

СИСТЕМИ ТА МЕТОДИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

УДК 621.327:681.5

А.В. Яковенко,

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,

А.А. Леках,

Д.Б. Жуйков,

кандидат технических наук

МЕТОД ОБРАБОТКИ ДВОИЧНОЙ МАСКИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ПРЕДСТАВЛЕННОГО КАДРА В СИСТЕМАХ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ

В статье обосновываются принципы для создания метода кодирования длин двоичных серий, которые обеспечивают потенциальные возможности для дополнительного увеличения степени сжатия и сокращения времени обработки. Предлагается метод компактного представления двоичной маски дифференциально представленного кадра двухалфавитным кодом мощности на основе выявления и описания размеров длин двоичных серий.

Ключевые слова: двоичная маска, матрица знаков, дифференциально представленный кадр, длины двоичных серий.

У статті обґрунтовуються принципи для створення методу кодування довжин двійкових серій, які забезпечують потенційні можливості для додаткового збільшення ступеня стиснення і скорочення часу обробки. Пропонується метод компактного представлення двійкової маски диференційно представленого кадру двоалфавітним кодом потужності на основі виявлення та опису розмірів довжин двійкових серій.

Ключові слова: двійкова маска, матриця знаків, диференційно представлений кадр, довжини двійкових серій.

Paper explains the principles for the creating of the method of binary series length encoding, which provides the potential to further increasement of the compression ratio and reducing of the processing time.

Keywords: binary mask, matrix signs, differential representation frame, length binary series.

Для повышения производительности систем передачи информации необходимо применять методы обработки (кодирования) изображений, позволяющие уменьшить объем данных, но при этом сохранять информационное содержание. Решение этой задачи неразрывно связано с разработкой и применением новых методов и средств компактного представления данных, позволяющих не только сократить их объем, но и минимизировать время передачи информации по каналам связи и формирование

ее графической модели в устройствах отображения в реальном масштабе времени [1–3].

В связи с этим, необходимо разработать технологию кодирования битовых плоскостей с целью сокращения избыточности, которая базируется на подходах, связанных с выявлением и описанием областей нулевых и единичных элементов двоичной маски кадра. Чем точнее выбранный подход, учитывающий особенности содержания битовых плоскостей, тем больше потенциальных возможностей относительно сокращения избыточности.

Двоичная маска формируется на основании кадра представленного в дифференциальном виде, который содержит динамические объекты.

Отсюда, *цель исследований статьи* заключается в разработке метода кодирования двоичной маски дифференциально представленного кадра двух-алфавитным кодом мощности на основе выявления и описания размеров длин двоичных серий.

Одним из предпочтительных является подход, базирующийся на выявлении и описании длин одномерных двоичных серий [4]. Под двоичной серией понимается последовательность подряд идущих двоичных элементов с одинаковым значением. В этом случае последовательности одинаковых двоичных элементов заменяются величинами их длин. Причем поскольку элементы двоичных масок Q кадров, представленных в дифференциальном виде, принимают только два возможных значения 0 или 1. Отсюда предлагается формировать длины двоичных серий без указания их уровня.

Формирование длин двоичных серий в принятых ограничениях имеет следующий вид:

1) поскольку $q_{01}=0$, где q_{01} – двоичный элемент, предшествующий первому элементу первой строки двоичной маски, тогда, если $q_{11}=0$, то $r_{1,1}=2$. В противном случае $r_{1,1}=1$;

2) допустим, что $r_{i,\varphi}=\gamma$. Тогда, если $q_{i,r(i/\varphi)+\gamma}=q_{i,r(i/\varphi)+\gamma+1}$ то длина серии увеличивается на единицу, $r_{i,\varphi}=\gamma+1$. Наоборот, для $q_{i,r(i/\varphi)+\gamma}\neq q_{i,r(i/\varphi)+\gamma+1}$ формируется новая серия $r_{i,\varphi=1}=1$.

Используются следующие обозначения:

$r_{i/\varphi}$ – как количество двоичных элементов i -й строки двоичной маски кадра, предшествующих началу φ -й двоичной серии (т.е. количество двоичных элементов

$\sum_{\varphi=1}^{\varphi-1} r_{i,\varphi}$, содержащееся в $\Phi_{i/\varphi}$ двоичных сериях);

$\Phi_{i/\varphi}$ – количество двоичных серий, сформированных для i -й строки двоичной маски кадра, которые предшествуют φ -й серии;

$\sum_{\varphi=1}^{\Phi_i-1} r_{i,\varphi} + r_{i,\Phi_i} = m_m$ – количество двоичных элементов в строке массива двоичной маски кадра;

Φ_i – количество двоичных серий, образованных для i -й строки двоичной маски кадра, $1 \leq \varphi \leq \Phi_i$.

Формирование двоичных серий заканчивается, когда обработан элемент q_{m_m, n_m} .

Возможны следующие стратегии выделения количества разрядов под длины серий:

Первый подход. Выделять количество разрядов исходя из заранее заданного максимального значения r_{\max} длины серии для двоичной маски дифференциального кадра. Здесь недостатком является то, что: между минимальным и заранее выбранным максимальным значением длины битовой серии может быть существенная разница; не учитывается неравномерность значений длин серий; существует неоднозначность выбора величины r_{\max} .

Второй подход. Осуществлять неравномерное распределение количества разрядов под длины двоичных серий (режим кодирования называется неравномерным). Величина степени сжатия двоичной маски дифференциального кадра для предложенной технологии кодирования зависит от: вероятности смены двоичных последовательностей; точности построения статистической модели источника длин двоичных серий; длины маркера между неравномерными кодовыми конструкциями. Однако реальная степень сжатия, на основе построения арифметических кодов, будет меньше вследствие: неточности выбора статистической модели. Это особенно проявляется при обработке высоконасыщенных динамикой кадров; дополнительной затратой количества разрядов на представление информации о вероятностях распределения двоичных серий.

Третий подход. Использовать ограничения в динамическом диапазоне для длин двоичных серий. Данная обработка осуществляется с использованием метода Бодо (режим кодирования называется локально-равномерным). Коэффициент сжатия относительно представления длин серий равен $\Phi \log_2 r_{\max}$:

$$\eta_M = m_M n_M / \sum_{i=1}^{n_M} (\Phi \log_2 r_{\max}),$$

где r_{\max} – максимальное значение длины серии для двоичной маски дифференциального кадра.

К недостаткам относятся: использование разделителей; неполное устранение недостатков стратегии поэлементного кодирования равномерным кодом, а именно, не учитываются особенности структурного содержания массивов двоичных масок дифференциальных кадров.

Отсюда, технология кодирования двоичных масок стационарной составляющей дифференциальных кадров должна базироваться на следующих позициях:

1. Обеспечить возможность адаптироваться к структурным особенностям двоичных масок кадров.

2. Сформировать подход для организации процесса кодирования, основанного на принципе гарантированного сжатия.

3. Наличие свойств относительно дополнительного сокращения времени обработки, в том числе и на основе распараллеливания процесса кодирования.

4. Дополнительное повышение эффективности обработки массивов двоичной маски на основе блочного кодирования путем адаптации к особенностям их структурного содержания. Здесь под блочным кодом понимается код мощности алфавита для длины двоичной серии, т.е. блоком является двоичная серия.

Таким образом, на основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1) обоснованы основные принципы построения технологии компактного представления двоичных масок кадров, представленных в дифференциальном виде, содержащие следующие этапы: формирование битового представления двоичной маски дифференциального кадра; выявление длин двоичных серий в двоичных масках дифференциального кадра; блоковое кодирование массивов двоичной маски с учетом выявления ограничений в динамическом диапазоне длин двоичных серий;

2) обоснованы принципы для создания метода кодирования длин двоичных серий, обеспечивающие потенциальные возможности для дополнительного увеличения степени сжатия и сокращения времени обработки.

Для выявления закономерностей в последовательностях длин серий необходимо обосновать информативный признак, обладающий следующими свойствами:

1) являться информативным для длин двоичных серий с учетом адаптации к особенностям формирования массивов двоичной маски дифференциального кадра. Здесь требуется обеспечить потенциальную возможность для сокращения избыточности для произвольного содержания битовой плоскости;

2) не требовать значительных вычислительных затрат для оценки и выявления закономерностей, не превышающих порядка $O(n)$;

3) обеспечить учет наличия резких структурных отличий для двоичных указателей стационарной и динамической составляющих дифференциального представленного кадра.

Проведем разработку подхода для сокращения избыточности в массивах двоичной маски дифференциального кадра на основе выдвинутых требований.

Для учета предложенных требований предлагается использовать подход для кодового представления последовательности длин двоичных серий маски на основе выявления закономерностей в мощности алфавита Ω . Под алфавитом источника данных понимается набор значений, которые могут принимать элементы сообщений. Тогда мощностью $|\Omega|$ алфавита источника сообщений является количество различных элементов в алфавите. Одним из простых и в тоже время эффективных кодов, обеспечивающих учет ограничений на мощность алфавита, являются коды Бодо. Код Бодо соответствует первым двум требованиям.

Простой поэлементный код Бодо. Предусматривает наличие сведений о:

– размере ячейки машинной памяти;

– максимальном значении r_{\max} длины серии в массивах двоичной маски дифференциального кадра.

Если задана последовательность длин двоичных серий, т.е. $\Theta = \{r_1, \dots, r_\Phi\}$, то простой код Бодо формируется из трех этапов:

Этап 1. Отыскивается максимальное значение длины двоичной серии, для чего используется формула:

$$r_{\max} = \max_{1 \leq i \leq \Phi} (r_i)$$

Этап 2. Определяется количество $L(r)$ бит, которое требуется для представления максимального значения длины двоичной серии r_{\max} , что задается соотношением:

$$L(r) = \lceil \log_2 r_{\max} \rceil + 1.$$

Етап 3. Величина $L(r)$ записується в началі кодового представлення і являється служебною інформацією, указуваною на границі кодового описання сусідніх елементів зображення. Після чого під кожну довжину двоичної серії відводиться на кодове представлення рівно $L(r)$ біт. Суммарне кількість $L(r)_{\Sigma}$ біт, яке потребується для представлення всіх довжин двоичної серії, задається вираженням:

$$L(r)_{\Sigma} = \Phi \cdot L(r).$$

Простий блоковий код Бодо заключається в представленні в кожному кодовому слові декількох елементів вихідного фрагмента зображення. Наприклад, така ситуація виникає в разі представлення декількох елементів кодуваної послідовності в одне машинне слово (один реєстр зовнішньої пам'яті).

Отсюдова слідує, що метод Бодо являється одноалфавитним. В цьому разі всі елементи оброблюваної послідовності належать одному алфавиту. Такі послідовності називають одноалфавитними.

Однак код Бодо не відповідає третьому вимоганню. Це обумовлено тим, що двоична маска диференціально представленого кадру в умовах зйомки стаціонарної камерою має значительну неоднорідність структурного вмісту. Під неоднорідністю структурного вмісту розуміється те, що стаціонарна складова може займати значительне простір, розрізане незначительними по розміру елементами динамічної складової. В цьому разі довжини $r(0)$, сформовані для нульових послідовностей, будуть переважають по значенню відносно довжин $r(1)$, сформованих для послідовностей єдиничних елементів. Для такої ситуації використання коду потужності по одному алфавиту призведе до утворення кодової надлишковості. Насправді, відповідно до коду потужності одного алфавіта для всіх довжин серій, незалежно від їх походження, формуються кодові послідовності однакової довжини $L(r)$. В цьому разі суммарне кількість разрядів $L(r)_{\Sigma}$ на представлення всієї послідовності довжин двоичних серій буде рівно:

$$L(r)_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{\Phi} L(r)_i,$$

де $L(r)_i$ – кількість разрядів на представлення i -го елемента послідовностей довжин двоичних серій маски;

Φ – кількість довжин двоичних серій, сформованих для масиви двоичної маски диференціального кадру.

В той же час, в силу неоднорідності структурного вмісту, реальне кількість двоичних разрядів $L(r)'_{\Sigma}$ необхідне для представлення всієї послідовності довжин двоичних серій буде значительна менше величини $L(r)_{\Sigma}$, т.е.:

$$L(r)'_{\Sigma} \lll L(r)_{\Sigma}.$$

Это приводит к наличию кодовой избыточности R , а именно (рис. 2):

$$R = L(r)_\Sigma - L(r)'_\Sigma.$$

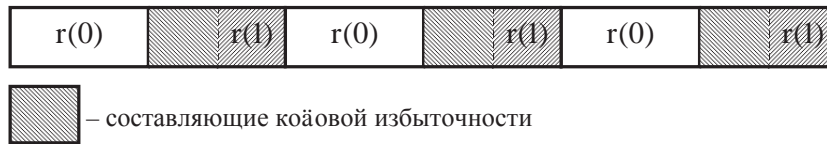


Рис. 2. Схема наличия кодовой избыточности в последовательности длин двоичных серий

Такая ситуация обусловлена тем, что для кодового представления длин серий единиц требуется значительно меньшее количество разрядов по сравнению с кодовым представлением длин серий нулей, т.е.:

$$L(r(1)) \lll L(r(0)),$$

где $L(r(1))$ – количество разрядов для кодового представления длин серий нулей;
 $L(r(0))$ – количество разрядов для кодового представления длин серий единиц.

В связи с чем, для устранения кодовой избыточности, предлагается использовать для последовательности Θ длин двоичных серий два алфавита. Первый алфавит Ω_0 определяется для длин серий нулей, соответственно второй алфавит Ω_1 определяется для длин серий единиц. Такой подход позволяет учесть наличие резкой неоднородности в структурном содержании массива двоичной маски. В соответствии с чем, формирование кода мощности для таких последовательностей будет реализовываться по двухалфавитной схеме. Суть схемы заключается в том, что:

1. Формируются длины серий нулей и единиц на основе массива двоичной маски.
2. Вся последовательность длин двоичных серий разбивается на две подпоследовательности.

Первая подпоследовательность образовывается на основе длин серий нулей:
 $\Theta^{(0)} = \{r(0)_1, \dots, r(0)_{\Phi_0}\}.$

Вторая подпоследовательность образовывается на основе длин серий единиц:

$$\Theta^{(1)} = \{r(1)_1, \dots, r(1)_{\Phi_1}\}.$$

Тогда суммарное количество разрядов на представление подпоследовательностей длин серий нулей будет равно:

$$L(r(0))_\Sigma = \Phi_0 \log_2 r(0)_{\max},$$

а суммарное количество разрядов на представление подпоследовательностей длин серий единиц будет равно:

$$L(r(1))_{\Sigma} = \Phi_0 \log_2 r(1)_{\max}$$

3. Для каждой подпоследовательности формируется свой алфавит, соответственно Ω_1 и Ω_0 .

4. Код мощности строится в соответствии с построенными алфавитами.

Определение 1. Код мощности, построенный по рассмотренной выше схеме, называется двухалфавитным кодом.

В соответствии со свойствами двухалфавитного кода мощности его место в системе классификации методов битового кодирования приведено на рис. 2.

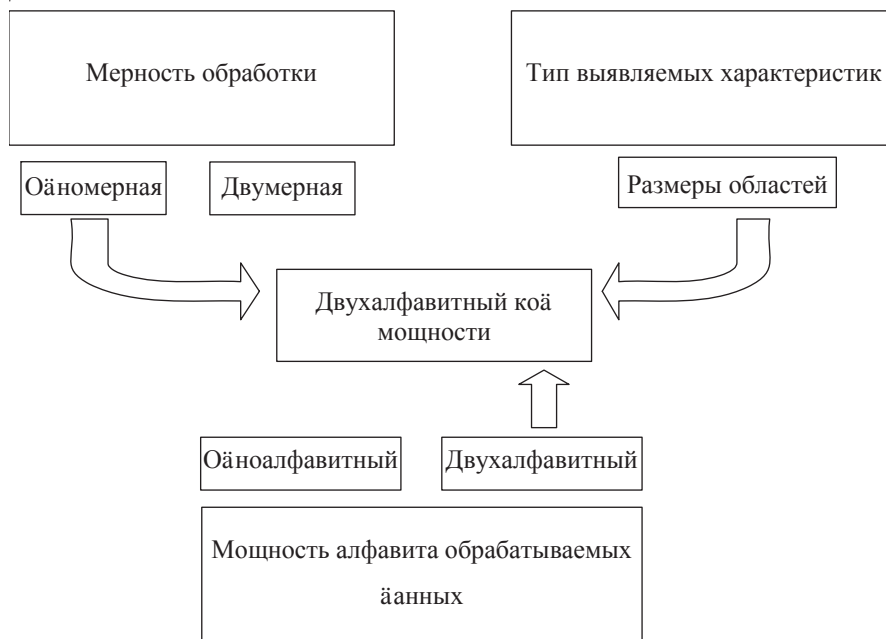


Рис. 2. Место двухалфавитного кода мощности в системе классификации методов битовой обработки

Другими словами, двухалфавитным кодом мощности называется код по мощности, формируемый для двухалфавитных последовательностей.

Покажем, что для двухалфавитного кода мощности относительно длин двоичных серий двоичной маски дифференциального кадра обеспечивается степень сжатия:

$$\eta_M = \frac{m_M n_M}{\Phi_0 \log_2 r(0)_{\max} + \Phi_1 \log_2 r(1)_{\max}} = \frac{\sum_{i=1}^{\Phi} r_i}{\log_2 (r(0)_{\max}^{\Phi_0} \cdot r(1)_{\max}^{\Phi_1})}$$

где Φ_0 – количество длин серий нулей для двоичной маски дифференциального кадра; Φ_1 – количество длин серий единиц для двоичной маски дифференциального кадра.

Экспериментальная оценка величины η_M относительно массива двоичной маски дифференциально представленного кадра для видеоинформационного потока стационарной камеры приведены на рис. 3.

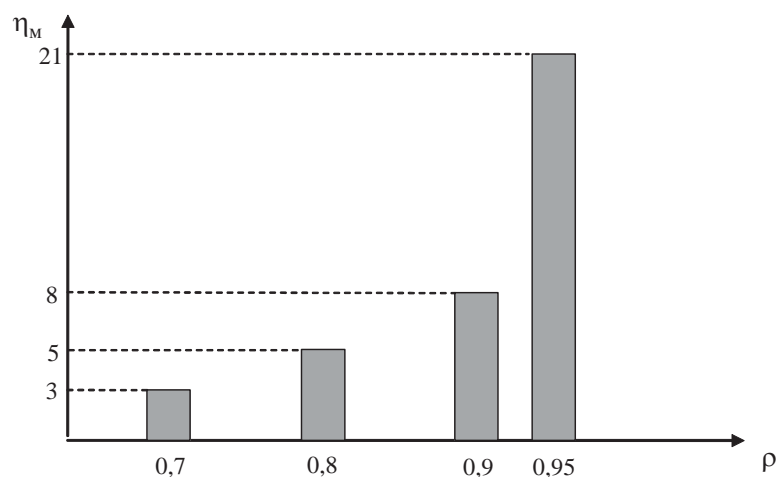


Рис. 3. Экспериментальная оценка величины η_M относительно массива двоичной маски дифференциально представленного кадра для видеoinформационного потока стационарной камеры

На основе проведенного анализа можно сделать такие выводы:

1. С увеличением коэффициента корреляции между смежными кадрами увеличивается степень сжатия двоичной маски дифференциально представленного кадра.
2. Степень сжатия двоичной маски дифференциально представленного кадра изменяется от 3 до 21 в зависимости от коэффициента корреляции между смежными кадрами.
3. Оценка информативности битового представления двоичной маски дифференциально представленного кадра на основе учета неравновесности оснований длин двоичных серий не требует увеличения сложности программно-аппаратной реализации.
4. За счет двухалфавитного кода мощности объем двоичной маски дифференциально представленного кадра относительно одноалфавитного кода снизится на 17 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аудиовизуальные системы связи и вещания : новые технологии третьего тысячелетия, задачи и проблемы внедрения в Украине / О.В. Гофайзен, А.И. Ляхов, Н.К. Михалов и др. // Праці УНДІРТ. – 2000. – № 3. – С. 3–40.
2. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы : Учебник для вузов / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб. : Питер, 2006. – 958 с.
3. Леках А.А. Обоснование направления разработки технологии сжатия изображений в системе объективного контроля на железнодорожном транспорте / А.А. Леках, Е.Л. Лиманская // Сучасна спеціальна техніка. – 2012. – № 4. – С. 22–31.
4. Баранник В.В. Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах / В.В. Баранник, В.П. Поляков. – Х. : ХУПС, 2010. – 212 с.

Отримано 04.03.2013