

МЕТОД ЭФФЕКТИВНОГО КОДИРОВАНИЯ ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ИНФОКОММУНИКАЦИЯХ НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ ВЕКТОРОВ КОРТЕЖЕЙ

Баранник В.В.¹, Туренко С.В.², Першин А.В.¹

¹Кафедра боевого применения и эксплуатации АСУ, Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков, Украина, E-mail: vvbar_off@gmail.com

²Кафедра информационно-сетевой инженерии, Харьковский национальный университет радиозлектроники, Харьков, Украина

Анотация – Обосновывается необходимость развития технологий компрессии трансформированных изображений. Проводится оценка информативности усеченного вектора двухкомпонентных кортежей в случае выявления структурных ограничений на динамический диапазон. Излагается обоснование интерпретации усеченного вектора двухкомпонентных а также кодообразующего соотношения, обеспечивающего формирование кода для укрупненного позиционного числа с неопределенной длиной по двухуровневой схеме.

Ключевые слова – вектор двухкомпонентных кортежей, укрупненное позиционное число.

I. Введение

Предоставление видеотрансляционных услуг с использованием беспроводных инфокоммуникационных технологий (ИТ) имеет ряд критических сторон. Критичность предоставления таких услуг связана с проблематичностью относительно обеспечения заданных характеристик по задержке на узле доступа, задержке от источника до получателя; вероятности потери пакетов на узле доступа [1; 2].

Ключевой составляющей решения возникающих трудностей являются технологии компрессии видеокадров. Сжатие видеоданных позволяет сократить время передачи данных в сети, уменьшить интенсивность поступления пакетов в сеть. В основе наиболее часто используемых на практике кодеков для обработки подвижных и статических видеокадров лежит технология сжатия на базе JPEG платформы [2 – 4]. В тоже время потенциальных характеристик технологии JPEG в том ее нынешнем компонентном составе, недостаточно для обеспечения требований относительно предоставления видеотрансляционных сервисов. В связи с чем, необходимо обосновать и разработать технологию кодирования в направлении совершенствования JPEG платформы.

В концепции JPEG технологии используется компонентное кодирование трансформанты, которая строится с учетом того, что: концентрация основной энергии исходного сигнала в ограниченном количестве низкочастотных компонент трансформанты; выделение области высокочастотных компонент; появление компонент трансформанты с нулевыми значениями. Здесь осуществляется выделение длин цепочек, состоящих из компонент трансформанты, имеющих после квантизации нулевые значения. В результате формируются двухкомпонентные кортежи.

II. Анализ подходов для кодирования векторов двухкомпонентных кортежей

Между компонентами кортежей существует взаимосвязь, что обусловлено позициями значимых компонент в трансформанте. Для значимых компонент будет характерен неравномерный закон распределения значений. Такие свойства определяют обработку двухкомпонентных кортежей. Здесь технологии кодирования разделяются на два подхода [3 – 5]:

1. Для первого подхода организуется динамическое статическое кодирование, где используется контекстное моделирование. Но в тоже время требуются дополнительные битовые затраты на представление служебной составляющей,

содержащей информацию о вероятностях распределения компонент. Кроме того, недостаток такого подхода заключается в увеличении временных задержек на обработку, связанных с пересчетом вероятностей появления компонент.

2. Второй подход связан со статистическим кодированием с фиксированными таблицами. Но с другой стороны снижается адаптированность статистической модели к изменяющимся характеристикам трансформант. Это приводит к увеличению длины кода информационной составляющей кодовой конструкции.

Одним из эффективных подходов для развития технологий кодирования трансформант в компонентном описании является направление, основанное на устранении структурно-комбинаторной избыточности [4; 5].

III. Обоснование подхода для сокращения избыточности в векторах двухкомпонентных кортежей

В результате выявления цепочек нулевых компонент, предшествующих значимым компонентам получим следующее описание линеаризованной трансформанты $Y^{(1)} = \{\ell_1; c_1, \dots, \ell_\alpha; c_\alpha, \dots, \ell_{n_{\text{крт}}}; c_{n_{\text{крт}}}\}$. Это позволяет сократить количество повторяющихся коэффициентов трансформанты. Вектором P двухкомпонентных кортежей $\Theta_\alpha^{(2)}$ линеаризованной трансформанты $Y^{(1)}$ является последовательность пар $\{\ell_\alpha; c_\alpha\}$ структурного описания, составленная из значимой компоненты c_α трансформанты и предшествующей ей длины ℓ_α цепочки компонент с нулевыми значениями. Рассмотрим описание вектора P двухкомпонентных кортежей. Размерность такого массива составляет $2 \times (n_{\text{крт}} - 2)$. Интерес представляет не весь вектор ДК, а только его часть P' , не содержащая первый и второй кортежи, т.е. $P' = \{(\ell_2; c_2), \dots, (\ell_\alpha; c_\alpha), \dots, (\ell_{n_{\text{крт}}-1}; c_{n_{\text{крт}}-1})\}$. Такой вектор кортежей называется *усеченным*.

Оценки информативности такого представления трансформанты требуется определить количество усеченных векторов ДК, для компонент которого выполняются ограничения, задаваемые формулами:

$$\ell_\alpha \leq \begin{cases} \lambda(\ell) = 1, & \rightarrow \alpha = 1; \\ \lambda(\ell) \leq n^2 - \ell_{n_{\text{крт}}} - 1, & \rightarrow 2 \leq \alpha \leq n_{\text{крт}} - 1; \\ \lambda(\ell) = \max_{1 \leq \alpha \leq n_{\text{крт}}} \{\ell_\alpha\}, & \rightarrow \alpha = n_{\text{крт}}. \end{cases} \quad (1)$$

$$1 \leq c_\alpha \leq \lambda(c) < c_{\text{max}}, \quad \alpha = \overline{2, n_{\text{крт}} - 1}. \quad (2)$$

Количество $W(P')$ усеченных векторов двухкомпонентных кортежей, для компонент которого выполняются ограничения (1) и (2), определяется по формуле [5]

$$W(P') = (\lambda(\ell) \cdot \lambda(c))^{n_{\text{крт}} - 2}. \quad (3)$$

Число усеченных векторов ДК не будет превышать величины заданной следующим выражением:

$$W(P') < ((n^2 - \ell_{n_{крт}} - 1) \cdot c_1)^{n_{крт}-2}. \quad (4)$$

Для известного количества допустимых усеченных векторов ДК информативность $V(P')$ усеченной линеаризированной трансформанты определяется по следующей формуле: $V(P') = (n_{крт} - 2) \log_2(\lambda(\ell) \cdot \lambda(c))$. При этом, количество двоичных разрядов на представление усеченной ЛТ будет ограничено сверху следующей величиной:

$$V(P') < (n_{крт} - 2) \log_2((n^2 - \ell_{n_{крт}} - 1) \cdot c_1). \quad (5)$$

Среднее количество $\bar{V}(P')$ информации, приходящееся на один двухкомпонентный кортеж, оценивается как $\bar{V}(P') = \log_2(\lambda(\ell) \cdot \lambda(c))$, т.е. $S(P')$ избыточности в усеченной ЛТ как разница информативности до и после ее описания в виде усеченного вектора P' двухкомпонентных кортежей:

$$S(P') = (n_{крт} - 2) \log_2(\ell_{max} \cdot c_{max}) - (n_{крт} - 2) \log_2(\lambda(\ell) \cdot \lambda(c))$$

С учетом (5), получим следующую нижнюю оценку среднего количества $\bar{S}(Y^{(1)}/P')$ избыточности:

$$\bar{S}(Y^{(1)}/P') = \left(1 - \frac{(n_{крт} - 2) \log_2(\lambda(\ell) \cdot \lambda(c))}{(n^2 - \ell_{n_{крт}} - 1) \log_2 c_{max}} \right) \cdot 100\%,$$

где $\log_2 c_{max}$ - количество разрядов на представление компоненты ЛТ до формирования кортежей.

В этом случае количество сокращаемой избыточности изменяется в среднем от 40 до 60%.

IV. Разработка технологии компрессии вектора двухкомпонентных кортежей

Двухкомпонентный кортеж $\Theta_\alpha^{(2)}$ является перестановкой с повторениями, на элементы которой наложены ограничения на динамический диапазон, равные $\lambda(\ell)$ и $\lambda(c)$.

Старшим элементом $\theta_{1,\alpha}$ является первая компонента кортежа, а именно длина ℓ_α цепочки нулевых компонент, младшим $\theta_{2,\alpha}$ - вторая компонента кортежа, т.е. значимая компонента c_α линеаризированной трансформанты. Для каждого кортежа $\Theta_\alpha^{(2)}$ строится кодовое значение $E(\Theta_\alpha^{(2)})$, ограниченное сверху величиной, равной произведению оснований $\lambda(\ell) \cdot \lambda(c)$, т.е. $E(\Theta_\alpha^{(2)}) < \lambda(\ell) \cdot \lambda(c)$.

Величины $\lambda(\ell)$ и $\lambda(c)$ фиксирована в пределах обрабатываемого вектора ДК. Это эквивалентно выражению:

$$E(\Theta_\alpha^{(2)}) < \lambda(\ell) \cdot \lambda(c) \text{ для } \alpha = \overline{2, n_{крт} - 1}. \quad (6)$$

Значит, формируется последовательность A , $A = \{E(\Theta_2^{(2)}); \dots; E(\Theta_{n_{крт}-1}^{(2)})\}$, составленная из величин $E(\Theta_\alpha^{(2)})$, для которых выполняется ограничение (6). Последовательность A с такими свойствами является позиционным числом с основанием $\lambda(\ell) \cdot \lambda(c)$. Поскольку элементы $E(\Theta_\alpha^{(2)})$ в свою очередь являются кодами биадических чисел $\Theta_\alpha^{(2)}$, то составленные из них позиционные числа A будем называть *укрупненными позиционными числами*.

В тоже время, длина укрупненного позиционного числа заранее не известна, т.е. $n_{крт} = var$. В связи с чем, сформируем определение позиционного числа.

Определение. Позиционное число A , количество элементов которого заранее неизвестно, а сами элементы в свою очередь являются кодами $E(\Theta_\alpha^{(2)})$ двухэлементных биадических чисел $\Theta_\alpha^{(2)}$, и удовлетворяют ограничению (6) называются укрупненным позиционным числом (УПЧ) с неопределенной длиной (НД).

Для получения кода учитываем, что значение кода $E(P')$ для усеченного вектора P' двухкомпонентных кортежей определяется на основе соотношения

$$E(P') = \sum_{\alpha=2}^{n_{крт}-1} (\ell_\alpha \lambda(c) + c_\alpha) \cdot (\lambda(\ell) \lambda(c))^{n_{крт}-\alpha}. \quad (7)$$

Отсюда следует, что кодирование усеченного вектора двухкомпонентных кортежей осуществляется по двухуровневой схеме. На первом уровне формируется кодовое представление для отдельных двухкомпонентных кортежей $\Theta_\alpha^{(2)}$. На втором уровне формируется общего кодового представления для полученных на первом уровне кодов.

В таком случае структура кодограммы будет состоять из двух частей, включая служебную и информационную части.

V. Выводы

1. Разработана модель оценки количества информации в усеченной линеаризированной трансформанте в случае формирования вектора двухкомпонентных кортежей и выявления структурных ограничений на динамический диапазон. Показано, что среднее количество потенциально сокращаемой избыточности, приходящееся на один двухкомпонентный кортеж изменяется в пределах от 40 до 60%.

2. Обоснована интерпретация усеченного вектора двухкомпонентных кортежей как укрупненного позиционного числа неопределенной длины, элементами которого являются коды двухэлементных биадических чисел, образованных для отдельных двухкомпонентных кортежей.

3. Создано кодообразующее соотношение, обеспечивающее формирование кода для укрупненного позиционного числа с неопределенной длиной по двухуровневой схем.

V. Список литературы

- [1] Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. - СПб.: Питер, 2006. - 958 с
- [2] Gonzales R.C. Digital image processing / R.C. Gonzales, R.E. Woods. - Prentice Inc. Upper Saddle River, New Jersey 2002. - 779 p.
- [3] Баранник В.В. Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах / В.В. Баранник, В.П. Поляков - X.: ХУПС, 2010. - 212 с.
- [4] Баранник В.В. Обоснование проблемных недостатков технологии компонентного кодирования трансформированных изображений для средств телекоммуникаций / В.В. Баранник, Ю.В. Стасев, С.В. Туренко // Сучасна спеціальна техніка. - 2013. - 4. - С. 17 - 26.
- [5] Баранник В.В. Комбинаторная модель вектора двухкомпонентных кортежей для оценки информативности усеченной линеаризированной трансформанты / В.В. Баранник, С.В. Туренко // АСУ и приборы автоматики. - 2013. - №163. - С. 17 - 26.