

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАДИОИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СШП-СИГНАЛОВ

Григорьев А.В., Мишин Я.А.

Воронежский институт высоких технологий (394043, Воронеж, ул.Ленина, 73а) e-mail: grigoralexan@yandex.ru

Использование вместо одной частоты в сигнале, совокупности частот, лежащих в определенной полосе, позволяет повысить степень информативности радиотехнических систем, поскольку количество информации, которое может быть передано в единицу времени, оказывается прямо пропорционально этой полосе. При анализе характеристик отражения радиоволн от объектов можно отметить локальный характер их отражения. В работе рассмотрен алгоритм, дающий возможность проведения восстановления радиолокационного изображения объекта с использованием СШП-сигналов. В основе лежит применение радиоголографического подхода. Объект был представлен как совокупность элементарных отражателей – двумерных полосок. Проводилось восстановление радиолокационного изображения для заданной длительности падающего импульса, имеющего определенный период. Итоговое изображение определялось на основе совокупности изображений, полученных на отдельных частотах, при этом накладывались определенные требования на ширину диапазона каждого частотного интервала.

Ключевые слова: радиоголография, СШП-сигналы, восстановление изображений

THE ANALYSIS OF OPPORTUNITIES FOR RECOVERY RADIO IMAGES THROUGH THE USE OF UWB SIGNALS

Grigoryev A.V., Mishin Ya.A. Voronezh Institute of high technologies (394043, Voronezh, Lenin str., 73a) e-mail: grigoralexan@yandex.ru

Using instead of the same frequency in the signal, to a combination of frequencies lying in a specified band, helps to increase the level of informational content of radio systems, since the amount of information that can be transferred per unit of time is directly proportional to this band. When analyzing the characteristics of radio waves reflection from objects, you can note a local nature of their reflections. In the work the algorithm, giving an opportunity of restoration of a radar image object using UWB signals is shown. It is based on the application of radioholographic approach. Object was presented as a set of elementary reflectors two-dimensional strips. The restoration of a radar image for the given duration of the incident pulse has a specific period. The final image was determined on the basis of a combination of images, obtained on separate frequencies, imposed certain requirements on the bandwidth of each frequency interval.

Keywords: radioholography, UWB-signals, restore images

Сейчас довольно большое число радиотехнических систем используют в своей работе относительную полосу частот и в качестве несущих колебаний при передаче данных применяют гармонические (то есть, синусоидальные) колебания [10]. Одной из причин этого состоит в том, что резонансные свойства системы дают возможность проведения

частотной селекции для большого числа информационных каналов, которые работают в общей среде (это касается пространства, проводной или оптической линии связи) [5, 6].

Частотная селекция может рассматриваться как один из способов разделения таких каналов, довольно большое число радиотехнических систем являются узкополосными.

Но при этом известно, что ширина полосы частот оказывает большое влияние на степень информативности систем связи и передачи информации, поскольку количество информации, которое передается течение определенного времени, оказывается пропорциональным указанной полосе. Для того, чтобы повысить информационные возможности системы требуется проводить расширение ее полосы частот. В качестве альтернативы можно рассмотреть возможность увеличения времени, требуемого для того, чтобы передать информацию [8].

Весьма активно в последнее время идет внедрение технологий, применяющих сверхширокополосные (СШП) сигналы.

Решение задачи, связанной с радиолокационным наблюдением с применением СШП сигналов имеет заметные отличия от подобных задач при использовании обычных узкополосных сигналов. Это происходит в тех случаях, когда пространственная длительность сигнала будет меньше, чем размер исследуемого объекта.

Конечно, существуют отличия и особенности, проявляющиеся на различных этапах: когда формируется СШП сигнал, при его излучении, отражении от объекта, приеме, а также обработке [1]. Среди основных отличий можно отметить:

- проведение изменения формы радиолокационного сигнала при наблюдении за объектом;
- существование зависимости характеристик антенны, излучающей сигнал, от формы сигнала, и наоборот – формы сигнала в пространстве от угловых координат;
- изменение величины мощности, рассеянной на объекте, от времени.

Таким образом, использование в радиолокационных задачах СШП сигналов определяет отдельный класс задач, которые требуют развития соответствующих методов теоретического анализа и нетрадиционных схемотехнических решений.

Рассмотрим далее алгоритм, позволяющий проводить восстановление радиолокационного изображения объекта на основе СШП сигналов:

1. При проведении математического моделирования объект рассматривается как совокупность N жестко связанных отражателей [2, 7].

Частотная характеристика, которая измеряется на расстоянии R , следующая

$$E^R(x_i, y_i, m) = \sum_{n=1}^N E_n(\varphi, m) \frac{\exp(-2jk\sqrt{(x_i - x_n)^2 + (y_i - y_n)^2})}{\sqrt{(x_i - x_n)^2 + (y_i - y_n)^2}}, \quad (1)$$

$k_m = 2\pi/\lambda_m$, $\lambda_m \in [\lambda_{\min}, \lambda_{\max}]$ - диапазон длин волн, x_i, y_i - координаты для точки наблюдения, φ - угол наблюдения E_n - поле, рассеянное n-м отражателем;; R-расстояние до объекта (R=1000 м).

Задают падающие импульсы S(t). Например, нами рассматривались П – образные импульсы длительностью τ и периодом T.

Тогда спектр такого импульса определяется как преобразование Фурье от S(t), то есть $S(\omega) = F[S(t)]$. Таким образом, зарегистрированный сигнал в точке наблюдения (экспериментально) $S_R = E^R S(\varphi, m)$.

2. Проводится расчет рассеянного электрического поля в точке наблюдения (то есть, восстанавливается изображение) в область возможного расположения объекта. Суммирование ведется по всем частотам

$$E^{IZ}(x_{IZ}, y_{IZ}) = \sum_{m=1}^M \sum_{\varphi=\varphi_0}^{\varphi} E_n(\varphi, m) \frac{\exp(+2jk\sqrt{(x_i - x_n)^2 + (y_i - y_n)^2})}{\sqrt{(x_i - x_n)^2 + (y_i - y_n)^2}} \quad (2)$$

где x_{IZ}, y_{IZ} - координаты отсчетов восстанавливаемого изображения, φ_0 и φ - определяют границы сектора углов наблюдения.

Расчет по формуле (2) может проводиться для различной ширины диапазона частот. Это может быть использовано для уточнения восстановленного изображения блестящих точек.

3. Восстановление изображения определяется таким образом:

$$IZ = |E_{\text{vost}}(\Delta f_k)| |E_{\text{vost}}(\Delta f_{k-1})|. \quad (3)$$

Видно, что итоговое изображение восстанавливается с использованием изображений, полученных на отдельных частотах. Как показал расчет, для хорошего восстановления центров рассеяния необходимо, чтобы

$$\Delta f_{k-1} / f_0 > 10. \quad (4)$$

Условие (4) выбиралось из требования того, чтобы боковые лепестки в изображении были меньше, чем для изображения, посчитанного при фиксированной полосе частот.

На рис. 1, 2 приведены результаты восстановления изображений двумерных полосок. Длина полосок составляла 15 м. Видно, что итоговое изображение восстанавливается точнее, чем на отдельных частотах. Расчет рассеянного электромагнитного поля (1) проводился на основании метода краевых волн [3].

При математическом моделировании мы считали $N=2^7=128$ частотных отсчетов, что оказалось достаточным для решения поставленной задачи, то есть восстановления блестящих точек.

Проводилось восстановление радиолокационного изображения для длительности падающего импульса $\tau=20$ нс и периодом $T=10$ нс. Ширина полосы частот выбиралась $\Delta f_2 \in [4.9 \cdot 10^8 \dots 5.5 \cdot 10^9]$ Гц, $\Delta f_3 \in [3.3 \cdot 10^8 \dots 7.4 \cdot 10^9]$ Гц, $\Delta f_4 \in [2.4 \cdot 10^8 \dots 8.7 \cdot 10^9]$ Гц, ..., $\Delta f_{10} \in [9.9 \cdot 10^7 \dots 8.9 \cdot 10^9]$ Гц, Необходимо, чтобы при $\Delta f_{k-1} \gg f_0$ сектор углов наблюдения $\Delta \varphi$ составлял 85° .

Следует отметить, что для тонкой обработки изображений могут быть использованы вейвлет-преобразования [4, 9].

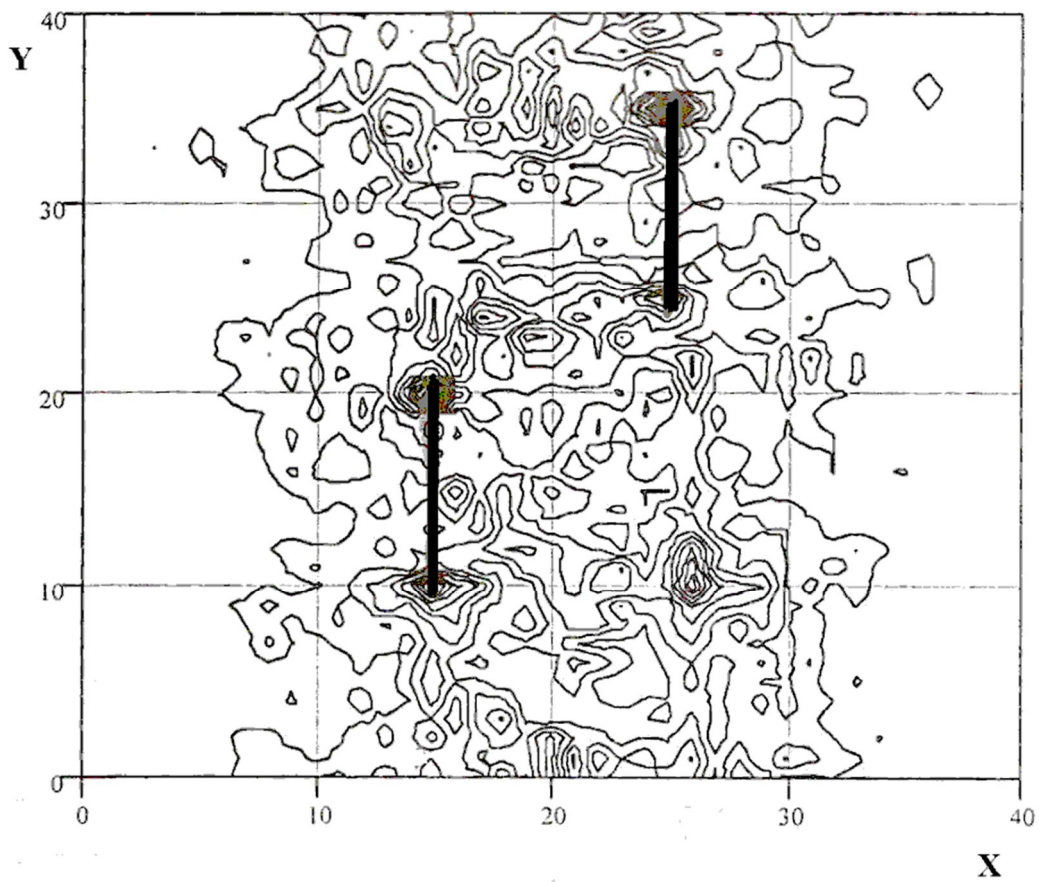


Рис. 1 Восстановленные изображения двумерных полосок для полосы частот $\Delta f_3 \in [3.3 \cdot 10^8 \dots 7.4 \cdot 10^9]$ Гц.

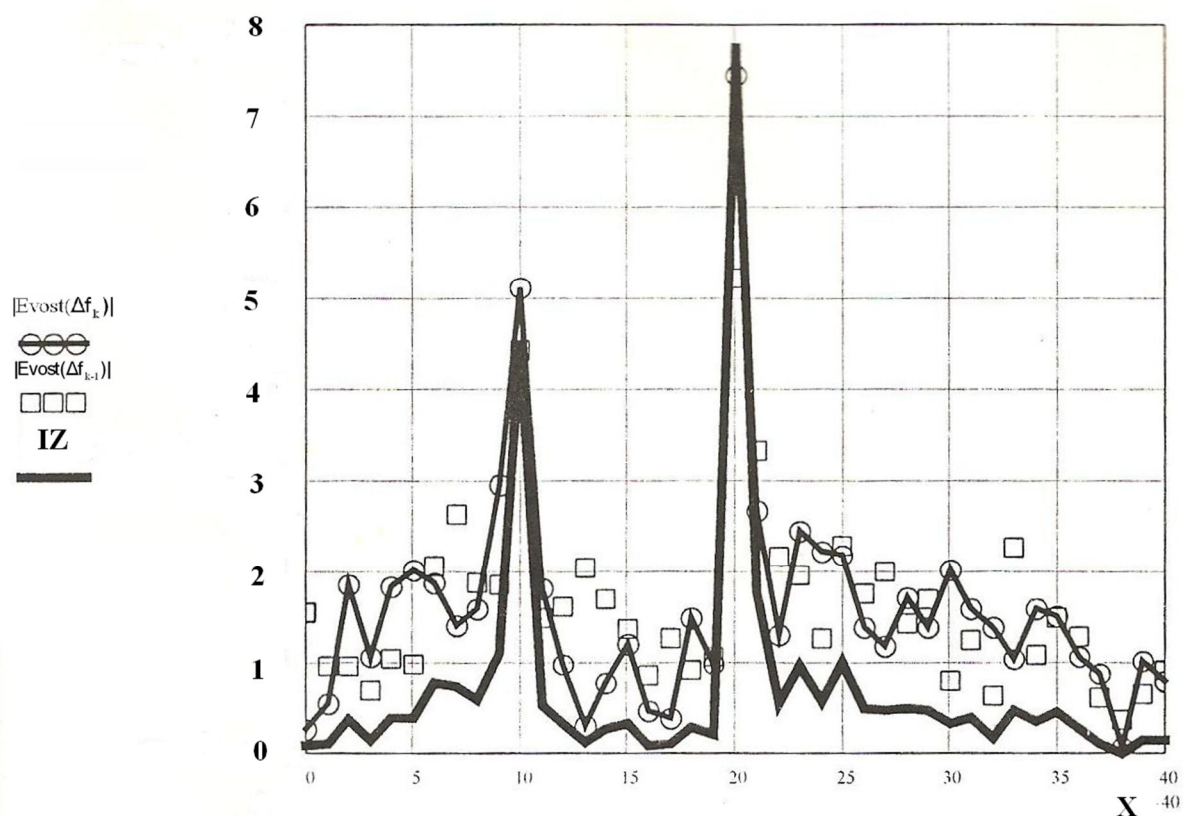


Рис. 2 Восстановленное изображение для плоскости $X=15$.

Таким образом, нами показана возможность восстановления радиолокационных изображений объектов при использовании СШП сигналов и возможность уточнения расположения блестящих точек в рамках нашего алгоритма с использованием результатов измерений для различной полосы частот.

Библиография

1. Авдеев В.Б. Моделирование функционирования в сверхширокой полосе частот радиопеленгаторной вибраторной антенной решетки с учетом влияния корпуса мобильного носителя / В.Б.Авдеев, А.В.Ашихмин, В.М.Некрылов, Ю.Г.Пастернак, А.П.Преображенский // Антенны. 2006. № 2. С. 45-52.

2.Блохина Т.В. О возможности восстановления локальных источников рассеяния на поверхности объектов с использованием априорной информации / Т.В.Блохина // European student scientific journal. – 2013. – № 1; URL: sjes.esrae.ru/1-53 (дата обращения: 13.11.2013).

3. Головинов С.О. Алгоритм оценки характеристик рассеяния объектов сложной формы с использованием метода краевых волн / С.О.Головинов, Е.А.Круглякова, А.П. Преображенский //Территория науки. 2006. № 1. С. 56-59.

4.Кульнева И.Ю. Характеристики вейвлет-преобразования при решении задач обработки сигналов / И.Ю.Кульнева, И.А.Гашенко // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 149-152.

5.Майоров Д. А. Математическая модель частотной характеристики многоточечной цели для условий зондирования сигналами с перестройкой несущей частоты/ Д. А.Майоров, Д. Г.Митрофанов, Д. Р. Заикин // Электромагнитные волны и электронные системы. 2008. № 11. С. 4–9.

6.Майоров Д. А. Обнаружение движущихся целей в РЛС с поимпульсной перестройкой несущей частоты/ Д. А.Майоров, Д. С.Григорян, Д. Г. Митрофанов //Труды Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи им. А. С. Попова. Вып. X-1. М., ИПУ РАН, 2008. С. 351–355.

7.Преображенский А.П. Моделирование и алгоритмизация анализа дифракционных структур в САПР радиолокационных антенн. / А.П.Преображенский // Воронеж, Издательство Научная книга, 2007 – 248 с.

8.Пушнин А.В. Информационные сети и телекоммуникации / А.В.Пушнин, В.В.Янушко // - Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. - 128 с.

9.Свиридов В.И. Применение вейвлет-преобразований при обработке цифровых сигналов / В.И.Свиридов // Успехи современного естествознания. 2012. № 6. С. 110-111.

10.Штагер Е. А. Рассеяние радиоволн на телах сложной формы / Е. А. Штагер //М: Радио и связь, 1986, 184 с.