

МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА ПОСТРОЕНИЯ АЛГОРИТМОВ КОНТРОЛЯ БИТОВОЙ СКОРОСТИ ВИДЕОПОТОКА С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ТРЕБУЕМЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА

ТВЕРДОХЛЕБ В.В., ХАХАНОВА А.В., БАРАННИК В.В.

Рассматриваются принципы построения управляющих алгоритмов для контроля битовой скорости видеопотока. Показывается эффективность подходов, основанных на трехмерном представлении трансформант кадра, позволяющих осуществлять контроль скорости с одновременным учетом итоговых значений ошибки. Приводятся способы организации данных.

Ключевые слова: насыщенность трансформанты, управление битовой скоростью, битовая плоскость, пропускная способность.

Keywords: transformant saturation, bit rate control, bit plane, throughput.

1. Обоснование актуальности использования методов управления интенсивностью видеопотока

На сегодняшний день современные инфокоммуникации характеризуются стремительным ростом объема передаваемых видеоданных. Происходит постоянный рост числа пользователей систем видеоконференций и сервисов трансляции потокового видео. Вместе с тем наблюдается повышение пользовательских требований к качеству видео.

На фоне этого, однако, увеличение пропускной способности каналов запаздывает, что является причиной частых перегрузок сетей.

При этом обеспечение эффективной передачи трафика, чувствительного к задержкам, в частности, видеотрафика, зачастую бывает затруднительным. В первую очередь, это касается невозможности обеспечения требований QoS для интерактивного и потокового видео по ряду показателей, а именно: величине задержки передачи, значению джиттера, объему потерянных пакетов [1].

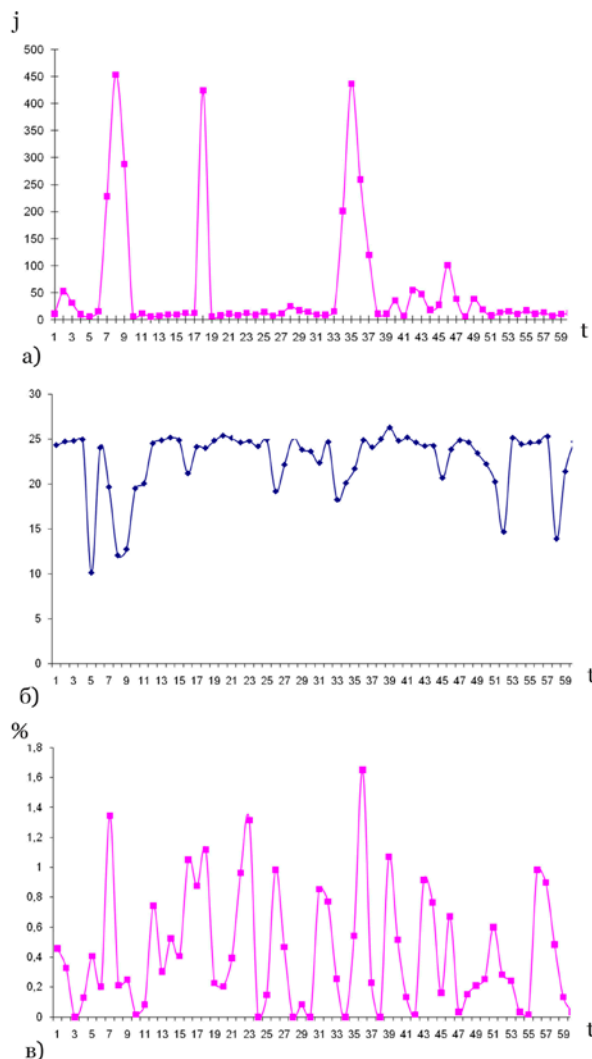
На рисунке приведены графики изменения значений задержки джиттера, частоты следования кадров и процента потерь пакетов при передаче видеопотока в режиме многоадресной передачи от одного источника к 15 получателям в локальной сети стандарта 100 Base-T. Видеопоток сжат кодеком H264 – MPEG4 AVC part 10 (h264), размер кадра – 768×576 пикселей, при этом частота следования кадров составляет 25 кадров/с. Время трансляции видео – 60 минут.

Анализ рисунка показывает, что для транслируемого видеопотока не обеспечиваются показатели

величины джиттера и потерь пакетов в соответствии с QoS. Одновременно с этим, на стороне приема частота следования кадров отлична от начальной, что влияет на визуальное качество видео [2].

В таких условиях возможность адаптируемости интенсивности видеопотока к пропускной способности канала является актуальной.

Данная возможность способна обеспечить эффективную передачу видеопотока, предотвратить возникновение потерь и задержек передачи видеоданных.



Изменение величины джиттера (а), частоты следования кадров (б) и процента потерь пакетов в процессе трансляции видеопотока

Целью данного исследования является построение методики управления битовой скоростью видеопотока для согласования ее величины с пропускной способностью канала инфокоммуникационной сети.

Основными задачами построения метода управления контроля битовой скоростью являются: опре-

деление условий эффективной передачи видеопотока на фоне изменяющейся пропускной способности канала, построение механизма управления битовой скоростью видеопотока и контроля уровня ошибки, а также способов обеспечения быстрого действия механизма управления.

2. Показатели качества видеоданных на стороне приема

Как правило, качество восстановленных на приемной стороне видеоданных оценивается с использованием одной из объективных метрик качества, таких, как пиковое отношение сигнал/шум, среднеквадратическое отклонение, степень структурного подобия и прочих. Однако в зависимости от динамики видеопотока объективные показатели качества могут отличаться в той или иной степени от визуальной оценки принятых видеоданных.

Поэтому, помимо обеспечения объективных показателей качества принятых видеоданных на должном уровне, следует также обеспечить визуально приемлемое качество видео [3].

В связи с этим, кроме эффективной передачи каждого кадра в отдельности, в соответствии с требованиями качества на стороне приема должна обеспечиваться частота следования кадров, соответствующая изначальной.

3. Условия эффективной передачи видеопотока

Эффективной можно считать такую передачу видеопотока, при которой обеспечивается выполнение следующих условий:

- соответствие требованиям QoS касательно величин задержки и потерь данных;
- поддержание уровня ошибки, не превышающего заданного значения;
- обеспечение визуально приемлимого качества видео на приеме.

Таким образом, наряду с управлением битовой скоростью R , необходимо также обеспечить значение ошибки, в качестве которой будем рассматривать уровень среднеквадратического отклонения, на требуемом уровне [4].

Тогда условия эффективной передачи видеопотока при изменяющейся пропускной способности канала могут быть представлены следующим образом:

$$\begin{cases} R \rightarrow \min, \\ d \leq d_{\min}. \end{cases} \quad (1)$$

При полученных условиях эффективной передачи видеопотока рассмотрим способ организации данных, дающий возможность построения управляющего метода.

4. Принцип работы метода контроля битовой скорости

Исходный видеокادر F , после выполнения ДКП и преобразования цветовой модели RGB в модель YCbCr, рассматривается как множество P трансформант, определяемое следующим образом:

$$P = \sum_{p=1}^Q Y_p, \quad (2)$$

где Y_p – p -я трансформанта кадра.

В свою очередь, каждая трансформанта Y_p представлена совокупностью $(h; w)$ -х компонент

$$Y_p = \|y(p)_{hw}\|.$$

Каждая компонента $y(p)_{hw}$ трансформанты Y_p представляется в двоичном виде, на основе последовательности $\alpha(p)_{hw}^{(\mu)}$ бит, как показано на рисунке.

Это эквивалентно преобразованию:

$$\|y(p)_{hw}\| \rightarrow \left\| \left\langle \alpha(p)_{hw}^{(\mu)}, \alpha(p)_{hw}^{(\mu-1)} \dots \alpha(p)_{hw}^{(0)} \right\rangle^T \right\|, \quad (3)$$

$$\alpha(p)_{hw}^{(\mu)} \in \{0, 1\}, \quad h = \overline{0, 7}; \quad w = \overline{0, 7}; \quad \mu = \overline{7, 0},$$

где $\alpha(p)_{hw}^{(\mu)}$ – μ -й бит двоичного разложения $(h; w)$ -й компоненты p -й трансформанты.

Множество всех бит μ -го разряда p -й трансформанты составляет битовую плоскость $Y(p)_\mu$.

В свою очередь, совокупность двоичных представлений всех элементов матрицы Y_p составляет битовый куб $Y_p^{(3d)}$.

При рассматриваемом способе организации данных верхний слой куба образуют старшие биты $\alpha(p)_{hw}^{(\mu)}$ двоичного представления.

Представление трансформанты Y_p в трехмерном пространстве позволяет осуществлять передачу данных отдельными битовыми плоскостями, аналогично подходу, который используется методом последовательного приближения технологии Progressive JPEG [5].

В этом случае появляется возможность контролировать объем передаваемой информации в зависимости от требований пропускной способности B_w канала.

В зависимости от требуемого объема бит для представления кадра, используются либо все n битовых плоскостей $Y(p)_\mu$ трансформанты Y_p , либо только $(n-\mu)$ битовых плоскостей, чтобы

обеспечить битовую скорость R_F кадра на уровне, не превышающем требуемое значение.

Таким образом, этот способ представления данных обеспечивает возможность управления компрессией и может быть использован в качестве базового. Принцип работы метода управления на базе технологии Progressive JPEG может быть описан следующим образом:

1. Данные о величине пропускной способности канала поступают кодеру.
2. Исходя из количества кадров, которые необходимо передать в единицу времени, а также их суммарной битовой скорости, кодер оценивает возможность передачи кадров без дополнительной обработки.
3. Вычисляется разница между фактической и требуемой битовыми скоростями серии кадров.
4. Определяется требуемая битовая скорость для каждого кадра.
5. Вычисляется требуемая битовая скорость трансформант кадра. Если битовая скорость трансформанты превышает требуемую, часть битовых плоскостей исключаются из рассмотрения.
6. Формируется последовательность, состоящая из необходимого для передачи количества кадров, каждый из которых является совокупностью трансформант с битовыми скоростями, не превышающими требуемые значения.

В начальный момент времени t_0 буферное устройство отправляет в канал тестовый пакет R_{start} с известной величиной.

С учетом значения времени двусторонней задержки RTT определяется величина полосы пропускания B_w в момент t_0 :

$$B_w = \frac{R_{start}}{RTT}. \quad (4)$$

С помощью значения RTT вычисляется фактическое число кадров, которое необходимо поместить в буфер:

$$\varpi(t_0) = \varpi RTT \quad (5)$$

При полученном значении $\varpi(t_0)$ для соответствующего количества кадров оцениваются битовые скорости $R_{p\mu}$ и величина ошибки $d_{p\mu}$ по всем битовым плоскостям каждой из трансформант кадра. На этапе, предшествующем нахождению $R_{p\mu}$ и $d_{p\mu}$ битовых плоскостей трансформант, выполняется оценка насыщенности НЧ-областей трансформант [6], как показано следующей формулой:

$$\chi_{m,n} = \log_2 \left(\prod_{\gamma=1}^L \prod_{\lambda=1}^{\Lambda} y(p)_{\gamma\lambda} \right), \quad (6)$$

где γ – количество диагоналей НЧ-области трансформанты; λ – число элементов диагонали; $y(p)_{\gamma\lambda} - \gamma, \lambda$ – я компонента НЧ-области трансформанты.

Для кадра, состоящего из $m \times n$ трансформант, величины $\chi_{m,n}$ вычисляются по всем строкам.

Если в последовательности $\overline{\chi_{m,1}, \chi_{m,n}}$ выявлены значения насыщенностей, для которых разность $|\Delta\chi| = \chi_{m,k} - \chi_{m,k+1}$ имеет несущественную величину и справедливо соотношение $\chi_{m,1} \approx \chi_{m,k} \approx \chi_{m,k+1}$, то данные трансформанты составляют вектор стабилизации $S_{j,\delta}$. Индекс j при этом определяет позицию трансформанты в кадре, а δ – количество входящих в вектор стабилизации трансформант.

В пределах вектора стабилизации $S_{j,\delta}$, используя подобие между трансформантами, можно сократить количество выполняемых арифметических операций при обработке кадра.

В частности, некоторое количество значений битовых скоростей $R_{p\mu}$ и $d_{p\mu}$ битовых плоскостей одного разряда для трансформант вектора $S_{j,\delta}$ может быть интерполировано.

Интерполированные значения битовых скоростей $R_{p,\mu}^{инт}$ в пределах определенных векторов $S_{j,\delta}$ стабилизации могут быть определены следующей формулой:

$$R_{p,\mu}^{инт} = \varphi(R_{p-1,\mu}, R_{p+1,\mu}, R_{p+m,\mu}), \quad (7)$$

где $R_{p-1,\mu}, R_{p+1,\mu}$ и $R_{p+m,\mu}$ – значения битовых скоростей, соответствующие $\Upsilon^{(p-1,\mu)}$, $\Upsilon^{(p,\mu)}$ и $\Upsilon^{(p+m,\mu)}$ битовым плоскостям.

Интерполяция значений $d_{p,\mu}^{инт}$ при этом производится аналогично (7) и определяется выражением:

$$d_{p,\mu}^{инт} = \varphi(d_{p-1,\mu}, d_{p+1,\mu}, d_{p+m,\mu}), \quad (8)$$

$d_{p-1,\mu}, d_{p+1,\mu}$ и $d_{p+m,\mu}$ – значения битовых скоростей для $\Upsilon^{(p-1,\mu)}$, $\Upsilon^{(p,\mu)}$ и $\Upsilon^{(p+m,\mu)}$ битовых плоскостей.

Итоговая битовая скорость и СКО для серии из $\varpi(t_0)$ кадров определяется следующим выражением:

$$R_{seq} = \sum_{i=1}^{\varpi} \sum_{p=1}^Q R_{p,i} \quad (9)$$

где $R_{p,i} = \sum_{\mu=1}^n R_{p\mu}$ – битовая скорость p -й трансформанты i -го кадра,

$$d_{seq} = \sum_{i=1}^{\varpi} \sum_{p=1}^Q d_{p,i}, \quad (10)$$

где $d_{p,i} = \sum_{\mu=1}^n d_{p\mu}$ – уровень СКО p -й трансформанты i -го кадра.

При полученных значениях R_{seq} и d_{seq} для последовательности $\varpi(t_0)$ кадров определяется разность $\Delta R = B_w - R_{seq}$ между суммарной фактической битовой скоростью кадров серии и требуемой битовой скоростью, величина которой равна $R_{seq}^{треб} = B_w$ [7].

Если $\Delta R \leq 0$, то вся последовательность $\varpi(t_0)$ передается в буфер передатчика без дополнительной обработки.

В случае, когда $\Delta R < 0$, битовую скорость R_{seq} необходимо снизить на величину $|\Delta R|$ для обеспечения требуемой битовой скорости $R_{seq}^{треб}$ последовательности кадров $\varpi(t_0)$ [8].

Используя значение требуемой битовой скорости $R^{треб}$, соотношение (1) можем представить в следующем виде:

$$\begin{cases} R \leq R^{треб}, \\ d \leq d_{min}. \end{cases} \quad (11)$$

Очевидно, что ΔR определяется следующим выражением:

$$\Delta R = \sum_{i=1}^{\varpi(t_0)} \Delta R_i, \quad (12)$$

где ΔR_i – величина, на которую необходимо снизить битовую скорость каждого кадра последовательности $\varpi(t_0)$.

В то же время распределение битовых скоростей в серии $\varpi(t_0)$ кадров имеет неравномерный характер. Как правило, серия $\varpi(t_0)$ состоит из кадров различных типов – I, B и P, при этом максимум битовых скоростей соответствует I и P кадрам.

Для такого случая снижение величины $|\Delta R|$ достигается путем уменьшения битовых скоростей B-кадров последовательности.

Обусловлено это тем, что потеря части информации в кадрах данного типа внесет минимальную ошибку в суммарное значение СКО последовательности из $\varpi(t_0)$ кадров при восстановлении.

Величина ΔR_i , на которую необходимо снизить битовую скорость каждого из входящих в последовательность B-кадров, в этом случае определяется следующей формулой:

$$\Delta R_i = \frac{\Delta R}{\varpi(t_0)}, \quad (13)$$

$$i = 1, j$$

где j – количество B-кадров в рассматриваемой последовательности

В то же время последовательность кадров в начале видеопотока, а также сцены с высокой динамикой могут содержать только I-кадры, обладающие высокой интенсивностью, либо совокупность I и P кадров.

В этом случае вычисление ΔR_i производится пропорционально величинам битовых скоростей каждого кадра последовательности $\varpi(t_0)$, как показано выражением:

$$\Delta R_i = \frac{\Delta R}{\varpi} \cdot \frac{R_i}{R_{cp}} = \frac{\Delta R R_i}{R_{seq}}, \quad (14)$$

где $\varpi(t_0)$ – число кадров в серии; R_i – битовая скорость i -го кадра; $R_{cp} = \frac{R_{seq}}{\varpi(t_0)}$ – средняя битовая скорость кадра в серии.

В свою очередь, требуемая битовая скорость кадра последовательности $\varpi(t_0)$ определяется формулой:

$$R_i^{треб} = R_i - \Delta R_i. \quad (15)$$

После того, как величина $R_i^{треб}$ для i -го кадра найдена, определяется значение требуемых битовых скоростей для трансформант кадра, в сумме дающих величину битовой скорости кадра, равную

$$R_i = \sum_{p=1}^Q R_p^{треб} \leq R_i^{треб}.$$

При определении требуемой битовой скорости трансформанты кадра используется подход, учитывающий характер распределения битовой скорости в кадре:

$$R_p^{треб} = \frac{R_i^{треб}}{Q} \gamma_p, \quad (16)$$

где γ_p – коэффициент, зависящий от степени насыщенности p -й трансформанты.

После того, как для каждой трансформанты кадра найдены величины $R_p^{тр\epsilon б}$, определяются битовые плоскости, которые будут исключены, чтобы обеспечить значения битовых скоростей в соответствии с формулой (16).

Для битовых плоскостей трансформант, битовые скорости которых необходимо снизить до величины $R_p^{тр\epsilon б}$, определяется порядок ранжирования, при котором первыми обрабатываются битовые плоскости $\Upsilon^{(p,u)}$, вносящие максимальные значения $d_{p,u}$ в общее СКО трансформанты.

В первую очередь, это относится к старшим битовым плоскостям $\Upsilon^{(p,u)}$. Далее обрабатываются битовые плоскости в порядке снижения величин $d_{p,u}$, вносимых ими в общее СКО.

После определения ранжирования битовых плоскостей, на каждом p -м шаге вычисляются суммарные значения СКО и битовая скорость трансформант $\Upsilon_p^{(\mu)}$ и $\Upsilon_{p+1}^{(\mu)}$ путем сложения значений

$R_{p,\mu}$ и $R_{p+1,\mu}$, а также $d_{p,\mu}$ и $d_{p+1,\mu}$.

Сложение значений СКО и битовых скоростей трансформант $\Upsilon_p^{(\mu)}$ и $\Upsilon_{p+1}^{(\mu)}$ происходит попарно, с учетом порядка обработки.

Суммируются при этом только величины, имеющие одинаковые индексы ранжирования.

На каждом p -м шаге вычисления требуемой битовой скорости трансформанты определяется условно-оптимальное $R_{F,p}^*$ значение битовой скорости кадра, состоящего из p трансформант, исходя из условий:

$$\begin{cases} R_{i,p}^* \in \{R_{i,p}^* \mid R_{i,p} \leq R_p^{тр\epsilon б}, \\ d_{i,p} \rightarrow \min. \end{cases} \quad (17)$$

Величина $R_{F,p+1}$ для кадра F на $p+1$ -м шаге в этом случае будет определяться следующим способом:

$$R_{F,p+1} = \sum_{i=p}^{p+1} \sum_{u=1}^n R_{i,u}, \quad (18)$$

где u – индекс очередности обработки битовой плоскости; $R_{i,u}$ – битовая скорость u -й битовой плоскости трансформанты в порядке снижения вносимого уровня СКО.

В свою очередь, СКО на $p+1$ -м шаге будет определяться выражением:

$$d_{F,p+1} = \sum_{i=p}^{p+1} \sum_{u=1}^n R_{i,u}, \quad (19)$$

здесь $d_{i,u}$ – битовая скорость u -й битовой плоскости трансформанты.

В результате сложения битовых скоростей и СКО по трансформантам $\Upsilon_p^{(\mu)}$ и $\Upsilon_{p+1}^{(\mu)}$ на $p+1$ шаге результирующий порядок обхода полученного множества будет определяться суммарными значениями СКО по уменьшению.

При таком способе перераспределения данных крайними в кодограмме трансформанты располагаются битовые плоскости, вносящие минимальные величины СКО для трансформанты.

Это позволяет более эффективно производить коррекцию битовой скорости трансформант, исключая необходимый объем битовых плоскостей для снижения битовой скорости трансформанты, не прибегая к дополнительным операциям.

Действия, описанные выражениями (17)-(19), выполняются на каждом из Q шагов для всех $\varpi(t_0)$ кадров серии.

Результирующая битовая скорость R_{seq} последовательности кадров, подлежащих передаче в момент времени t_0 , при этом является суммой требуемых битовых скоростей трансформант $\varpi(t_0)$ кадров.

Это эквивалентно следующему выражению:

$$R_{seq}^{тр\epsilon б} = \sum_{i=1}^{\varpi} \sum_{p=1}^Q R_{i,p}^{тр\epsilon б}, \quad (20)$$

где $R_{p,i}^{тр\epsilon б}$ – полученное в соответствии с (16) значение битовой скорости p -й трансформанты i -го кадра последовательности.

Выбор на каждом p -м шаге вычисления требуемой битовой скорости трансформанты в соответствии с условиями (18) гарантирует, что уровень СКО, соответствующий полученной последовательности из $\varpi(t_0)$ кадров, будет минимально возможным в момент времени передачи t_0 .

Далее, сформированная последовательность $\varpi(t_0)$ кадров помещается в выходной буфер, размер которого рассчитывается согласно следующей формуле:

$$R_{буф} = \varpi R_{TT} R_{cp}. \quad (21)$$

После помещения $\varpi(t_0)$ кадров в буфер происходит отправка всей серии кадров в канал, а также определение значения R_{TT} , по величине которой, определяется значение полосы пропускания B_w в

момент t_1 , в соответствии с (4), а также количество кадров $\varpi(t_1)$, из которого будет состоять передача в момент t_1 .

5. Способ организации данных

Для задания количества и размещения битовых плоскостей трансформанты, которые необходимо передать с учетом приведенных условий, предлагается определить для каждой r -й трансформанты вектор передачи $V^{(p,\mu)}$ битовых плоскостей куба $Y_{3d}^{(p)}$.

Вектор $V^{(p,\mu)}$ образует n бит, при этом величина n равна количеству битовых плоскостей $Y_{3d}^{(p,\mu)}$ битового куба $Y_{3d}^{(p)}$.

Каждый бит $v_m^{(p,\mu)}$ вектора передачи $V^{(p,\mu)}$ соответствует определенной битовой плоскости куба $Y_{3d}^{(p)}$. При этом первый бит вектора $V^{(p,\mu)}$ соответствует старшей $Y_{MSB}^{(p,\mu)}$ битовой плоскости.

Вектор передачи $V^{(p,\mu)}$ битовых плоскостей описывается следующей формулой:

$$V^{(p,\mu)} = \langle v_{n-1}^{(p,\mu)}, \dots, v_m^{(p,\mu)}, \dots, v_0^{(p,\mu)} \rangle, \quad (22)$$

где $v_{n-1}^{(p,\mu)}$ – бит вектора $V^{(p,\mu)}$, соответствующий битовой плоскости куба $Y_{3d}^{(p,\mu)}$ со старшим индексом.

Значение каждого μ -го бита $v_m^{(p,\mu)}$ определяет, будет ли использована соответствующая ему битовая плоскость трансформанты Y_p для передачи в канал.

Если μ -й бит вектора передачи $V^{(p,\mu)}$ равен 1, передаются все 64 бита $\alpha_{kl}^{(p,\mu)}$ μ -й плоскости трансформанты Y_p , иначе данная плоскость не передается.

6. Оценка полученных результатов

В результате использования предложенного метода управления битовой скоростью видеопотока получены следующие результаты:

- 1) выигрыш по степени снижения интенсивности при заданном уровне среднеквадратического отклонения – в среднем на 21% по отношению к стандарту MPEG;
- 2) уменьшение времени передачи от передатчика к приемнику – в среднем на 27,3% для технологии Ethernet;
- 3) снижение вероятности потерь пакетов на пиковых нагрузках сети в среднем в 2 раза в сравнении со стандартом MPEG.

7. Выводы

Предложена методика управления интенсивностью битовой скорости, способствующая адаптации интенсивности видеопотока в соответствии с изменяющейся пропускной способностью канала. Рассмотрены условия и способы обеспечения эффективной передачи видеопотока с использованием рассмотренной методики. Отдельно уделено внимание обеспечению визуального качества принятых видеоданных на стороне приема. С этой целью осуществляется контроль частоты следования кадров на приемной стороне, а также анализ содержимого кадров, для того чтобы наиболее информативные фрагменты кадра передавались с заданным уровнем качества. Предложен способ построения кодограммы на выходе передатчика, использующий векторы передачи.

Литература: 1. Баранник В., Двухглавов Д., Твердохлеб В. Метод динамического управления битовой скоростью видеопотока с использованием трехмерного представления трансформант // АСУ и приборы автоматики. 2014. Вып. 176. С. 37 – 43. 2. Сэломон, Д. Сжатие данных, изображений и звука / Д. Сэломон. М.: Техносфера, 2004. 368 с. 3. Баранник В.В. Методологические рекомендации по совершенствованию технологии снижения интенсивности кодового представления базовых кадров / В.В. Баранник, О.Ю. Отман Шади, А.А. Подорожняк // Системи обробки інформації. 2014. № 8(124). С. 87-92. 4. Barannik V., Kharchenko N., Tverdokhle V., Kulitsa O. The issue of timely delivery of video traffic with controlled loss of quality”, 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, TCSET 2016, Lviv-Slavsko; Ukraine. 2016. P. 902-904. 5. Barannik V., Dvuhglavov D., Tverdokhle V., Krasnorutskiy A., Controlling of video stream bit rate using the dynamic programming method”, 13th International Conference: The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, CADSM. Lviv-Polyana, Ukraine. 2015. P. 15-17. 6. Barannik V., Sidchenko S., Larin V. The decoded-proof presentation of images on the basis of the polyadycal encoding systems”, 11th International Conference on "The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics", CADSM 2011, Polyana, Svalyava, Ukraine, p. 182, February 2011. 7. Ричардсон Я. Видеокодирование. H.264 и MPEG-4 – стандарты нового поколения. М.: Техносфера, 2005. 368с. 8. Гонсалес Р.С. Цифровая обработка изображений / Р.С. Гонсалес, Р.Э. Вудс. М.:Техносфера, 2006. 1072 с.

Transliterated bibliography:

1. Barannik V., Dvuhglavov D., Tverdohleb V. Metod dinamicheskogo upravlenija bitovoj skorost'ju videopotoka s ispol'zovaniem trehmernogo predstavlenija transformant //

Avtomatizirovannye sistemy upravlenija i pribory avtomatiki. 2014. #176. S. 37 – 43.

2. *Sjelomon, D.* Szhatie dannyh, izobrazhenij i zvuka / D. Sjelomon. M.: Tehnosfera, 2004. 368 s.

3. *Barannik V.V.* Metodologicheskie rekomendacii po sovershenstvovaniju tehnologii snizhenija intensivnosti kodovogo predstavlenija bazovyh kadrov / V.V. Barannik, O.Ju. Otman Shadi, A.A. Podorozhnyak // Sistemy obrabotki informacii. 2014. # 8(124). S. 87-92.

4. *Barannik V., Kharchenko N., Tverdokhle V., Kulitsa O.* The issue of timely delivery of video traffic with controlled loss of quality”, 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, TCSET 2016, Lviv-Slavsko; Ukraine, pp. 902-904, February 2016.

5. *Barannik V., Dvuhglavov D., Tverdokhle V., Krasnorutskyi A.*, Controlling of video stream bit rate using the dynamic programming method”, 13th International Conference: The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, CADSM 2015, Lviv-Polyana, Ukraine, pp. 15-17, February 2015.

6. *Barannik V., Sidchenko S., Larin V.* The decoded-proof presentation of images on the basis of the polyadycal encoding systems”, 11th International Conference on "The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics", CADSM 2011, Polyana, Svalyava, Ukraine, p. 182, February 2011.

7. *Richardson Ja.* Videokodirovanie. N.264 i MPEG-4 – standarty novogo pokolenija Moskva: Tehnosfera, 2005. 368s.

8. *Gonsales R.S.* Cifrovaja obrabotka izobrazhenij / R.S. Gonsales, R.Je. Vuds. M.: Tehnosfera, 2006. 1072 s.

Поступила в редколлегия 10.05.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Безрук В.М.

Твердохлеб Виталий Викторович, аспирант кафедры информационно-сетевой инженерии ХНУРЭ. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Науки, 14, e-mail: vitalii.tverdokhlib@nure.ua

Хаханова Анна Владимировна, канд. техн. наук, доцент, докторант кафедры АПВТ ХНУРЭ. Научные интересы: обработка информации в инфокоммуникационных системах, мультимедийные технологии. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Науки, 14.

Баранник Валерий Владимирович, ученик общеобразовательной средней школы №94 Харьков, Научные интересы: обработка информации в инфокоммуникационных системах, мультимедийные технологии. Адрес: Украина, 61000, Харьков, пр. Московский, 128, barannik_v_v@mail.ru.

Tverdokhlib Vitaliy Viktorovich, PhD student, Department of Information and Network Engineering of Kharkiv National University of Radio Electronics. Address: Ukraine, 61166, Kharkov, Nauki Ave, 14, e-mail: vitalii.tverdokhlib@nure.ua

Khakhanova Anna Vladimirovna, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, Ph.D. student of CAD dept. of NURE. Scientific interests: information processing in infocommunication systems, multimedia technologies. The address: Ukraine, 61166, Kharkov, Nauki Ave., 14.

Barannik Valeriy, pupil of secondary school № 94, research interests: information processing in information and communication systems, multimedia technology. Address: Ukraine, 61000, Kharkov, Moscow Prosp., 128, barannik_v_v@mail.ru.