

УДК 621.327:681.5

В.В. Баранник, доктор технических наук, профессор,
О.В. Яковенко, кандидат технических наук,
Ю.Н. Колтун

МЕТОДОЛОГИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ФОРМАТИРОВАНИЯ МНОГОУРОВНЕВОГО ПОЛИАДИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Обосновывается необходимость развития технологий компрессии на основе создания систем динамического сжатия. Излагаются этапы разработки методологии форматирования многоуровневого динамического полиадического пространства. Форматирование включает систему правил, базирующихся на проверке неравенств между количеством разрядов на представление элементов видеопоследовательности в случае присоединения элемента к верхнему уровню динамического дифференциального полиадического пространства и количеством разрядов для варианта образования нового верхнего уровня.

Ключевые слова: сжатие видеоданных, динамическое полиадическое пространство.

Обґрунтовується необхідність розвитку технологій компресії на основі створення систем динамічної компресії. Описано етапи розробки методології форматування багаторівневого динамічного поліадичного простору. Форматування включає систему правил, нерівностей, що базуються на перевірці нерівностей між кількістю розрядів на представлення елементів відеопослідовності у випадку приєднання елемента до верхнього рівня динамічного диференціального поліадичного простору і кількістю розрядів для варіанту утворення нового верхнього рівня.

Ключові слова: компресія відеоданих, динамічний поліадичний простір.

The necessity of the development of compression technologies is grounded on the basis of dynamic compression systems creation. Development cycles of the methodology of the multilevel dynamic polyadical spaces formatting are stated.

Keywords: compression of vide data, dynamic polyadical space.

Одно из направлений развития технологий сжатия изображений связано с необходимостью осуществлять их доставку на заданные расстояния в соответствии с системой качества телекоммуникационных услуг (обслуживания) QoS (Quality of Service) на уровне приложения, регламентируемой рекомендациями ITU-T G.1030, P.800, G.1010, G.1070 [1–4]. Подразумевается обеспечение доставки видеоданных с заданным уровнем искажений, требуемой задержкой и, по необходимости, в реальном времени. В то же время накладывается ряд ограничений на вычислительные характеристики и на скорость передачи по каналам связи. Поэтому актуальной тематикой исследований является разработка подходов для обеспечения дополнительного снижения битовой скорости [5; 6]. В рамках такого развития создается метод компрессии, базирующийся на динамическом полиадическом кодировании и излагаемый в статьях [7; 8]. В данном случае количество устраняемой

статистической и структурной избыточности зависит от свойств обрабатываемых массивов видеоданных. Для повышения степени сжатия требуется в соответствии с принципами формирования динамических полиадических чисел определить формат многоуровневого дифференциального пространства, в том числе параметры динамических диапазонов в зависимости от характеристик видеоданных.

Количество $P(\Theta_{k,T}^{(i)})$ динамических полиадических чисел (ДПЧ), состоящих из T элементов, в многоуровневом дифференциальном полиадическом пространстве (МДПП) находится по формуле [8]

$$P(\Theta_{k,T}^{(i)}) = \prod_{k=1}^K (d^{(k)})^{T_k - T_{k-1}}, \quad (1)$$

где $(d^{(k)})^{T_k - T_{k-1}}$ – количество допустимых ДПЧ длиной T элементов в МДПП с количеством уровней, равных K ; $T_0=1$, $T_K=T$.

Пользуясь формулой (1), найдем максимальное количество $Q(\Theta_{k,T}^{(i)})$ разрядов на кодовое представление последовательности $\Theta_{k,T}^{(i)}$:

$$Q(\Theta_{k,T}^{(i)}) = \sum_{k=1}^K (T_k - T_{k-1}) \log_2(d^{(k)}). \quad (2)$$

На основе формулы (2), максимальное количество $Q(\Omega)$ разрядов на кодовое представление видеопоследовательности $X = \{X_1, \dots, X_1, \dots, X_T\}$ в многоуровневом дифференциальном полиадическом пространстве равно

$$Q(\Omega) = \sum_{k=k_n}^{k_s} (|\Omega(u_k)|) \log_2(d^{(k)}). \quad (3)$$

Количество $Q_D^{(k)}$ разрядов на представление оснований МДПП находится по формуле

$$Q_D^{(k)} = \sum_{k=k_n}^0 \log_2 d_{\min}^{(k)} + \sum_{k=0}^{k_s} \log_2 d_{\max}^{(k)} + \sum_{k=k_n}^{k_s} \log_2 u_k. \quad (4)$$

где $\sum_{k=k_n}^{k_s} \log_2 d_{\min}^{(k)}$, $\sum_{k=k_n}^{k_s} \log_2 d_{\max}^{(k)}$ – суммарное количество разрядов на представление соответственно минимальных и максимальных уровней многоинтервальной апертурной аппроксимации; u_k – номер k -го уровня МДПП; $\sum_{k=k_n}^{k_s} \log_2 u_k$ – количество разрядов, отводимое на представление информации о номерах уровней МДПП.

В соответствии с выражением (3) максимальное количество разрядов $Q(\Omega)$ на представление элементов последовательности множеств Ω находится в прямо пропорциональной зависимости от величин динамических диапазонов $d^{(k)}$ уровней МДПП. При больших значениях $d^{(k)}$ величина $Q(\Omega)$ будет стремиться к исходному количеству разрядов $m \cdot T \log_2 N$ на представление видеопоследовательности (до выявления ограничений).

Значит для повышения степени сжатия требуется формировать уровни МДПП так, чтобы величина их динамического диапазона удовлетворяла условию

$$d^{(k)} = \Delta_k \leq 31, \quad (5)$$

где Δ_k – граничное значение величины динамического диапазона уровней МДПП.

Отсюда следует, что, если для k -го уровня МДПП выполняется неравенство

$$d^{(k)} > \Delta_k, \quad (6)$$

то необходимо проводить дробление текущего уровня. В зависимости от значения $d^{(k)}$ количество N_k новых уровней (уровней-доменов) определяется по формуле

$$N_k = [d^{(k)} / \Delta_k] + 1, \quad (7)$$

где N_k – количество уровней, формируемых на базе k -го уровня МДПП.

Границы новых уровней вычисляются по формулам:

$$d_{\min}^{(k+1)} = d_{\min}^{(k)}; \quad d_{\max}^{(k+1)} = d_{\min}^{(k)} + \Delta_k; \quad (8)$$

$$\xi \leq N_k, \quad d_{\min}^{(k+\xi)} = d_{\max}^{(k+\xi-1)}; \quad d_{\max}^{(k+\xi)} = d_{\min}^{(k+\xi)} + \Delta_k,$$

где $d_{\min}^{(k+\xi)}$, $d_{\max}^{(k+\xi)}$ – соответственно нижняя и верхняя границы ξ -го уровня-домена, образованного на основе k -го уровня МДПП.

Для сильнонасыщенных полноцветных реалистических изображений характерно наличие большого количества цветовых перепадов на границах мелких объектов и контурных линий. Это приводит к росту величины $d^{(k)}$. Поэтому достижение условия (5) связано с увеличением количества уровней дифференциального полиадического пространства.

С другой стороны, согласно выражению (4), количество K_T уровней МДПП влияет на увеличение объема $Q_D^{(k)}$, отводимого на представление служебной информации. Снижение объема $Q_D^{(k)}$ диктует требование относительно сокращения количества уровней МДПП.

Следовательно, существует противоречие между уменьшением объемов $Q(\Omega)$ и $Q_D^{(k)}$. Для решения данного противоречия предлагается построить систему правил, позволяющих формировать уровни МДПП так, чтобы выполнялось условие относительно уменьшения суммарного $(Q(\Omega) + Q_D^{(k)})$ количества разрядов на представление информационной и служебной части кодовых конструкций

$$Q(\Omega + Q_D^{(k)}) = \sum_{k=1}^{K_T} ((|\Omega(u_k)|) \log_2(d^{(k)}) + \log_2 d_{\min}^{(k)} + \log_2 d_{\max}^{(k)} + \log_2 u_k) \rightarrow \min \quad (9).$$

Разработка метода форматирования многоуровневого полиадического пространства

Из анализа соотношения (9) следует, что величина $(Q(\Omega) + Q_D^{(k)})$ зависит от суммы

$$((|\Omega(u_k)|) \log_2(d^{(k)}) + \log_2 d_{\min}^{(k)} + \log_2 d_{\max}^{(k)} + \log_2 u_k), \quad (10)$$

которая, в свою очередь, формируется при добавлении очередного уровня МДПП. Значит, выполнение условия (9) связано с выполнением требования

$$(|\Omega(u_k)|) \log_2(d^{(k)}) + \log_2 d_{\max}^{(k)} + \log_2 d_{\max}^{(k)} + \log_2 u_k \rightarrow \min. \quad (11)$$

Форматирование уровней МДПП в соответствии с условием (10) предлагается проводить в два этапа:

а) дробления уже сформированных уровней дифференциального пространства. Такой случай возникает при обработке начального уровня МДПП, если $d^{(k)} > \Delta_k$; управлении степенью сжатия изображений на основе дополнительного уменьшения величины Δ_k для ранее сформированных уровней МДПП;

б) формирования новых уровней дифференциального полиадического пространства в результате анализа значений элементов видеопоследовательности.

Рассмотрим процесс дробления. Разделение ранее сформированных уровней осуществляется по формулам (7) и (8). Основанием для разделения уровней в первом случае является анализ значений величины $\Delta S^{(k)}$, определяемой как разность в количестве двоичных разрядов за счет увеличения количества уровней МДПП:

$$\Delta S^{(k)} = Q_k - Q_{k1} - Q_{k2}, \quad (12)$$

где Q_k – количество разрядов на представление элементов, принадлежащих уровню k :

$$Q_k = |\Omega(u_k)| (\log_2 d^{(k)} + \log_2 u_k) + \log_2 d_{\max}^{(k)}. \quad (13)$$

Здесь Q_{k1} , Q_{k2} – количество разрядов на представление элементов, принадлежащих соответственно новым уровням k_1 и k_2 :

$$Q_{k1} + Q_{k2} = |\Omega(u_{k1})| (\log_2 d^{(k1)} + \log_2 u_{k1}) + \log_2 d_{\max}^{(k1)} + |\Omega(u_{k2})| (\log_2 d^{(k2)} + \log_2 u_{k2}) + \log_2 d_{\max}^{(k2)}, \quad (14)$$

где $|\Omega(u_k)|$ – объем множества $\Omega(u_k)$, элементы которых имеют динамический диапазон ограниченные величинами $[d_{\min}^{(k)}; d_{\max}^{(k)}]$; $|\Omega(u_{k1})|$, $|\Omega(u_{k2})|$ – объемы множеств $\Omega(u_{k1})$ и $\Omega(u_{k2})$, элементы которых имеют динамические диапазоны ограниченные соответственно $[d_{\min}^{(k1)}; d_{\max}^{(k1)}]$ и $[d_{\min}^{(k2)}; d_{\max}^{(k2)}]$; $d_{\min}^{(k2)} = d_{\max}^{(k1)}$; $d_{\max}^{(k2)} = d_{\max}^{(k1)} + d^{(k2)}$, $[d_{\min}^{(k1)}; d_{\max}^{(k1)}]$, $[d_{\min}^{(k2)}; d_{\max}^{(k2)}]$ – нижняя и верхняя границы уровней k_1 и k_2 .

На основе выражений (12) и (13) формула (11) преобразится к виду

$$\begin{aligned} \Delta S^{(k)} = & |\Omega(u_k)| (\log_2 d^{(k)} + \log_2 u_k) + \log_2 d_{\max}^{(k)} - \\ & - |\Omega(u_{k1})| (\log_2 d^{(k1)} + \log_2 u_{k1}) - \log_2 d_{\max}^{(k1)} - \\ & - |\Omega(u_{k2})| (\log_2 d^{(k2)} + \log_2 u_{k2}) - \log_2 d_{\max}^{(k2)}. \end{aligned} \quad (15)$$

Поскольку при описании многоуровневого дифференциального полиадического пространства можно перейти от величин $d_{\max}^{(k)}$ к значениям динамических диапазонов $d^{(k)}$, то последнее соотношение примет вид

$$\begin{aligned} \Delta S^{(k)} = & |\Omega(u_k)| (\log_2 d^{(k)} + \log_2 u_k) + \log_2 d^{(k)} - \\ & - |\Omega(u_{k_1})| (\log_2 d^{(k_1)} + \log_2 u_{k_1}) - \log_2 d^{(k_1)} - \\ & - |\Omega(u_{k_2})| (\log_2 d^{(k_2)} + \log_2 u_{k_2}) - \log_2 d^{(k_2)}. \end{aligned} \quad (16)$$

Выражение (14) позволяет определить величину $\Delta S^{(k)}$. Если $\Delta S^{(k)} > 0$, то за счет дробления уровня МДПП достигается уменьшение количества разрядов на кодовое представление динамических полиадических чисел в МДПП. В этом случае на базе k -го уровня формируются два новых уровня с характеристиками $[d_{\min}^{(k)}, d_{\max}^{(k_1)}]$ и $[d_{\min}^{(k_2)}, d_{\max}^{(k)}]$. В противном случае, когда $\Delta S^{(k)} \leq 0$, то количество уровней в МДПП остается неизменным, т.е. дробление не проводится.

Рассмотрим процесс форматирования уровней МДПП на этапе их формирования. Принятие решения о принадлежности элемента $x(t)_{ij}$ текущему уровню k_b или о формировании нового уровня $(k_b + 1)$ организуется в соответствии с выполнением условия (10), т.е. в соответствии с требованием относительно сокращения кодового представления данных. При этом необходимо учитывать, что в случае присоединения элемента $x(t)_{ij}$, для которого выполняется условие $x(t)_{ij} > d_{\max}^{(k_b)}$, величина верхней границы $d_{\max}^{(k_b)}$ динамического диапазона уровня k_b увеличивается, т.е. $d_{\max}'^{(k_b)} > d_{\max}^{(k_b)}$, где $d_{\max}'^{(k_b)}$ – пересчитанное значение верхней границы уровня k_b в результате добавления элемента $x(t)_{ij}$.

В качестве решающего правила предлагается использовать неравенство (реализация джамп-технологии) между количеством разрядов Q_1 на представление элементов видеопоследовательности в случае присоединения элемента к уровню k_b и количеством разрядов Q_2 для варианта образования нового уровня $(k_b + 1)$:

$$Q_1 \leq Q_2, \quad (17)$$

где Q_1 – количество разрядов, отводимое на представление элементов, принадлежащих уровню k_b с учетом добавления одного элемента

$$Q_1 = (|\Omega(u_{k_b})| + |\Omega(u_{k_b})|) (\log_2(d_{\max}'^{(k_b)}) + \log_2 u_{k_b}) + \log_2 d_{\max}'^{(k_b)}. \quad (18)$$

Здесь $|\Omega'(u_{k_b})|$ – количество элементов видеопоследовательности, для которых выполняется условие $x(t)_{ij} > d_{\max}^{(k_b)}$; $d_{\max}'^{(k_b)}$ – динамический диапазон уровня k_b после добавления элементов; Q_2 – суммарное количество разрядов, отводимое на представление элементов принадлежащих уровню k_b и уровню $(k_b + 1)$:

$$Q_2 = |\Omega(u_{k_s})| (\log_2 d^{(k_s)} + \log_2 u_{k_s}) + \log_2 d_{\max}^{(k_s)} + \\ + |\Omega(u_{k_{s+1}})| (\log_2 d^{(k_{s+1})} + \log_2 u_{k_{s+1}}) + \log_2 d_{\max}^{(k_{s+1})}, \quad (19)$$

где $d_{\max}^{(k_{s+1})}$, $d^{(k_{s+1})}$ – соответственно значение верхней границы и динамического диапазона уровня $(k_s + 1)$, составленного для элементов $x(t)_{ij} > d_{\max}^{(k_s)}$; $u_{k_{s+1}}$ – номер уровня $(k_s + 1)$ в МДПП, $u_{k_{s+1}} > u_{k_s}$.

Величина $d_{\max}^{(k_{s+1})}$ выражается через значения $d_{\max}^{(k_s)}$ как

$$d_{\max}^{(k_{s+1})} = d_{\max}^{(k_s)} + d^{(k_{s+1})}. \quad (20)$$

При переходе от величин $d_{\max}^{(k)}$ к значениям динамических диапазонов $d^{(k)}$ выражения (16) и (17) примут вид

$$Q_1 = (1 + |\Omega(u_{k_s})| + |\Omega(u_{k_s})|) \log_2 d^{(k_s)} + \\ + (|\Omega(u_{k_s})| + |\Omega(u_{k_s})|) \log_2 u_{k_s} \\ Q_2 = (1 + |\Omega(u_{k_s})|) \log_2 d^{(k_s)} + |\Omega(u_{k_s})| \log_2 u_{k_s} + \\ + (1 + |\Omega(u_{k_{s+1}})|) \log_2 d^{(k_{s+1})} + |\Omega(u_{k_{s+1}})| \log_2 u_{k_{s+1}} \quad (21)$$

Величина $d^{(k_s)}$ может рассчитываться по двум вариантам:

– первый вариант, когда

$$d^{(k_s)} = d^{(k_s)} + d^{(k_{s+1})} \quad (22)$$

– второй вариант используется при оценке объемов Q_1 и Q_2 в случае рассмотрения только одного элемента $x(t)_{ij}$, для которого выполняется неравенство $x(t)_{ij} > d_{\max}^{(k_s)}$. Тогда

$$d^{(k_s)} = d_{\min}^{(k_s)} + \Delta x(t)_{ij}; \\ d_{\max}^{(k_s)} = d_{\max}^{(k_s)} + \Delta x(t)_{ij}, \quad (23)$$

где $\Delta x(t)_{ij}$ – значение элемента $x(t)_{ij}$ относительно нижней границы $d_{\min}^{(k_s)}$ уровня k_s : $\Delta x(t)_{ij} = x(t)_{ij} - d_{\min}^{(k_s)}$.

Проведем оценку объемов Q_1 и Q_2 для условия (21). Для этого варианта соотношение (19) примет следующий вид:

$$Q_1 = (1 + |\Omega(u_{k_s})|) \log_2 (d^{(k_s)} + d^{(k_{s+1})}) + \\ + (|\Omega(u_{k_s})| + |\Omega(u_{k_s})|) \log_2 u_{k_s} + \\ + |\Omega(u_{k_s})| \log_2 (d^{(k_s)} + d^{(k_{s+1})}). \quad (24)$$

Отсюда решающее правило (15) будет задаваться неравенством

$$Q_1 = (1 + |\Omega(u_{k_b})|) \log_2(d^{(k_b)} + d^{(k_b+1)}) + |\Omega(u_{k_b})| \log_2 u_{k_b} + \\ + |\Omega(u_{k_b})| \log_2(d^{(k_b)} + d^{(k_b+1)}) \leq Q_2 = (1 + |\Omega(u_{k_b})|) \log_2 d^{(k_b)} + \\ + (1 + |\Omega(u_{k_b+1})|) \log_2 d^{(k_b+1)} + |\Omega(u_{k_b+1})| \log_2 u_{k_b+1}. \quad (25)$$

В частном случае, когда $d^{(k_b)} + d^{(k_b+1)} = \Delta_k$, то соотношение (25) преобразится к виду

$$Q_1 = (1 + |\Omega(u_{k_b})|) \log_2 \Delta_k + |\Omega(u_{k_b})| \log_2 u_{k_b} + |\Omega(u_{k_b})| \log_2 \Delta_k \leq \\ \leq Q_2 = (1 + |\Omega(u_{k_b})|) \log_2 d^{(k_b)} + (1 + \\ + |\Omega(u_{k_b+1})|) \log_2 d^{(k_b+1)} + |\Omega(u_{k_b+1})| \log_2 u_{k_b+1}. \quad (26)$$

Если неравенство (25) не выполняется, то в результате формирования нового уровня достигается сокращение кодового представления видеопоследовательности в виде динамических полиадических чисел в МДПП. Следовательно, принимается решение об увеличении количества уровней МДПП. В противном случае количество уровней остается неизменным.

Рассмотрим случай заданный формулой (22). Данный вариант позволяет принимать решение о форматировании МДПП еще до формирования множества $\Omega'(u_{k_b})$, состоящего из элементов $x(t)_{ij} > d_{\text{max}}^{(k_b)}$. В зависимости от значений граничной величины Δ_k динамического диапазона уровней МДПП, величины динамического диапазона $d^{(k_b)}$ максимального уровня и значения $x(t)_{ij}$ добавляемого элемента видеопоследовательности возможны следующие варианты:

$$\Delta x(t)_{ij} > \Delta_k; \Delta x(t)_{ij} \leq \Delta_k \text{ и } (d^{(k_b)} + \Delta x(t)_{ij}) \leq \Delta_k \\ \Delta x(t)_{ij} \leq \Delta_k, \text{ а } (d^{(k_b)} + \Delta x(t)_{ij}) > \Delta_k \quad (27)$$

Выражения для оценки объемов Q_1 и Q_2 по двум элементам (первый принадлежит уровню k_b , а для второго выполняется неравенство $x(t)_{ij} > d_{\text{max}}^{(k_b)}$) примут вид:

$$Q_1 = 3 \log_2 d^{(k_b)} + 2 \log_2 u_{k_b} \\ Q_2 = 2 \log_2 d^{(k_b)} + \log_2 u_{k_b} + 2 \log_2 d^{(k_b+1)} + \log_2 u_{k_b+1}, \quad (28)$$

где $d^{(k_b+1)}$ – динамический диапазон уровня $(k_b + 1)$.

По условию формирования $(k_b + 1)$ -го уровня его рабочий диапазон равен $\Delta x(t)_{ij}: d^{(k_b+1)} = \Delta x(t)_{ij}$.

Тогда формула (26) примет вид:

$$Q_2 = 2\log_2 d^{(k_*)} + \log_2 u_{k_*} + 2\log_2 \Delta x(t)_{ij} + \log_2 u_{k_*+1}, \quad (29)$$

а величина Q_1 с учетом условия (22) будет равна

$$Q_1 = 3\log_2 (d^{(k_*)} + \Delta x(t)_{ij}) + 2\log_2 u_{k_*}. \quad (30)$$

Для выражений (27) и (28) решающее правило (19) запишется в виде

$$3\log_2 (d^{(k_*)} + \Delta x(t)_{ij}) + \log_2 u_{k_*} < 2\log_2 d^{(k_*)} + 2\log_2 \Delta x(t)_{ij} + \log_2 u_{k_*+1}. \quad (31)$$

В случае, если неравенство (29) выполняется, то: количество уровней в МДПП не изменяется; верхняя граница $d_{\max}^{(k_B)}$ для k_B -го уровня по формуле (23) увеличивается на величину $\Delta x(t)_{ij}$; количество элементов $\Omega(u_{k_B})$ увеличивается на один элемент $\Omega'(u_{k_B}) = \Omega(u_{k_B}) + 1$.

Наоборот, когда $Q_1 > Q_2$, то количество уровней в МДПП увеличивается на единицу $K_T + 1$; $d_{\max}^{(k_B)} = \text{const}$, $\Omega(u_{k_B}) = \text{const}$; $\Omega(u_{k_B+1}) = 1$.

Таким образом, разработана система правил, обеспечивающая форматирование многоуровневого дифференциального полиадического пространства для дополнительного сокращения объема кодового представления динамических полиадических чисел в МДПП.

Выводы.

1. Сформирована система правил, обеспечивающая форматирование многоуровневого дифференциального полиадического пространства.

Система формирующих правил базируется на проверке неравенства между количеством разрядов на представление элементов видеопоследовательности в случае присоединения элемента к верхнему уровню МДПП и количеством разрядов для варианта образования нового верхнего уровня.

2. Форматирование уровней МДПП организуется на двух этапах, а именно:

1) на этапе дробления уже сформированных уровней дифференциального пространства;

2) на этапе формирования новых уровней дифференциального полиадического пространства в результате анализа значений элементов видеопоследовательности.

При этом учитывается то, что многоуровневое дифференциальное полиадическое пространство образуется на основе таких подходов, как:

– многоуровневость, обусловленная тем, что с увеличением количества уровней в динамическом пространстве снижается кодовый объем, заграчиваемый на представление видеопоследовательности;

– динамичность – количество уровней, границы уровней и его высота изменяются в зависимости от поступающих на обработку элементов видеопоследовательности;

– дифференциальность – динамический диапазон элементов данных, принадлежащих уровню МДПП, рассчитывается как разность между его максимальным и минимальным значениями;

– полиадичность.

Обеспечивается компромисс между, с одной стороны, требованием относительно сокращения величины диапазонов МДПП, а с другой – сокращением количества служебных данных (индексы уровней и основания динамических полиадических чисел). Это позволяет снизить суммарный объем кодового представления, затрачиваемый на информационную и служебную части кодограмм представления динамических полиадических чисел в МДПП.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *ITU-T Recommendation G.1030 Estimating end-to-end performance in IP networks for data applications.*
2. *ITU-T Recommendation P.800 Methods for subjective determination of transmission quality.*
3. *ITU-T Recommendation G.1010 End-user multimedia QoS categories.*
4. *ITU-T Recommendation G.1070 Opinion model for video-telephony applications.*
5. *Баранник В.В. Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах / В.В. Баранник, В.П. Поляков. – Х. : ХУПС, 2010. – 212 с.*
6. *Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера, 2005. – 1073 с.*
7. *Баранник В.В. Модель динамического представления видеоданных в многоуровневом дифференциальном полиадическом пространстве / В.В. Баранник, Ю.Н. Колтун // Системи управління, навігації та зв'язку. – ЦНДІ НіУ. – 2010. – № 4. – С. 33–37.*
8. *Колтун Ю.Н. Метод формирования динамических полиадических чисел в одноуровневом дифференциальном пространстве / Ю.Н. Колтун // Сучасна спеціальна техніка. – 2010. – № 4 (19). – С. 30–36.*

Отримано 18.10.2011