

АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ БЕЗКАНАЛЬНОГО РАДИОЛОКАЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ ДАЛЬНОСТИ И СКОРОСТИ

Данилин Ю.Н., Князьков С.И., Стальной А.Я

ОАО «НПО«АЛМАЗ» имени академика Расплетина

При спектральной обработке больших цифровых массивов, что имеет место в цифровых приемниках современных РЛС, классический метод обнаружения сигналов представляется спектральной обработкой перекрывающихся малых массивов (расстановка фильтров по скорости). При корреляционном анализе и оптимальной фильтрации, классический метод также представляется многоканальной обработкой малых массивов (расстановка каналов по дальности). Требование ведения многоканальной цифровой обработки в реальном масштабе времени для решения задачи измерения радиолокационных координат дальности и (или) скорости приводит к необходимости построения специализированных многопроцессорных вычислительных систем.

Рассматривается вариант решения отмечаемой задачи в реальном масштабе времени способом безканальной цифровой обработки больших цифровых массивов. Таким способом решение поставленной задачи может выполняться либо на одноплатном цифровом процессоре обработки сигналов (ЦПОС типа TMS, ADSP и др.) в составе специализированного персонального компьютера, либо просто на специализированном персональном компьютере с повышенным быстродействием.

Последовательность обработки принятого строба аналогового сигнала представлена на рис.1.

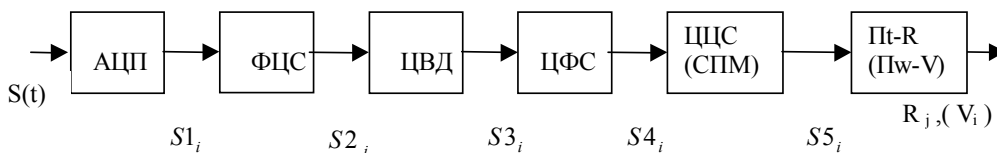


Рис. 1 Блок-схема последовательности вычислений координат дальности, скорости.

- АЦП – аналого-цифровой преобразователь,
- ФЦС – формирование цифрового строба (массива),
- ЦВД – цифровой векторный дискриминатор,
- ЦФС – цифровой фильтр сжатия,
- ЦЦС – цифровая циклическая свертка,
- СПМ – спектральная плотность мощности,
- Пт-R – преобразование временного интервала задержки сигнала в координаты радиальной дальности,
- Пw-V – преобразование доплеровского смещения частоты в координаты радиальной скорости.

Блок АЦП выполняет функцию перевода аналоговой информации в цифровой код. Формируется числовой массив $S1_i$, определяемый длительностью временного строба приема информации, разрядностью и частотными характеристиками устройства АЦП.

Блок ФЦС осуществляет, если это необходимо, прореживание данных $S1_i$ для формирования нужного цифрового массива длиной Nm . Длина массива Nm определяется требованием к величине временного интервала цифровой обработки сигнала (такт зондирования). Величина Nm определяет число отсчетов зондирующего сигнала Z после процедуры прореживания.

$$S2_j = S1_{pj}, \text{ где } p - \text{ интервал прореживания, } j=1..Nm,$$

Блок ЦВД вычисляет координаты цифрового массива линейных сверток $S3_i$, длиной равной удвоенной величине числа отсчетов ($2N$) зондирующего сигнала, в цифровом массиве строба. На рис.2 приведены графическая интерпретация работы блока ЦВД. Она состоит в следующем:

исходный массив отсчетов $S2_i$ с координатами начала “ a ” и конца “ b ” разбивается на два равных массива – правый и левый обозначенных соответственно $P1$ и $L1$. Суммируются отсчеты правого и левого

массивов $\sum_{i=a}^{(b-a)/2} P1_i$, $\sum_{i=a}^{a+(b-a)/2} L1_i$. Выбирается массив с новыми координатами начала “ a ” и конца “ b ” для

дальнейшей обработки по знаку разности сумм и условию, что модуль разности сумм превышает величину равную $N/2$. Если модуль разности сумм не превышает величину равную $N/2$, принимается решение об

отсутствии сигнала в цифровом стробе. Для исключения деления самого сигнала выполняется аналогичная обработка другого, сдвинутого на N отсчетов массива. Выходом блока ЦВД является “грубая” оценка положения сигнала величинами начала “ a ” и конца “ b ”. Массив отсчетов, ограниченный отсчетами “ a ” и “ b ” назван массивом линейных сверток.

Блок ЦФС выполняет формирование массива отсчетов циклического сигнала $S4_i$ из отсчетов $S3_i$ массива линейных сверток как это показано на рис.3.

$$S4_k = S3_{a+k-1} + S3_{a+k+Nm-1}, \quad k=1..Nm.$$

Блок ЦЦС с помощью быстрой циклической свертки определяет точное положение сигнала, с учетом прореживания, типа зондирующего сигнала и, если необходимо, доплеровского сдвига по частоте.(6)

$$S5 = ОБПФ(БПФ(S4) \times БПФ(Z))$$

Положению отраженного сигнала в стробе будет соответствовать временная задержка Tz равная

$$Tz = (a + N_{uc}) \times \Delta t,$$

где Δt - интервал дискретизации, N_{uc} - номер отметки максимального значения циклической свертки.

Если вместо быстрой циклической свертки вычисляется спектральная плотность мощности (СПМ), то выходом блока ЦСС будет доплеровская составляющая спектра сигнала в цифровом стробе.

$$S5 = БПФ(S4)$$

Вычисление радиальных координат дальности (скорости) выполняется по, хорошо известным в радиолокации, формулам.

$$R = \frac{Tz \times c}{2}, \quad \text{где } c - \text{ скорость света,}$$

$$V = -\frac{F_d \times \lambda}{2}, \quad \text{где } F_d - \text{ доплеровский сдвиг частоты,}$$

λ – длина волны зондирующего сигнала.

Применение высокочастотных АЦП и алгоритма прореживания позволяет, во многих случаях, использовать процесс когерентного накопления для увеличения отношения сигнал/шум.

Использование ЦФС, в дополнение к выше описанному, обеспечивает идентификацию многоэлементности цели в пределах строба линейных сверток, в частности, идентификацию разделения и объединение целей.

Присутствие шума в стробе приема приводит к вероятностным оценкам выходных результатов блоков, которые практически идентичны классическому многоканальному способу измерения координат дальности и (или) скорости (7).

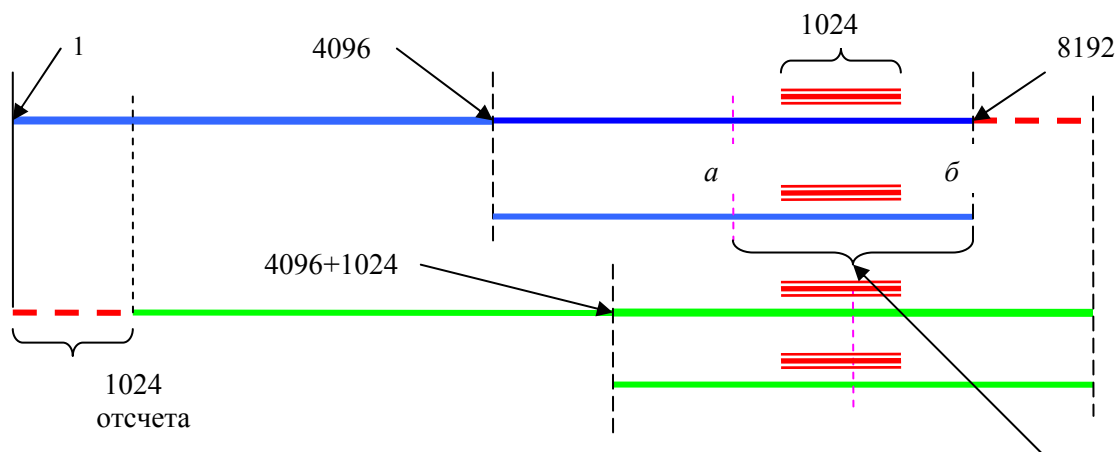


Рис 2 Определение интервала формирования циклической свертки
 (Цифровой векторный дискриминатор)

Массив
 линейных
 сверток 2048

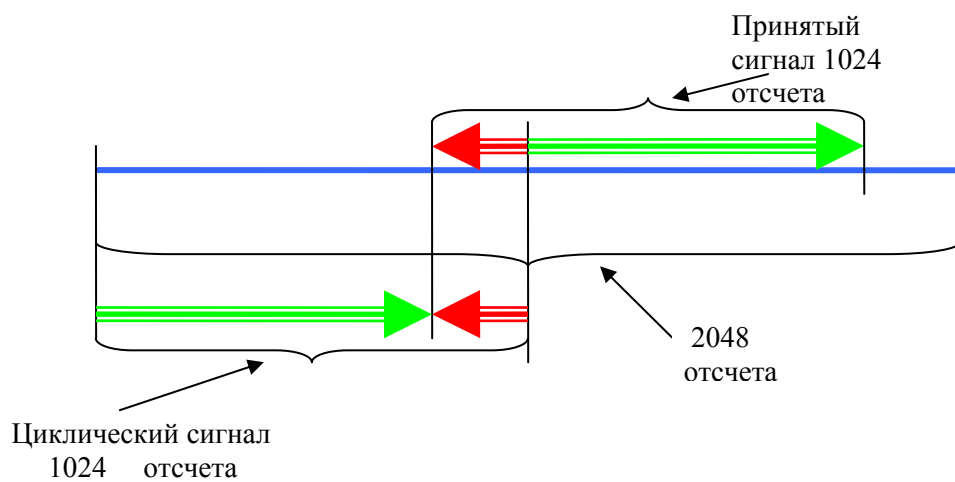


Рис 3 Иллюстрация формирования циклического сигнала
(Цифровой фильтр сжатия)