ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДОСТРОЙКИ МАТРИЦЫ ДЛЯ СИНТЕЗА МНОГОМЕРНЫХ БАНКОВ ФИЛЬТРОВ

Чобану М.К., Большакова О.В.

Москва, Московский энергетический институт (технический университет)

Предложен способ проектирования банков фильтров (БФ) для многоскоростных систем обработки многомерных сигналов. Он основан на применении полиномиальных методов достройки полифазной матрицы одного из банков фильтров по его части (строке/столбцу). Метод обеспечивает выполнение заданных требований к фильтрам [1]. Данная задача усложняется, когда задаются дополнительные ограничения, например, свойство линейности фазы (ЛФ). В данной работе применяются методы разложения многомерных полиномов для решения задачи построения многомерных БФ с ТВС, ЛФ и конечной импульсной характеристикой (КИХ).

Допустим, что известен низкочастотный фильтр-прототип банка анализа (БА) H_0. Нужно найти остальные фильтры БА $H_1, \ldots, H_{m-1}$ (где m-число каналов). В терминах полифазных полиномиальных матриц это означает, что имеется первая строка полифазной матрицы, и необходимо достроить оставшиеся строки этой матрицы. В данной работе рассматривается двухканальный 2-D случай, т.е. по заданному низкочастотному фильтру H_0 нужно найти высокочастотный фильтр H_1. Для достройки полиномиальной матрицы использовался следующий алгоритм [2].

1) Выбор низкочастотного фильтра-прототипа $H_0(z_1, z_2) = H_0(z)$.
2) Нахождение полифазных составляющих фильтра H_0 в соответствии выбранной матрицей децимации D [1]: $H_{00}(\mathbf{z}^{\mathbf{D}})$, $H_{01}(\mathbf{z}^{\mathbf{D}})$.
3) Нахождение центров симметрии m_{00}, m_{01} для полифазных компонентов H_{00}, H_{01}.
4) Вычисление базиса Гребнера [3] для полиномов H_{00}, H_{01} при любом типе упорядочивания:

$$\{H_{00}, H_{01}\} \to \{g_0, g_1\} \qquad (1)$$

5) Запись уравнения, удовлетворяющего свойству ТВС

$$H_{00}H'_{11} - H_{01}H'_{10} = \mathbf{z}^{\mathbf{s}} \qquad (2)$$

где $\mathbf{s} = (\mathbf{m}_{01} + \mathbf{m}_{10})/2$, а m_{10} и m_{11} находятся из равенства $\mathbf{m}_{00} + \mathbf{m}_{11} = \mathbf{m}_{01} + \mathbf{m}_{10}$ и s – это целочисленный вектор.

6) Используя алгоритм деления [4], $\mathbf{z}^{\mathbf{s}}$ записывается как

$$\mathbf{z}^{\mathbf{s}} = g_0 p_0 + g_1 p_1 \qquad (3)$$

7) С помощью программы SINGULAR получаем матрицу преобразования T, такую, что

$$\begin{bmatrix} H_{00} & H_{01} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_{11} & T_{21} \\ T_{12} & T_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_0 & g_1 \end{bmatrix}. \qquad (4)$$

8) Используя (4), выражение (3) можно записать следующим образом

$$\mathbf{z}^{\mathbf{s}} = H_{00}(T_{11}p_0 + T_{21}p_1) + H_{01}(T_{12}p_0 + T_{22}p_1) = H_{00}H'_{11} + H_{01}H'_{10}. \qquad (5)$$

9) Получение полифазных компонентов фильтра H_1

$$H_{10} = \frac{1}{2}\left(H'_{10} + H''_{10}\right); \quad H_{11} = \frac{1}{2}\left(H'_{11} + H''_{11}\right), \text{ где} \qquad (6)$$

$$H''_{10}(\mathbf{z}^{\mathbf{D}}) = \mathbf{z}^{\mathbf{m}_{10}} H'_{10}(\mathbf{z}^{-\mathbf{D}}); \quad H''_{11}(\mathbf{z}^{\mathbf{D}}) = \mathbf{z}^{\mathbf{m}_{11}} H'_{11}(\mathbf{z}^{-\mathbf{D}}). \qquad (7)$$

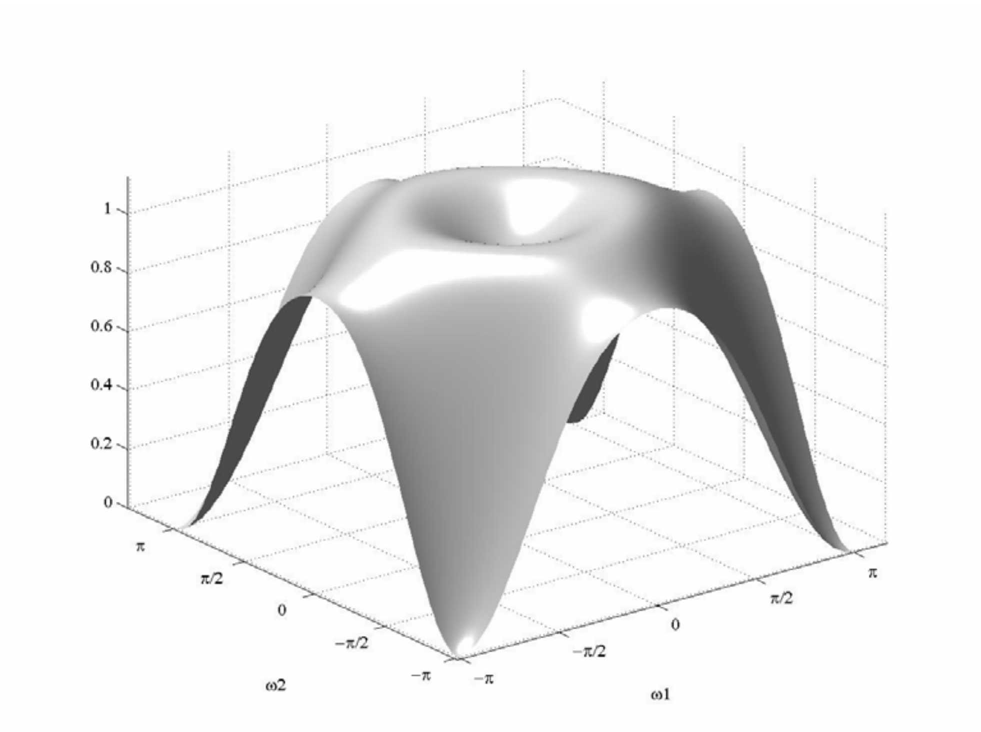
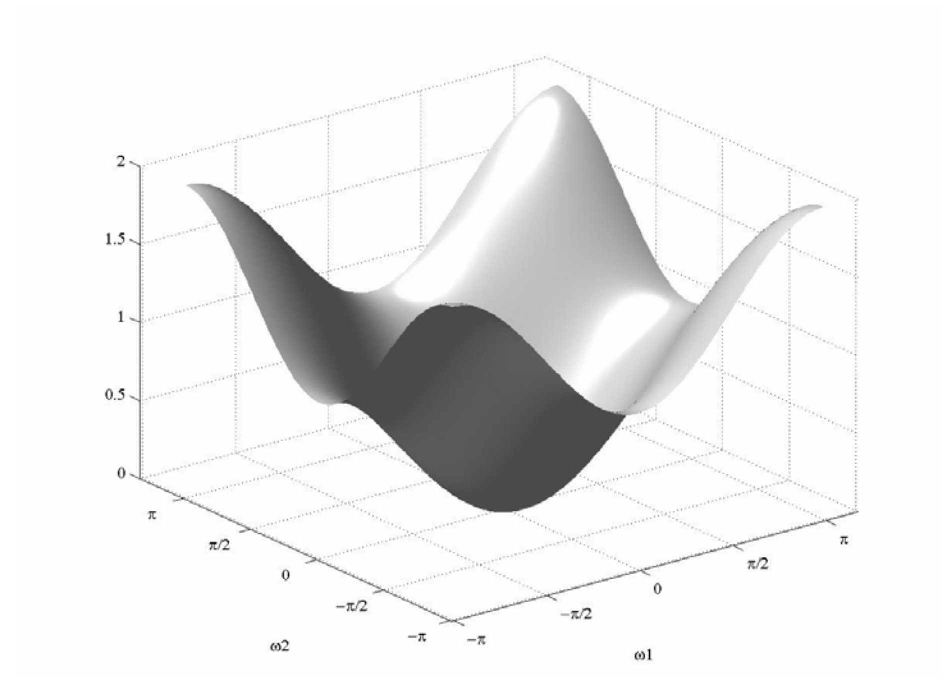


Рис. 1 АЧХ исходного низкочастотного фильтра прототипа H_0.
Рис. 2 АЧХ полученного высокочастотного фильтра H_1.



На рис.1 представлена АЧХ исходного фильтра H_0, а на рис.2 – построенного предложенным способом H_1. Таким образом, с помощью данного алгоритма построен банк фильтров, обладающий свойствами ТВС, КИХ и ЛФ. Основной задачей остается обоснование того, как правильно выбирать фильтр-прототип.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чобану М.К. Многомерные многоскоростные системы и многомерные вейвлет-функции. Часть 1. Теория // Вестник МЭИ, №2, 2003, Москва, 75-82
2. Charoenlarpnopparut C., Bose N.K. Multidimensional FIR Filter Bank Design Using Grobner Bases. IEEE Transaction on circuits and systems – II: Analog and digital signal processing. Vol. 46, No. 12, Dec. 1999, 1475-1486

3. Faugere Jean-Charles, Francois Moreau de Saint-Martin, Fabrice Rouillier “Design of Regular Nonseparable Bidimensional Wavelets Using Gröbner Basis Techniques”, IEEE Trans. on Signal Processing, Vol. 46, No. 4, 1998, 845-855
4. Buchberger B. Grobner bases: An algorithmic method in polynomial ideal theory. Multidimensional system theory, N.K. Bose, Ed. Amsterdam, The Netherlands: Reidel, Dordrecht, 1985, 184-232