamma)} + w(C_b)_{1,j}^{(\xi,\gamma)} \right) \right).$$

Таким образом, получены выражения для оценки величины битовой скорости сжатого видеопотока в расчете на один кадр, с учетом различных форматов представления цветного пространства.

### Выводы:

Разработана методологическая база для управления битовой скоростью  $W_t$  сжатого видеопотока, которая включает систему выражений: оценки объема на представление яркостной составляющей и хроматических составляющих цветовой модели кадра через объемы цифрового описания макросегментов и сегментов цветных составляющих кадра; оценки объема цифрового описания макросегментов для составляющей яркости и двух хроматических составляющих

кадра видеопотока; оценки затрат количества бит на представление одного типового сегмента составляющей кадра видеоданных; оценки объема структурной единицы кадра видеопотока.

Полученная система выражений позволяет оценить битовую скорость видеопотока в расчете на один кадр, с учетом объема цифрового описания структурной единицы кадра в условиях: выбора формата представления цветного пространства; дифференцирования психовизуальной нагрузки составляющих цветовой модели.

Полученная система выражений позволяет создать методологическую базу для построения системы управления и согласования битовой скорости видеопотока с динамически меняющимися характеристиками телекоммуникационной сети. Особенно такая система актуальна для оценки величины битовой скорости видеопотока, при его передаче с применением беспроводных технологий, работающих в критических условиях. Критичность условий заключается в динамическом изменении характеристики сети, малом времени обработки при ограниченных вычислительных возможностях устройств обработки.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Смелянский Р.Л.* Проблемы современных компьютерных сетей / Р.Л. Смелянский [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://tm.ifmo.ru/tm2012/src/024e.pdf>.
2. *Баранник В.В.* Обоснование необходимости контроля битовой скорости видеопотока в телекоммуникационных сетях / В. В. Баранник, Р. В. Сафронов. – К.: “Сучасна спеціальна техніка”. – 2013.
3. Основная методологическая база исследования систем управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.cool4student.ru/node/2041>.
4. *Баранник В.В.* Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах / В.В. Баранник, В.П. Поляков. – Х. : ХУПС, 2010. – 212 с.
5. Rate Control and H.264 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.pixeltools.com/rate\\_control\\_paper.html](http://www.pixeltools.com/rate_control_paper.html).

Отримано 3.10.2013.