

О СУБПОЛОСНОМ ПРЕОБРАЗОВАНИИ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ

Жиляков Е.Г., Белов С.П., Прохоренко Е.И.

Белгородский государственный университет

При сжатии звуковых сигналов принято использовать так называемую психоакустическую модель [1], которая описывает механизм восприятия звука человеческим ухом. Согласно этой модели реакция слуха избирательна к спектральному составу воздействующего сигнала, поэтому возникает необходимость раздельной обработки данных, отражающих спектральные свойства сигналов в разных частотных полосах.

Существующие методы субполосного преобразования основаны на процедуре прореживания выходных последовательностей КИХ-фильтров [2]. Основной недостаток такого подхода обусловлен неконтролируемым элайзингом (влияние наложения частот), который может существенно исказить спектр.

Для обеспечения возможности восстановления исходных данных на основе прореживания с использованием КИХ-фильтров допустимо только разбиение оси частот на равные полосы и необходимо выполнить определенные требования, которым должны удовлетворять формы АЧХ этих фильтров. Это может привести к еще большему элайзингу, а промежуточные нелинейные преобразования, в частности, квантование по уровню, не могут быть скомпенсированы и оценка их влияния практически невозможна.

Нами рассматривается новая обратимая процедура получения субполосного представления конечных отрезков отсчетов (блоков) звуковых сигналов на основе вычислений для каждой из заданных частотных полос соответствующей последовательности чисел, спектр которых наилучшим, в смысле минимума евклидовой нормы погрешности, образом аппроксимирует в этих полосах отрезки спектра исходных данных [3].

Для сравнения существующего и разрабатываемого методов субполосного преобразования, нами были проведены вычислительные эксперименты.

В одном из экспериментов осуществлялась фильтрация с прореживанием исходного сигнала при помощи КИХ-фильтров с длиной импульсной характеристики равной 1024 значений и вычисление оптимального подвектора \vec{y}_r .

КИХ-фильтрация осуществлялась путем линейной свертки импульсной характеристики фильтра с исходным сигналом. Субполосное преобразование на основе предлагаемого метода представляло собой умножение исходного вектора на соответствующую выделяемому частотному диапазону матрицу [3]. В результате выполнения данного этапа было получено 4 вектора по 16 элементов в каждом (из них три – прореженные выходные последовательности КИХ-фильтров, а один оптимальный).

Далее осуществлялось вычисление относительных погрешностей аппроксимации отрезков спектров исходных последовательностей в заданных частотных полосах;

$$\delta_r = \sqrt{\int_{v \in V} \left| \sum_{k=0}^{M-1} w_{r+k+1} e^{-jkLv} - \sum_{k=0}^{N-1} f_{k+1} e^{-jk[v-(r-1)\Omega \text{sign}(v)]} \right|^2 / F_{N_r} dv}$$

где $\vec{w} = (w_1, \dots, w_M)'$ - один из упомянутых выше векторов, $M=16$, $r=1, 2, \dots, L$.

Было проведено более 100 экспериментов с музыкальными файлами различных направлений. Наиболее типичные результаты приведены в таблице. Здесь:

- Δ_{omn} - среднеквадратическая относительная погрешность аппроксимации отрезков спектра исходной последовательности с помощью оптимальных подвекторов;
- Δ_{1024} - среднеквадратическая относительная погрешность аппроксимации с помощью прореженных выходных последовательностей КИХ-фильтров с соответствующей длиной импульсной характеристики равной 1024 значениям.

Таблица

№	Нижняя (q1) и верхняя (q2) граница частотного интервала	Δ_{omn}	Δ_{1024}	№	Нижняя (q1) и верхняя (q2) граница частотного интервала	Δ_{omn}	Δ_{1024}
1	q1=0 q2= $\pi/32$	0,178	0,385	17	q1= $16\pi/32$ q2= $17\pi/32$	0,218	0,342
2	q1= $\pi/32$ q2= $2\pi/32$	0,186	0,279	18	q1= $17\pi/32$ q2= $18\pi/32$	0,168	0,352
3	q1= $2\pi/32$ q2= $3\pi/32$	0,216	0,362	19	q1= $18\pi/32$ q2= $19\pi/32$	0,15	0,362
4	q1= $3\pi/32$ q2= $4\pi/32$	0,218	0,247	20	q1= $19\pi/32$ q2= $20\pi/32$	0,163	0,504
5	q1= $4\pi/32$	0,204	0,492	21	q1= $20\pi/32$	0,209	0,411

	$q_2=5\pi/32$				$q_2=21\pi/32$		
6	$q_1=5\pi/32$ $q_2=6\pi/32$	0,149	1,271	22	$q_1=21\pi/32$ $q_2=22\pi/32$	0,188	0,295
7	$q_1=6\pi/32$ $q_2=7\pi/32$	0,267	0,312	23	$q_1=22\pi/32$ $q_2=23\pi/32$	0,172	0,346
8	$q_1=7\pi/32$ $q_2=8\pi/32$	0,189	0,389	24	$q_1=23\pi/32$ $q_2=24\pi/32$	0,196	0,33
9	$q_1=8\pi/32$ $q_2=9\pi/32$	0,309	0,441	25	$q_1=24\pi/32$ $q_2=25\pi/32$	0,261	0,353
10	$q_1=9\pi/32$ $q_2=10\pi/32$	0,29	0,305	26	$q_1=25\pi/32$ $q_2=26\pi/32$	0,275	0,473
11	$q_1=10\pi/32$ $q_2=11\pi/32$	0,434	0,55	27	$q_1=26\pi/32$ $q_2=27\pi/32$	0,146	0,392
12	$q_1=11\pi/32$ $q_2=12\pi/32$	0,319	0,538	28	$q_1=27\pi/32$ $q_2=28\pi/32$	0,151	0,329
13	$q_1=12\pi/32$ $q_2=13\pi/32$	0,267	0,336	29	$q_1=28\pi/32$ $q_2=29\pi/32$	0,107	0,355
14	$q_1=13\pi/32$ $q_2=14\pi/32$	0,143	0,291	30	$q_1=29\pi/32$ $q_2=30\pi/32$	0,097	0,4
15	$q_1=14\pi/32$ $q_2=15\pi/32$	0,119	0,202	31	$q_1=30\pi/32$ $q_2=31\pi/32$	0,085	0,318
16	$q_1=15\pi/32$ $q_2=16\pi/32$	0,302	0,586	32	$q_1=31\pi/32$ $q_2=32\pi/32$	0,085	0,651

Анализ результатов вычислительных экспериментов показывает, что по сравнению с субполосным представлением на основе КИХ-фильтров, даже при длине импульсной характеристики в 1024 значения, применение предлагаемого субполосного преобразования позволяет существенно уменьшить погрешность аппроксимации спектра исходных данных [3].

Литература

1. Ковалгин Ю.А., Вологдин Э.И. Цифровое кодирование звуковых сигналов. - СПб.: КОРОНА-принт, 2004. - 240с., ил.
2. Воробев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет - преобразования. - ВУС, 1999 с. 1-204
3. Жилияков Е.Г., Попов И.Г., Чижов И.И. О субполосном кодировании сигнала. Вестник Национально-го технического университета "ХПИ". Сборник научных трудов. Тематический выпуск: Информатика и моделирование, г. Харьков, 2004 с.10-20

ABOUT SUBBAND TRANSFORMATION OF SOUND SIGNALS

ZHilyakov E., Belov S., Prohorenko E.

Belgorod state university

In report is researched new reversible procedure an subband of presentation of signals, which is optimum in the sense of minimum an euclid a norm inaccuracy of aproximation of lengths source spectrum in given frequency bands.

Results of computing experiments, showing essential reduction inaccuracy to aproximations a spectrum of sound signals when use the developed method in contrast with existing method an subband of transformation, founded on procedure of decimation of output sequences a CUE-filters.

