

N. A. Testoedov, G. V. Dvirniy, M. Yu. Permyakov

TEMPERATURE DEFORMATION VALUE DEFINITION OF SIZE STABLE REFLECTORS

A calculation method of reflectors with regard to temperature deformation and choice of reflector structurally supportive design, made with the usage of material on the basis of carbon fiber reinforced plastic and which presents multilayer covering with honey comb sandwich is investigated in the report.

Keywords: temperature deformation, verification, focus, armoring arrangement, load-bearing element, design model.

© Тестоедов Н. А., Двирный Г. В., Пермяков М. Ю., 2011

УДК 621.396.4

И. Н. Тульский

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ РАДИОСЕТЕЙ ТИПА 3G И 4G ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МЕТОДОВ КОМПРЕССИИ МУЛЬТИМЕДИЙНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Рассмотрены альтернативные методы сжатия (компрессии) мультимедийной информации. Произведен сравнительный анализ уже существующих кодеков и алгоритмов с предложенными алгоритмами сжатия и восстановления информации в современных радиосетях.

Ключевые слова: радиосети, сжатие, мультимедиа, вейвлет, чирплет, кодек.

Сфера услуг, предоставляемых абонентам мобильных радиосетей, разнообразна и постоянно пополняется. Для качественной передачи информации в беспроводной сотовой связи необходимо рассмотреть возможность использования методов сжатия (компрессии) как с потерями, так и без потерь.

Применяемые в настоящее время методы компрессии по большей своей части и в силу стандартов, навязанных производителями, не соответствуют стандартам для организации скоростного потока передачи информации. Возможность передачи больших объемов цифровых данных, в том числе аудио- и видеоинформации, не учитывает специфику каналов и устройств мобильной связи: низкую помехоустойчивость, малые объемы памяти, низкие вычислительные возможности терминала.

Основными задачами беспроводной сотовой связи являются повышение эффективности и улучшение эксплуатационных характеристик бортовой аппаратуры доставки мультимедийной информации, упрощение программных алгоритмов обработки информации в терминалах.

Таким образом, проблема повышения эффективности организации сервисов по обработке и доставке мультимедийной информации абонентам мобильной связи в современных радиосетях имеет большое значение. Для ее разрешения необходима разработка альтернативных алгоритмов обработки данных, соответствующих специфике мобильных сетей и терминалов связи, для чего решаются следующие задачи:

– анализ существующих технических решений по сжатию мультимедийной информации, применяемых в беспроводных системах связи;

– обзор предлагаемых решений по обеспечению эффективного сжатия мультимедийной информации, учитывающего специфику радиоканалов, в частности сетей мобильной связи третьего и четвертого поколений;

– оценка необходимости использования новых методов обработки и сжатия информации;

– исследование математического аппарата чирплет-преобразований применительно к обработке мультимедийной информации и сжатия данных с допустимыми потерями;

– разработка алгоритмов сжатия статичных изображений, видео- и аудиопоследовательностей на основе чирплет-преобразования;

– аналитическое и имитационное моделирование прохождения сигнала по радиоканалу с возникновением характерных ошибок (случайных битовых ошибок, потери пакета данных, потери синхронизации потока).

На основании вышеизложенного, в качестве наиболее универсального метода и простого математического аппарата, схожего по свойствам с математическим аппаратом вейвлет-преобразований, взято адаптивное чирплет-преобразование.

Для анализа нестационарных процессов, в которых информативным является сам факт изменения частотно-временных характеристик сигнала (речи, музыки, изображения), требуются базисные функции, способные выявлять как частотные, так и временные характеристики, т. е. обладающие частотно-временной локализацией [1]. Одним из способов решения данной задачи является использование математического аппарата чирплет-функций, в частности чирплет-

разложения сигнала, при котором, в отличие от оконного преобразования Фурье, базисную функцию не только смещают во времени и масштабируют, но и определяют наклон частоты, чтобы получить многократное перекрытие сигнала.

Чирплет – это кусочек линейно-частотно-модулированного (ЛЧМ) сигнала (chirp). Точнее, чирплет – это результат умножения такого сигнала на окно, что обеспечивает свойство локализованности во времени. В условиях частотно-временного пространства мелкие ЛЧМ-импульсы существуют как вращающиеся, сдвинутые, деформированные структуры, движущиеся от традиционного параллелизма по временной и частотным осям, типичным для волн (преобразование Фурье и оконное преобразование Фурье, или вейвлет) [3]. Таким образом, чирплет-преобразование является повернутым, взвешенным или иначе измененным мозаичным представлением частотно-временной плоскости (рис. 1). *Чирплет-преобразование* – это скалярное произведение входного сигнала с семейством элементарных математических функций, именуемых чирплетами [3].

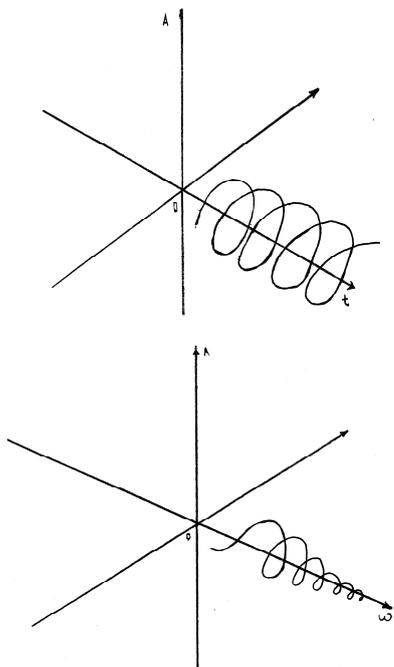


Рис. 1. Сопоставление сигнала во временной и частотной области

При обработке изображений и звуков период чаще всего изменяется линейно. Примером этого может служить градация цвета, изменение яркости, переход от одного цвета к другому, повышение частоты голоса, звуки окружающей среды и т. д. [2]. Абоненты мобильных радиосетей имеют терминалы с малыми размерами дисплеев (экранов). Пользователь такого терминала при сжатии изображения или звука с потерями не заметит какого-либо ухудшения качества мультимедийной информации. Поэтому чирплет-преобразование в данном случае более полезно, чем фурье- или вейвлет-преобразование.

Адаптивное чирплет-разложение сигнала $S(t)$ есть сумма чирплет-всплесков (функций) $g_n(t)$ и может быть представлено в виде

$$S(t) = \sum_{n=0}^{\infty} C_n g_n(t),$$

$$g(t) = (n\sigma_n^2)^{-0,25} \exp \left\{ -\frac{(t-t_n)^2}{2\sigma_n^2} + j\omega_n(t-t_n) + j\beta_n(t-t_n)^2 \right\},$$

где σ_n – шкала времени; t_n – текущее время; ω_n – начальная частота; β_n – чирплет-всплески.

Чирплет-всплески можно описать следующей формулой:

$$|C_n|^2 = \max \{ |S_n(t), g_n(t)| \}^2, \quad (1),$$

где $S_n(t)$ – остаточная ортогональная проекция $S_{n-1}(t)$ на $g_{n-1}(t)$:

$$S_n(t) = S_{n-1}(t) - C_{n-1}g_{n-1}(t) = S(t) - \sum_{i=1, i \neq n}^{n-1} C_i g_i(t), \quad (2)$$

$$S_0(t) = S(t).$$

Таким образом, адаптивное чирплет-разложение сигналов можно получить с помощью формул (1), (2).

Следуя из вышесказанного, определим адаптивное чирплет-преобразование как разложение сигнала по всевозможным сдвигам и сжатиям некоторых элементарных математических функций.

Различают три основных области применения двумерных унитарных преобразований для обработки изображений. Прежде всего эти преобразования используются для выделения характерных признаков изображения. Например, постоянная составляющая спектра Фурье пропорциональна средней яркости изображения, а высокочастотные составляющие характеризуют ориентацию и резкость контуров. Другой областью применения чирплет-преобразований является кодирование изображений, когда оцифровке, т. е. квантованию с конечным числом уровней, подвергается не само дискретное изображение, а его спектр, что во многих случаях позволяет добиться заметного сокращения длины кода. Третья область приложений – это сокращение размерности при выполнении вычислений за счет того, что в процессе спектральной обработки (например, фильтрации) малые по величине коэффициенты преобразования можно отбросить без заметного ухудшения качества обработки.

Важным свойством чирплет-преобразований является то, что отсчеты записывают в единый поток данных, замещая предыдущие значения. Все отсчеты этого потока заменяются новыми отсчетами, и в любой момент времени для осуществления дальнейших вычислений необходимы только текущие отсчеты. Это свойство сходно со свойством быстрого преобразования Фурье, где преобразованные данные также замещают исходные, благодаря чему при осуществлении преобразований существенно экономится память. Это является важнейшим фактором при построении чирплет-преобразований для устройств с ограниченными

вычислительными ресурсами (например, мобильных телефонов или карманных компьютеров).

Рассмотрим конкретные алгоритмы по обработке статических изображений, видеопоследовательностей и аудиофрагментов, построенные на базе математического аппарата чирплет-преобразований (рис. 2, 3).

В процессе чирплет-преобразований происходит разложение исходного вектора на низкочастотные и высокочастотные составляющие. В то же время в реальных изображениях, видео- и аудиопоследовательностях основная доля информации содержится именно в области низких частот. Следовательно, в процессе чирплет-преобразований может быть достигнуто эффективное разделение исходного сигнала на ряд

слоев, отсчеты в которых сгруппированы в зависимости от значимости содержащейся в них информации.

Любое статичное изображение может быть представлено в виде двухмерной (2D) матрицы с отсчетами исходного сигнала, причем в случае стандартного цветного изображения (RGB, 24 бита на пиксель) эта матрица распадается на три независимых слоя, т. е. любое цветное изображение может быть представлено в виде трех 2D-матриц с исходными отсчетами.

Процесс 2D-преобразования матрицы отчетов может быть представлен в виде двух 1D-преобразований столбцов и строк исходной матрицы, что позволяет построить эффективные и оптимизированные вычислительные алгоритмы (рис. 4).

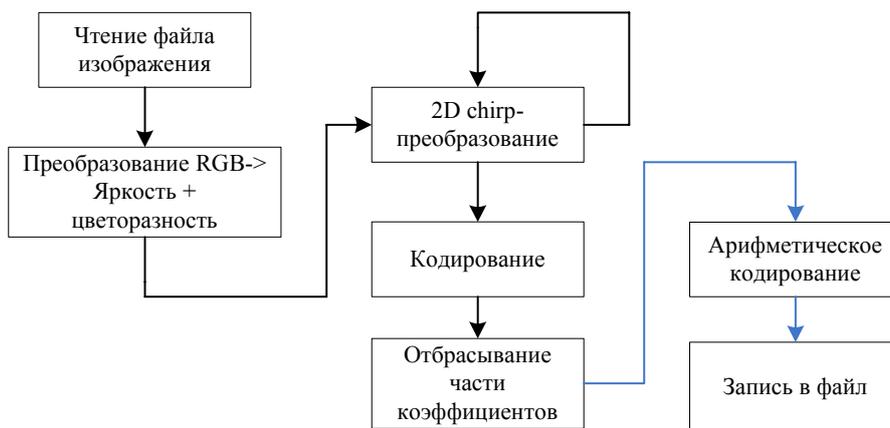


Рис. 2. Структурная схема метода обработки статического изображения, использующего чирплет-преобразования

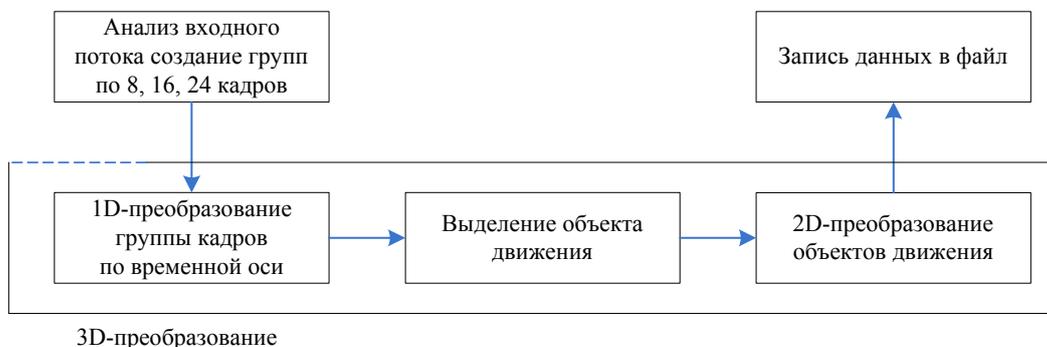


Рис. 3. Структурная схема метода обработки видеопоследовательности с помощью чирплет-преобразований



Рис. 4. Сжатие черно-белой фотографии с использованием чирплет-преобразования в программе MATLAB

Следует отметить, что обрабатываемую последовательность представляют в виде групп кадров, по 16 кадров в каждой. Такой объем анализируемой группы кадров является разумным компромиссом между скоростью обработки и степенью компрессии данных. В то же время векторы из 16 элементов могут быть эффективно обработаны с помощью четырех рекурсивных вызовов чирплет-преобразования.

Битовый поток, формируемый таким образом, обладает особой гибкостью как внутри кадра, так и между кадрами, во временной области. Это означает, что возможны различные варианты прогрессивной загрузки видеопоследовательности: как поочередная загрузка всех кадров, так и одновременная. В первом варианте в случае обрыва связи восстановленное изображение будет высокого качества, но будет размыт объект движения. Во втором варианте все движение будет восстановлено полностью, но общее качество изображения будет низким. Очевидно, что в случае успешной загрузки всех кадров целиком видеопоследовательность будет восстановлена точно и с высоким качеством.

Данное свойство позволяет добиться высокой помехоустойчивости передаваемого по радиоканалу потока данных. В общем случае адаптивный алгоритм прогрессивной загрузки видеопоследовательности выглядит следующим образом.

Передатчик:

1. Определить характер движения с помощью вычисления суммарного отклонения значений яркостей пикселей в первом и последнем кадрах группы:

$$D = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (|Y_{15}(i, j) - Y_0(i, j)|)}{M \cdot N \cdot 255^2 \cdot 3}.$$

2. Аппроксимировать весовые коэффициенты K_F , несущие информацию о значимости кадров, с помощью выражения

$$K'_F = 1 - (1 - D)F = 1 - F + DF, \quad F = 0, 1, \dots, 15,$$

$$K_F = \begin{cases} K'_F, & \text{если } K'_F \geq 0, \\ 0, & \text{если } K'_F < 0. \end{cases}$$

3. Записать информацию о характере движения и весовые коэффициенты в служебном заголовке группы кадров.

Приемник:

4. Принять информацию из служебного заголовка группы кадров.

5. В соответствии с полученными весовыми коэффициентами начать последовательный прием кадров в объеме, соответствующем весовым коэффициентам.

Для каждого принимаемого кадра:

6. Принять $n = \lfloor \log_2(\max_{(i,j)} |Y(i, j)|) \rfloor$.

7. Принять μ_n , координаты $\eta(k)$ и знаки коэффициентов $Y(\eta(k))$, для которых

$$2^n \leq |Y(\eta(k))| < 2^{n+1}.$$

8. Принять n -й значимый бит всех коэффициентов $Y(i, j)$, для которых $|Y(i, j)| \geq 2^{n+1}$, т. е. для тех, чьи координаты были приняты в п. 7.

9. Уменьшить n на 1 и перейти к п. 7.

10. Восстановить видеопоследовательность на основе принятых (или частично принятых) кадров с чирплет-коэффициентами.

Предложенный алгоритм позволяет отказаться от привязки абонентов к какому-либо выбранному закодированному видеопотоку с фиксированной скоростью, предоставляя им сервис с наилучшим возможным качеством и используя ту часть единого потока данных, которая может быть принята при данной скорости абонентского подключения. В качестве объективного параметра оценки качества принято пиковое отношение сигнала к помехе PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) для группы кадров.

Рассмотрим случай, когда в силу каких-либо обстоятельств на вход декодера подана не вся группа кадров, а лишь несколько первых кадров. Такая ситуация может возникнуть при резком ухудшении канала связи, когда скорость резко падает и принять весь запланированный пакет данных клиентское приложение уже не в состоянии. Результаты экспериментов по восстановлению закодированных данных с помощью адаптивного алгоритма прогрессивной загрузки видеопоследовательностей приведены в табл. 1.

Таблица 1

Восстановление при неполном приеме закодированных кадров

Количество кадров на входе	Потери кадров в группе, %	Эквивалент скорости потока, кбит/с	PSNR, дБ
16	0	256	34,3
8	50	128	28,9
4	75	64	26,4
2	87,5	32	24,3

Анализ данных табл. 1 показывает, что даже в случае существенного снижения скорости принимаемого потока данных декодер в состоянии восстановить фон в видеопоследовательности и движение объектов.

Кадры видеопоследовательности содержат наиболее важную информацию в достаточно малой области низких частот и, вследствие прогрессивного кодирования, мало подвержены влиянию различных ошибок. В то же время чирплет-преобразование, примененное к временной области, переносит наиболее важную информацию, содержащуюся в группе кадров, в первые два кадра (первый – фон, второй – базовая информация о движении). Это свойство, очевидно, может оказать сильное влияние на оценку помехоустойчивости закодированного потока.

Результаты восстановления видеосигналов при различных компьютерных моделях внесения ошибок в процессе передачи по радиоканалу: случайных битовых ошибках, потере пакета и потере синхрониза-

ции битового потока – представлены в табл. 2–4. Эксперименты были проведены на двух различных тестовых файлах как для адаптивного алгоритма прогрессивной загрузки видеопоследовательностей, так и для широко распространенных коммерческих алгоритмов: MPEG-4, DivX511, H.263.

Для других видов мультимедийной информации: статичных изображений и аудиопоследовательностей – полученные результаты качественно не отличались.

Таким образом, предложенный алгоритм сжатия мультимедийной информации показал более высокую помехоустойчивость по сравнению с широко распро-

страненными алгоритмами, обеспечив при этом сравнимую или более высокую степень компрессии данных.

Библиографические ссылки

1. Mann S. Adaptive chirplet transform // Optical Engineering. 1992. Vol. 31, № 6. P. 1243–1256.
2. Mihovilovic D., Bracewell R. N. Adaptive chirplet representation of signals in the time-frequency plane // Electronics Letters. 1991. Vol. 27, № 13. P. 1159–1161.
3. Дьяконов В. П. Вейвлеты. От теории к практике. М. : Солон-Пресс, 2002.

Таблица 2

Оценка помехоустойчивости при внесении случайных битовых ошибок в видеопоследовательность

BER	Фрагмент	Оценка PSNR, дБ				
		MPEG-4	DivX511	H.263	Wavelet	Chirplet
10 ⁻²	1	18,4	18,1	16,7	26,1	26,1
	2	23,2	21,1	20,1	28,3	28,8
10 ⁻³	1	24,2	24,1	23,8	28,8	30,1
	2	26,8	26,4	25,6	30,5	31,7
10 ⁻⁴	1	30,9	29,9	28,7	31,1	32,4
	2	31,7	30,5	28,9	37,3	37,5
0	1	32,1	31,8	30,0	31,9	33,0
	2	34,5	35,2	32,7	37,8	38,1

Таблица 3

Оценка помехоустойчивости при потере пакетов данных во время передачи видеопоследовательности

Потеря пакета, байт	Фрагмент	Оценка PSNR, дБ			
		MPEG-4	DivX511	H.263	Chirplet
64	1	14,5	16,7	14,1	27,2
	2	15,7	17,2	16,1	28,4
16	1	21,0	20,1	19,8	28,9
	2	24,9	23,7	22,9	31,0
4	1	29,7	28,1	27,9	31,8
	2	29,9	29,0	28,4	37,5
0	1	32,1	31,8	30,0	31,9
	2	34,5	35,2	32,7	37,8

Таблица 4

Оценка помехоустойчивости при потере синхронизации данных во время передачи группы кадров

Сдвиг, байт	Фрагмент	Оценка PSNR, дБ				
		MPEG-4	DivX511	H.263	Chirplet	
					внутрикадр.	межкадр.
64	1	11,0	11,9	10,8	24,1	17,9
	2	11,7	12,5	11,9	24,9	19,0
16	1	11,0	11,9	10,8	25,9	19,1
	2	11,7	12,5	11,9	26,1	20,4
4	1	11,0	11,9	10,8	28,0	21,7
	2	11,7	12,5	11,9	29,4	24,1
0	1	32,1	31,8	30,0	31,9	31,9
	2	34,5	35,2	32,7	37,8	37,8

I. N. Tulskiy

**NEW POSSIBILITIES OF MODERN 3G AND 4G RADIO NETWORKS,
AT USAGE OF ALTERNATIVE METHODS OF MULTIMEDIA
INFORMATION COMPRESSION**

The author considers alternative methods of a multimedia information compression. Comparative analysis of already existing codecs and algorithms is carried out in comparison with offered by the author. Algorithms of compression and information restoration in modern radio networks are offered. And problem of lacks of existing algorithms of a multimedia information compression is considered by the author as well.

Keywords: radio networks, compression, multimedia, wavelet, chirplet, codec.

© Тульский И. Н., 2011

УДК 62-83:621.313.333

А. А. Федоренко, Э. Н. Лазовский

**ОБОБЩЕННЫЙ (РЕЗУЛЬТИРУЮЩИЙ) ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ ВЕКТОР ПЛОСКОЙ
ТРЕХФАЗНОЙ ЛИНЕЙНО НЕЗАВИСИМОЙ СИСТЕМЫ СИГНАЛОВ**

Уточнено понятие результирующего вектора для плоской трехфазной системы сигналов. Приведены соотношения, связывающие мгновенные значения фазных сигналов с координатами обобщенного вектора в трехмерной декартовой и цилиндрической координатных системах.

Ключевые слова: трехфазный сигнал, обобщенный (результирующий) вектор, координатные системы, координатные преобразования.

В электротехнике трехфазную систему сигналов принято рассматривать в плоской системе координат, характеризуемой тремя сдвинутыми на плоскости под углом 120° ($2\pi/3$) осями a , b , c . При математическом описании и анализе процессов в многофазных электрических, электромагнитных и электромеханических системах широкое распространение получило понятие обобщенного (результирующего) вектора многофазной системы сигналов. При этом мгновенные значения фазных величин рассматриваются как проекции этого вектора на оси плоской системы координат [1].

Из математики известно, что положение вектора на плоскости определяется его двумя координатами, например декартовыми. Трехфазная система координат может характеризовать положение вектора на плоскости только в том случае, если фазные величины линейно зависимы, т. е. когда выполняется условие

$$u_a + u_b + u_c = 0,$$

и, следовательно, одна величина однозначно определяется значениями двух других. Именно такой подход к рассмотрению понятия обобщенного вектора получил в настоящее время наибольшее распространение в технической литературе, когда авторы либо изначально считают переменные трехфазной системы линейно зависимыми, либо искусственно обеспечивают эту зависимость (например, отсутствием нулевого провода, установкой специальных регуляторов и т. д.).

В общем случае в линейно независимой трехфазной системе сигналов результирующий вектор необходимо изначально рассматривать как вектор, опре-

деляемый тремя независимыми координатами, т. е. как вектор трехмерного пространства.

Такой подход предложен в [2], где обобщенный вектор характеризуется проекциями на оси пространственной (трехмерной) декартовой системы координат, равными мгновенным значениям соответствующих фазных величин, что предполагает отказ от плоских трехфазных систем координат в пользу трехмерных декартовых. Это обеспечивает математически строгое описание и анализ процессов в многофазных цепях на основе понятия результирующих векторов. Однако при этом подходе теряется связь с традиционно принятыми в электротехнике плоскими координатными системами, имеющими весьма прозрачную физическую интерпретацию, согласно которой оси трехфазной плоской координатной системы – это проекции магнитных осей обмоток трехфазных индукционных источников и потребителей электрической энергии на плоскость их поперечного сечения.

В данной статье предлагается совместить эти два подхода, введя в соответствие плоской трехфазной системе сигналов u_a, u_b, u_c (рис. 1) некоторый пространственный вектор \bar{U} , характеризуемый координатами $u_{\alpha_1}, u_{\beta_1}, u_{\gamma_1}$ (рис. 2).

Для того чтобы вектор \bar{U} однозначно определял трехфазную систему сигналов и наоборот, необходимо задать взаимное расположение плоскости трехфазных сигналов и осей трехмерной координатной системы и в результате установить аналитическую связь