

УДК 621.327

В.В. Баранник<sup>1</sup>, Н.А. Королёва<sup>2</sup>, И.В. Ковтун<sup>2</sup><sup>1</sup>Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба<sup>2</sup>Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков

## МЕТОД МЕЖКАДРОВОГО ПОЛИАДИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВИДЕОДАНЫХ В СТАНДАРТЕ TETRA

*Рассматриваются основные способы получения на приемной стороне кодовых комбинаций сжатого представления изображений на основе анализа данных в информационных частях пакетов стандарта TETRA. Излагаются основные этапы метода межкадрового полиадического декодирования массивов длин серий.*

*транкинговая радиосвязь, межкадровое декодирование*

### Введение

В работе [1] обоснована необходимость организации передачи изображений с использованием технологии стандарта транкинговой радиосвязи TETRA. Для организации видеоинформационного способа взаимодействия требуется не только осуществлять компактное представление изображений на передающей стороне, но и их декодирование на приемной стороне без потери качества. В связи с этим **цель статьи** заключается в разработке метода восстановления изображений, учитывающего особенности формирования информационных частей пакета стандарта TETRA и особенности организации процесса сжатия изображений.

### Разработка восстановления кодовых комбинаций сжатого представления изображений в стандарте TETRA

Для восстановления изображений без потери качества необходимо:

- организовать процесс получения кодовых комбинаций сжатого представления изображений, учитывая способы их формирования на передающей стороне;
- осуществить декодирование межкадровых полиадических кодов для восстановления исходных изображений.

Для получения кодовых комбинаций компактного представления последовательности изображений необходимо осуществить декодирование информационной части пакета стандарта TETRA. Метод восстановления кодовых комбинаций состоит из следующих этапов:

1. Обработка в пакете данных стандарта TETRA двух частей: служебной и информационной. В начале временного интервала пакета данных передается пакет PA (Power Amplifier) длиной 36 бит, предназначенный для установки мощности излучения. За ним следует первый информационный блок длиной 216 бит, далее – синхропоследовательность SYNCH длиной 36 бит, после чего передается второй информационный блок (216 бит). В конце временного интервала передается защитный блок длиной 6 бит, исключаящий перекрытие соседних каналов (рис. 1).

В информационный блок, в свою очередь, входят служебная и информационная части кодовой комбинации сжатого представления.

2. Считывание служебной части кодовой комбинации. В служебную часть входит:

- информация об отведенном количестве бит  $b_{\min}$  на передачу минимального значения массива  $L$  межкадровых длин серий;
- $\ell_{\min}$  – нижнее ограничение на динамический диапазон массивов межкадровых длин серий;

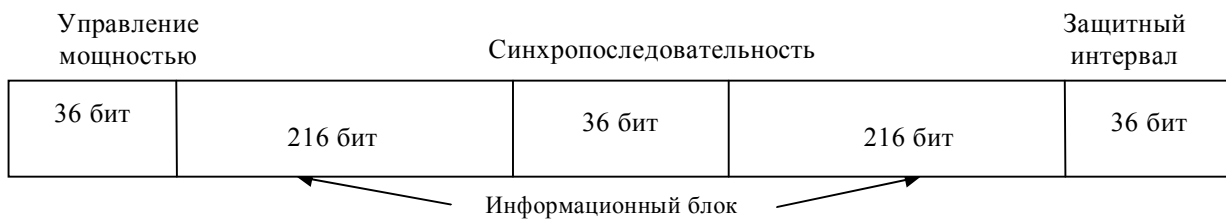


Рис. 1. Структурная схема пакета данных стандарта TETRA

– информация о количестве разрядов  $b_\Lambda$ , требующихся на представление вектора оснований  $\Lambda$ , состоящего из  $m$  оснований элементов массива  $L$ .

3. Обработка информационной части кодовой комбинации пакета. В информационную часть пакета входит:

– информация о количестве разрядов, требующихся на представление последовательности кодовых номеров  $N_{j,\beta}$ , образованных для массива длин межкадровых серий;

– последовательность разрядов несущих непосредственно информацию о значении кода-номера  $N_{j,\beta}$ ;

– информация о значениях кодовых комбинаций для массива цветовых координат  $C$ .

Важным компонентом процесса восстановления фрагментов изображений в стандарте TETRA является очередность считывания пакета данных, а именно служебной и информационной частей кодовых комбинаций сжатого представления фрагмента изображения.

Исходя из принятого порядка заполнения пакета данных стандарта TETRA, считывание информации на приемной стороне для восстановления изображений происходит в следующем порядке:

а) определение и выделение из служебной части пакета данных стандарта TETRA количества двоичных разрядов  $b_{\min}$ , требуемых для описания минимального значения  $\ell_{\min}$  длин межкадровых серий в массиве  $L$ .

Количество разрядов  $b_{\min}$  на представление величины  $\ell_{\min}$  равно

$$b_{\min} = \log_2 \ell_{\max}, \tag{1}$$

где  $\log_2 \ell_{\max}$  – количество разрядов, отводимых для представления  $\ell_{\max}$ ;

б) определение количества разрядов  $b_\Lambda$ , используемых на представление вектора  $\Lambda$  оснований полиадических чисел. Исходя из того, что количество оснований  $\lambda_i$  равно количеству строк  $m$  массива  $L$ , количество разрядов  $b_\Lambda$  определяется из выражения

$$b_\Lambda = m \log_2 (\ell_{\max} + 1). \tag{2}$$

Известная информация о минимальном значении  $\ell_{\min}$  и о элементах вектора  $\Lambda$  оснований полиадических чисел позволяет определить на приемной

стороне количество элементов  $m_{j\beta}$  для  $j$ -го столбца массива  $L$  и значение накопленного произведения оснований элементов  $j$ -го столбца массива длин межкадровых серий  $W_{j\beta}$ . Данная информация позволит определить границы кодов-номеров полиадических чисел  $S_{j\beta}$ ;

в) определение количества разрядов на представление последовательности кодов-номеров  $N(j, \beta)$ , образованных для массива длин межкадровых серий. По условию метода межкадрового полиадического кодирования на каждый код-номер затрачивается одинаковое количество разрядов, равное длине машинного слова  $M$ . В тоже время в стандарте транкинговой радиосвязи TETRA минимальной единицей передачи данных является пакет, равный 216 бит. В этом случае возникает несоответствие размеров машинного слова с размерами информационных частей пакета TETRA. Такое несоответствие приводит к тому, что в информационной части пакета TETRA образуются остаточные разряды, которые не используются для передачи кодовых конструкций сжатого представления изображений. Поэтому для учета данной особенности заполнения информационной части пакета стандарта TETRA предлагается организовать локально-равномерное считывание кодовых номеров. В этом случае количество разрядов  $S$ , отводимое на представление кода-номера  $N(j, \beta)$  для  $\beta$ -го полиадического числа, сформированного для  $j$ -го столбца массива  $L$ , определяется по формуле

$$S = \max_{\substack{1 \leq j \leq n \\ 1 \leq \beta \leq q_m}} S_{j\beta}, \tag{3}$$

где  $S_{j\beta}$  – минимальное количество разрядов, отводимое на представление кода-номера  $N(j, \beta)$  для  $\beta$ -го полиадического числа, сформированного для  $j$ -го столбца массива  $L$ ,

$$S_{j\beta} = \log W(j, \beta) + 1 = \log \left( \prod_{\xi=1}^{m_{j\beta}} \lambda_\xi \right) + 1; \tag{4}$$

$W(j, \beta)$  – накопленное произведение оснований элементов  $\beta$ -го полиадического числа, сформированного на основе элементов  $j$ -го столбца массива длин межкадровых серий;

$m_{j\beta}$  – количество элементов  $j$ -го столбца массива длин серий  $L$ , содержащихся в  $\beta$ -м полиадическом числе, для которого формируется один код-номер;

$\lambda_\xi$  – основание  $\xi$ -го элемента  $\beta$ -го полиадического числа.

На основе выражений (3) и (4) под каждый код-номер массива  $L$  будет выделяться количество разрядов, равное максимальному количеству разрядов, отводимому на представление величины  $\log_2 W(j, \beta) + 1$ .

Определение величины  $S_{j\beta}$  на приемной стороне задается следующими этапами:

– определение количества двоичных разрядов  $b_{\min}$  и восстановление минимального значения  $\ell_{\min}$  длин межкадровых серий в массиве  $L$ , исходя из выражения (1);

– определение количества разрядов  $b_\Lambda$  и восстановление вектора  $\Lambda$  оснований полиадических чисел (2) с учетом того, что количество оснований  $\lambda_i$  равно количеству строк  $m$  массива  $L$ ;

– поочередное перемножение каждого значения  $\lambda_i$  и сравнение текущего накопленного произведения  $W(j, \beta)$  с машинным словом  $M$ :

$$W(j, \beta)_i = W(j, \beta)_{i-1} \times \lambda_i = \prod_{\xi=1}^i \lambda_\xi \leq 2^M - 1. \quad (5)$$

Если неравенство (5) выполняется, то  $i$ -й элемент  $j$ -го столбца массива  $L$  принадлежит текущему полиадическому числу и процесс определения длины текущего полиадического числа продолжается. В противном случае, если неравенство (5) не выполняется, то текущий элемент массива межкадровых длин серий будет принадлежать следующему полиадическому числу, которое находится в пределах очередного информационного блока пакета стандарта TETRA. Тогда минимальное количество разрядов на представление текущего полиадического числа находится по формуле

$$\begin{aligned} S_{j\beta} &= \log_2 W(j, \beta) + 1 = \log_2 W(j, \beta)_{i-1} + 1 = \\ &= \log_2 \left( \prod_{\xi=1}^{m_{j\beta}} \lambda_\xi \right) + 1; \end{aligned}$$

– выбор максимального значения из всех  $S_{j\beta}$  и деление информационного блока пакета данных на отрезки, равные максимальному значению полиадического коду-номеру  $S_{j\beta}$ .

### Разработка межкадрового полиадического декодирования

Разрабатываемый метод восстановления заключается в определении массивов длин серий по полиадическим кодам и получении исходных элементов изображения на основе сопоставления каждой цветовой координате соответствующей длины серии. Содержание этапов определяется необходимостью достоверного восстановления компактно представленных изображений. Рассмотрим содержание каждого этапа.

Первый этап. Элементы столбца  $L^{(j)}$  массива длин серий восстанавливаются на основе выражения [3, 4]:

$$\ell_{ij} = \Phi_{\text{пк}}^{-1} \{N_j\}; \quad i = \overline{1, m_{\text{дс}}}; \quad \ell_{ij} \in L^{(j)}, \quad (6)$$

где  $\ell_{ij}$  – восстановленный элемент массива длин серий, стоящий на пересечении  $i$ -й строки и  $j$ -го столбца;

$\Phi_{\text{пк}}^{-1} \{N_j\}$  – оператор декодирования полиадического числа, равный

$$\Phi_{\text{пк}}^{-1} \{N_j\} = \left[ \frac{N_j}{h_i} \right] - \left[ \frac{N_j}{h_i \lambda_i} \right] \lambda_i; \quad (7)$$

$\lambda_i$  – максимальное значение в  $i$ -й строке, увеличенное на 1;

$h_i$  – накопленное произведение  $(m_{\text{дс}} - i)$  оснований  $\lambda_i$  в направлении снизу-вверх;

$m_{\text{дс}}$  – количество строк в массиве длин серий.

Второй этап. Восстановление исходного динамического диапазона длин серий реализуется за счет добавления к полученным элементам массивов  $L$ , соответствующего минимального значения

$$\ell_{ij} = \ell'_{ij} + \ell_{\min}, \quad (8)$$

где  $\ell_{ij}$ ,  $\ell'_{ij}$  – значения длин серий соответственно до и после восстановления диапазона;

$\ell_{\min}$  – минимальная длина серии в массиве  $L$ .

В результате восстановления динамического диапазона получены исходные значения длин серий одинаковых элементов изображений. Точный диапазон значений длин серий позволит восстановить исходные фрагменты изображений.

Третий этап. Восстановление исходных элементов изображений по массивам  $L$  состоит в сопоставлении длинам серий соответствующих цветковых координат. Такое сопоставление обеспечит насыщение структурных форм объектов соответствующей цветовой палитрой. Процесс сопоставления массивов длин серий и массивов цветковых координат включает:

1) дробление массивов длин серий и цветковых координат на элементы кадров так, чтобы:

– элемент зоны длин серий являлся истинным количеством повторов элемента зоны цветковых координат;

– количество элементов в массиве цветковых координат было равно количеству элементов в массиве длин серий;

2) организацию хранения координат начала и конца каждой зоны;

3) обеспечение синхронизации между концом обработки текущей серии и началом обработки очередной серии;

4) необходимость соответствия между каждой цветковой координатой серии и соответствующей длиной. Другими словами нужно организовать поиск

и выборку в массивах длин серий и в массивах цветowych координат таких элементов, которые бы позволили восстановить изображение без искажений.

Четвертый этап. Процесс формирования межкадровых серий одинаковых элементов кадров задается следующими действиями:

а) если  $l_{\xi} \geq 1$ ,  $a_{\eta\gamma} = c_{ij}$ , где  $\gamma = \overline{1 \dots l_{\xi}}$ ;

б) если  $l_{\xi} = 0$ ,  $l_{\xi} = l_{i,j+1}$  и  $a_{\eta\gamma} = c_{ij+1}$ .

Восстановление последовательности кадров считается завершенным, когда выполнено сравнение всех значений массивов длин серий и цветowych координат по всем  $l_{i,j}$  элементам  $v_k$  кадров.

### Выводы

Разработан метод восстановления кодовых комбинаций компактного представления изображений в стандарте транкинговой радиосвязи TETRA. Отличительные особенности разработанного метода состоят в построении аналитических правил, обеспечивающих вычисление размеров и границ кодовых комбинаций с учетом определения очередности следования частей кодовых комбинаций сжатого представления фрагмента изображений. Учитываются особенности формирования кодовых комбинаций сжатого представления фрагментов изображений на основе межкадрового полиадического кодирования с учетом формирования массивов длин межкадровых серий; том, что для дополнительного повышения степени

сжатия создается локально-равномерное представление кодов-номеров полиадических чисел, сформированных для массивов длин межкадровых серий. Это создает возможность организовать прием изображений в системе мобильной радиосвязи TETRA.

### Список литературы

1. Королёва Н.А., Ульянкина И.В. Обґрунтування необхідності використання підсистем стиску відеоданих у системах транкінгового зв'язку // Радіотехніка. – Х.: ХНУРЕ. – 2006. – Вип. 144. – С. 198-200.
2. Ватолин В.И., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 384 с.
3. Поляков П.Ф., Баранник В.В., Королёва Н.А. Метод комбинированного полиадического кодирования массивов длин серий // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. – № 5. – С. 42-46.
4. Поляков П.Ф., Баранник В.В., Королёва Н.А. Метод восстановления изображений // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2001. – Вип. 6 (16). – С. 140-145.
5. Королёв А.В., Баранник В.В., Гиневский А.М. Иерархически-конвейерная организация восстановления изображений // Збірник наукових праць ІПМЕ НАНУ. – К.: ІПМЕ НАНУ. – 2002. – Вип. 15. – С. 27-33.

Поступила в редколлегию 21.12.06

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. П.Ф. Поляков, Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков.