

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ЯРОСЛАВА МУДРОГО»

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ СТУДЕНТОВ

XXII научная конференция
преподавателей, аспирантов и студентов НовГУ
13–18 апреля 2015 года

Часть 2

ВЕЛИКИЙ НОВГОРОД
2015

УДК 001
М34

Печатается по решению
РИС НовГУ

М34

Материалы докладов студентов. XXII научная конференция преподавателей, аспирантов и студентов НовГУ. Великий Новгород, 13–18 апреля 2015 г. / сост. Г. В. Волошина, Т. В. Прокофьева; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2015. – Ч 2. – 180 с.

ISBN 978-5-89896-556-3

Тексты статей публикуются в авторской редакции.

УДК 001

ISBN 978-5-89896-556-3

© Новгородский государственный
университет, 2015
© Авторы статей, 2015

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИФАЗНОГО БПФ В ОБРАБОТКЕ СЛОЖНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

Обработка сложных сигналов в РЛС связана с высокими вычислительными затратами. В связи с этим возникает потребность в упрощении процедур обработки при приемлемых потерях качества получаемых результатов.

Часто возникает задача когерентной обработки сигналов большей длительности при ограниченных вычислительных ресурсах, когда не требуется высокое разрешение по доплеровскому сдвигу частоты. Последнее определяется длительностью когерентно обрабатываемого сигнала, поэтому при постоянстве диапазона обрабатываемых доплеровских частот с увеличением длительности сигнала требуется увеличивать число доплеровских фильтров, реализуемых, как правило, на основе быстрого преобразования Фурье (БПФ). При этом с ростом размерности БПФ увеличивается и частотное разрешение. В случаях, когда это не требуется, возможно применение алгоритмов ПБПФ (полифазного БПФ), позволяющего при невысоких вычислительных затратах когерентно обрабатывать более длинные сигналы с таким же или даже лучшим разрешением по частоте.

Применение алгоритмов полифазного БПФ позволит сократить количество выполняемых математических операций, однако алгоритм полифазного БПФ имеет некоторые особенности, связанные, в частности, со спецификой выбора весовой функции. Для исследования особенностей применения алгоритма ПБПФ была разработана математическая модель, содержащая в себе следующие основные структурные элементы:

- модель пространства – позволяет имитировать отражение зондирующего сигнала от нескольких целей с регулируемой задержкой (имитация разного расстояния до цели) и регулируемым доплеровским сдвигом частоты (имитация изменения скорости цели);

- УКФО (устройство корреляционно-фильтровой обработки) – выполняет корреляционно-фильтровую обработку на основе алгоритма полифазного или классического БПФ заданной размерности;

- устройство отображения результатов – позволяет сохранить отсчеты спектра сигнала на выходе УКФО для последующей обработки или визуализации.

Проверка работы модели выполнялась при следующих входных условиях:

- режим работы, тип сигнала – квазинепрерывный, АФМн;
- длительность когерентно обрабатываемого сигнала – 177 мс;
- пик-фактор сигнала – 5;
- длительность дискрета фазовой манипуляции 100 нс;
- диапазон обрабатываемых доплеровских частот ± 5 кГц;
- размерность ПБПФ 256;
- число секций в алгоритме полифазного БПФ 4.

На рисунке 1 приведены спектры одной и той же реализации сигнала на выходе УКФО при использовании ПБПФ размерности 256, БПФ размерности 256 и БПФ размерности 1024.

Сопоставляя эти кривые, можно сделать вывод, что при использовании ПБПФ близко расположенные гармоники (до 2 бинов БПФ 256) хуже разрешаются по сравнению с БПФ-1024, но лучше по сравнению с БПФ 256. Гармонические составляющие, разнесенные на несколько частотных бинов, разрешаются существенно лучше, чем в случае использования БПФ размерности 256. Здесь алгоритм ПБПФ практически не уступает процедуре БПФ размерности 1024. При этом в случае гармоник на частотах, не кратных бинам разрешения ПБПФ, составляющие в спектре – не теряются, изменяется лишь их амплитуда.

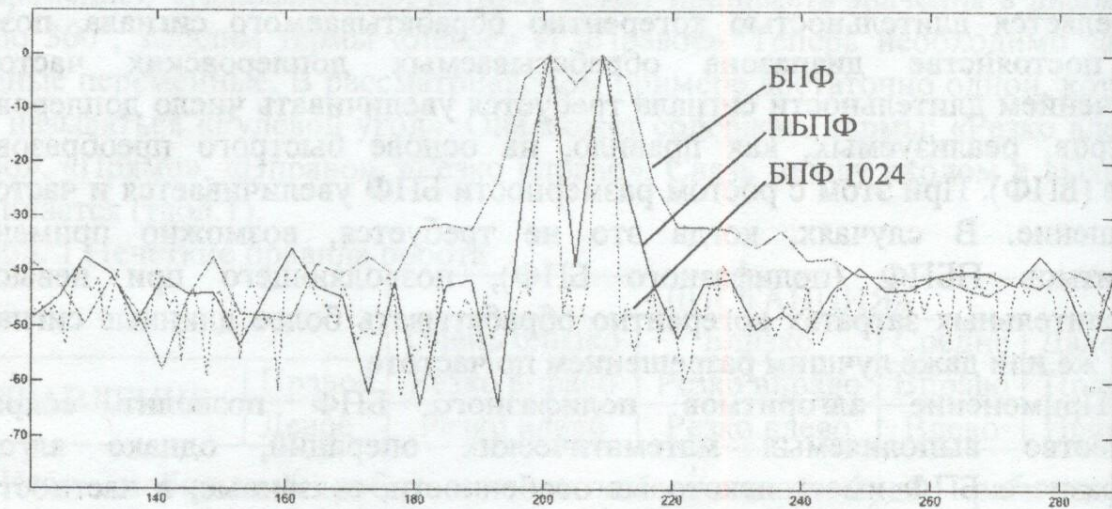


Рис. 1 Сравнение БПФ 1024, 256 и ПБПФ 256

В процессе исследования отражения зондирующего сигнала от одной цели и изменения доплеровского сдвига частоты в пределах одного бина разрешения ПБПФ 256 с шагом 0.05 бина, можно наблюдать, что график, изображенный на рисунке 2, описывающий перемещение максимальной по амплитуде составляющей в спектре выходного сигнала, при таком изменении частоты полностью повторяет АЧХ используемой оконной функции.

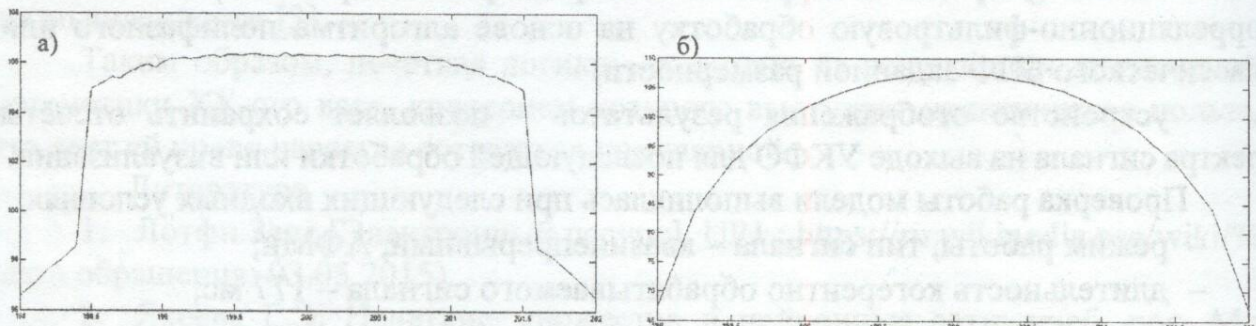


Рис. 2 а) максимально плоское окно

б) окно Ханна

На рисунке 3 изображены спектры двух гармоник одинаковой амплитуды на выходе УКФО, полученные при использовании трёх различных весовых функций: окна Чебышева с параметром уровня боковых лепестков -60 дБ, максимально плоского окна и окна Ханна.

Видно, что при частоте сдвига, кратной бину разрешения, амплитуда составляющих в спектре выходного сигнала одинакова для всех трех весовых функций. Однако в случае некратной частоты амплитуды составляющих для разных оконной функции различны.

В результате проведенного исследования были сформулированы требования к оконной функции для алгоритма ПБПФ.

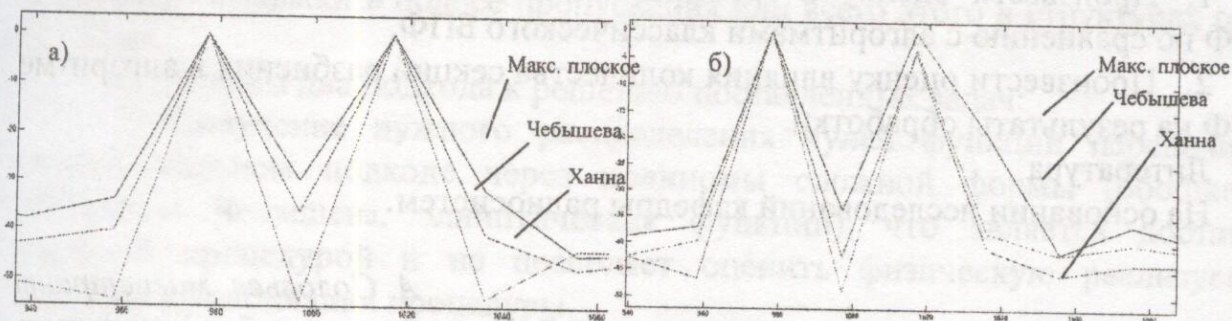


Рис. 3 Сравнение некоторых оконных функций

а) частоты сдвигов кратны бину разрешения

б) частоты сдвигов некратны бину разрешения

Проведенное моделирование показало, что результаты обработки с применением алгоритма ПБПФ не зависят от дальностного (корреляционного) канала обработки. На рисунке 4 представлены данные на выходе УКФО в диапазоне 64 на 256 дальностно-доплеровских каналов. Хорошо видно, что отклик от цели содержится только в том канале дальности, задержка которого соответствует расстоянию до цели.

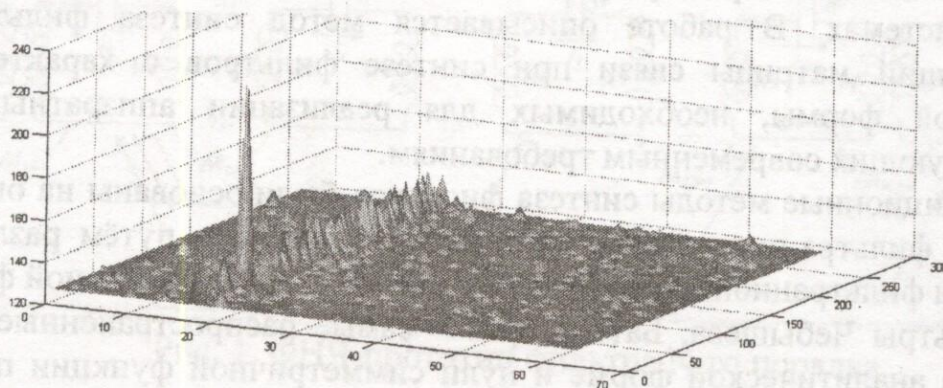


Рис. 4 Цель в 18 элементе разрешения по дальности и 52 элементе разрешения по скорости

Подводя итог проведенных исследований, можно кратко отметить следующие характерные выводы:

- Установлено соответствие результатов обработки полифазного и классического алгоритмов БПФ.
- Применение ПБПФ не приводит к потере гармоник, однако приводит к искажениям их амплитуд.
- Определены требования к АЧХ весовой функции, обеспечивающие минимальные потери при обработке с ПБПФ.
- Результаты обработки с применением ПБПФ не зависят от дальностного (корреляционного) канала обработки.

– ПБПФ пригодно для применения в УКФО, что позволит свести к минимуму рост вычислительных затрат, при увеличении длительности когерентно-обрабатываемого сигнала.

В качестве перспектив дальнейшего исследования в данном направлении можно отметить две важные задачи:

1. Произвести оценку и сравнить вычислительные затраты алгоритма ПБПФ по сравнению с алгоритмами классического БПФ.
2. Произвести оценку влияния количества секций разбиения в алгоритме ПБПФ на результаты обработки.

Литература

На основании исследований кафедры радиосистем.