

## ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОБРАТНОГО БПФ НА МНОГОЯДЕРНОМ ПРОЦЕССОРЕ

*А.Г. Черемнов, В.С. Аврамчук*  
(г. Томск, Томский политехнический Университет)

## OPTIMIZATION COMPUTATION OF THE INVERSE FFT ON MULTICORE PROSESSORS

*A.G. Cheremnov, V.S. Avramchuk*  
(s. Tomsk, Tomsk Polytechnic University)

The article describes the method of calculating the inverse FFT N-point sequence with a N-point complex FFT, also the implementation of similar approach for computing on multi-core computing architecture. The main quality parameters of similar organization such as speedup and efficiency of computing resources were analyzed.

В настоящее время корреляционный анализ находит широкое применение в следующих областях науки и техники: геология, биология, акустика, энергетика, физика и многих других. Необходимость использования эффективных способов вычисления быстрого преобразования Фурье (БПФ) и обратного быстрого преобразования Фурье (ОБПФ) возникает тогда, когда имеются требования на обработку больших массивов данных, или на работу в режиме, близком к режиму реального времени [1].

В наши дни существуют различные алгоритмы вычисления БПФ. Среди них выделяется алгоритм Кули-Тьюки, который является наиболее простым в реализации и легко поддаётся распараллеливанию [2, 3]. Минимизация вычислительных операций достигается за счёт разбиения исходной анализируемой последовательности на две более коротких (рис. 1), что сокращает количество операций в два раза [4]. Отметим, что разбиение продолжается до тех пор, пока количество исходных отчётов не станет равным два.

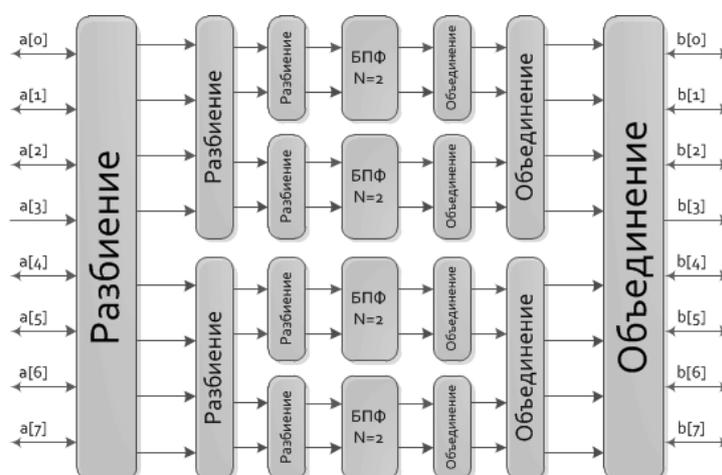


Рис. 1. Разбиение и объединение последовательности при  $N=8$

Схема эффективного вычисления ОБПФ через БПФ приведена на рисунке 2.

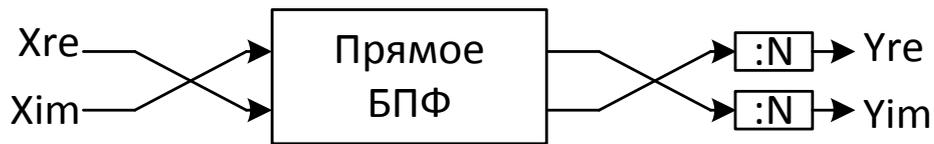


Рис. 2, Схема эффективного вычисления ОБПФ

Где  $X_{re}$ ,  $Y_{re}$  – действительные части входных и выходных сигналов соответственно,  $X_{im}$ ,  $Y_{im}$  – мнимые части.

В случае представления действительных и мнимых частей сигналов в отдельных массивах операция вычисления ОБПФ может быть сведена к операции вычисления БПФ путём перестановки указателей на начало этих массивов, повторной перестановки указателей после вычисления БПФ и дальнейшей нормализацией сигнала по величине  $N$ .

В качестве среды реализации алгоритмов БПФ была использована Microsoft Visual Studio 2012 Professional, а кроссплатформенная библиотека Intel TBB как инструмент параллельной разработки.

Метод обхода рекурсии в ширину использован для реализации параллельного вычисления БПФ. В экспериментальных вычислениях размер выборки комплексной последовательности варьировался от 8 до 131072 отсчётов. Экспериментальные исследования проведены на трех процессорах фирмы Intel: Core 2 Quad 6700, Xeon® 5160, Core i5-750. Произведено 1000 временных замеров 1000 преобразований ОБПФ, рассчитан доверительный интервал по каждой выборке с коэффициентом доверия 0,95. Эффективность реализованных алгоритмов оценена по следующим параметрам [5]  $S_p = T_p/T_1$ ,  $E_p = (S_p/p) \cdot 100\%$ , где  $S_p$  – ускорение,  $E_p$  – эффективность,  $T_p$  и  $T_1$  – время выполнения параллельного и последовательных кодов,  $p$  – количество вычислительных ядер.

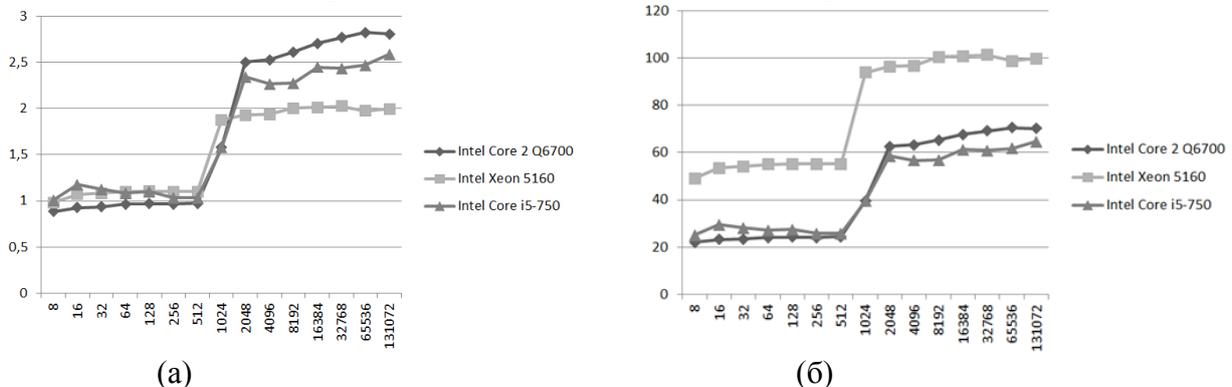


Рис. 3 а) Зависимость ускорения от размера выборки;

б) зависимость эффективности использования вычислительных ресурсов от размера выборки.

Реализованный алгоритм ОБПФ в целом обладает хорошими показателями качества и может быть использован в качестве базового при расчете частотно-временных корреляционных функций [6, 7].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. 2-е изд. – М.: Вильямс, 2008. – 992 с.
2. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов. — М.: Мир, 1989. — 448 с.
3. Аврамчук В.С., Лунева Е.Е., Черемнов А.Г. Способы повышения эффективности

вычисления быстрого преобразования Фурье//Интернет-журнал «Науковедение». 2013 №3 [Электронный ресурс].-М. 2013. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/16tvn313.pdf>, свободный – Загл. с экрана.

4. Лайонс Р. Цифровая обработка сигнала. 2-е изд. – М.: Бином-Пресс, 2011. – 656 с.

5. Герпель В.П. Высокопроизводительные вычисления для многоядерных многопроцессорных систем. Учебное пособие. – М.: Издательство ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2010. – 421 с.

6. Аврамчук В.С., Чан Вьет Тьяу. Частотно-временной корреляционный анализ цифровых сигналов // Известия Томского политехнического университета. – 2009. –Т. 315. – № 5. – С. 112–115.

7. Аврамчук В. С. Определение наличия гармонических составляющих и их частот в дискретных сигналах на основе автокорреляционной функции // Известия Томского политехнического университета. - 2012 - Т. 321 –№. 5 – С. 113–116.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА В ПОЛОМ КАТОДЕ

*Нгуен Бао Хынг*

*(г. Томск, Национальный исследовательский Томский политехнический университет)*

## THE MODELLING OF GLOW DISCHARGE IN A HOLLOW CATHODE

*Nguyen Bao Hung*

*(Tomsk, National Research Tomsk Polytechnic University)*

This article discusses the modeling of low-temperature glow discharge generated plasma with a large area hollow cathode, both in a self-sustained mode and additional electron injection mode. The results of theoretical and numerical investigations of the discharge characteristics agree with experiments.

### **Introduction**

Application of vacuum plasma technology for efficient ion cleaning and surface modification of large objects is based on obtaining low-temperature plasma generated by a glow discharge [1]. In this case, electron emission is a result of cathode bombardment by the ions formed in the discharge plasma [2–3]. If the electron energy relaxation length ( $\Lambda = N\lambda$ ) is larger than the effective width  $a = 4V/S_c$ , then electrostatic trap effect appears. The discharge differs from the usual glow discharge, and the ionization rate by fast electrons is much higher than the ionization rate by plasma electrons [3];  $\lambda$  – electron ionization range,  $N$  – the average number of unbound electrons produced on the way of a fast electron,  $V$  and  $S_c$  – volume and surface area of a hollow cathode.

### **The modeling of a low-pressure gas discharge in a hollow cathode**

We consider a gas discharge inside a cylindrical cathode cavity with length  $D$  and diameter  $D$ . Anode (in the form of two tubes with a total area  $S_a$ ) is located in the cathode sidewall (figure 1).