



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012154787/07, 17.12.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.12.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.12.2012

(45) Опубликовано: 10.04.2014 Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: M.SKOLNIK, Radar Handbook, th.ed., McGraw-Hill, 2008, ch.5,4, fig.5.34. RU 2316786 C1, 10.02.2008. RU 2211461 C2, 27.08.2003. RU 2166774 C2, 10.05.2001. SU 1840425 A1, 20.03.2007. RU 2066060 C1, 27.08.1996. JP 2012042262 A, 01.03.2012. US 20100149023 A1, 17.06.2010. JP 2007078398 A, 29.03.2007. WO 2012120137 A1, 13.09.2012

Адрес для переписки:

140180, Московская обл., г. Жуковский,
Гагарина, 3, Открытое акционерное общество
"Научно-исследовательский институт
приборостроения имени В.В. Тихомирова"

(72) Автор(ы):

Ложкин Игорь Петрович (RU),
Чезганов Николай Федорович (RU),
Фролов Алексей Юрьевич (RU),
Загородний Владимир Глебович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

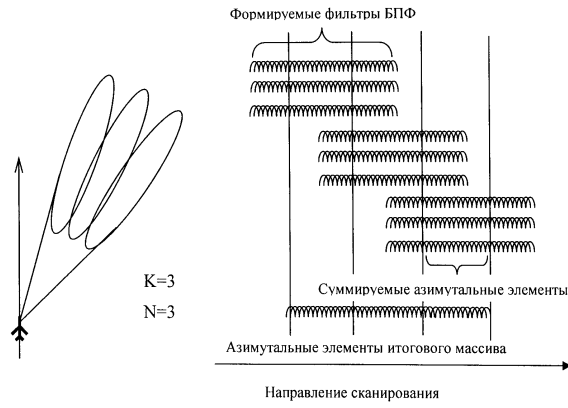
Открытое акционерное общество "Научно-исследовательский институт приборостроения имени В.В. Тихомирова" (RU)

(54) СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ В РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ С СИНТЕЗИРОВАНИЕМ АПЕРТУРЫ АНТЕННЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к радиолокационной технике, в частности к бортовым радиолокационным станциям (РЛС) воздушных судов, применяющим метод синтеза апертуры антенны. Достигаемый технический результат изобретения - сокращение времени формирования радиолокационного изображения (РЛИ). Заявленный способ заключается в объединении радиолокационных изображений разнесенных по азимуту К парциальных кадров, полученных посредством излучения когерентного импульсного зондирующего сигнала, облучения антенной РЛС парциальных участков поверхности, аналого-цифрового преобразования принятых сигналов, формировании двумерных массивов оцифрованных принятых сигналов

путем их распределения по каналам дальности и периодам излучения и определенной цифровой обработке сформированных двумерных массивов. При этом облучение антенной РЛС К парциальных участков поверхности и суммирование амплитуд элементов разрешения N РЛИ производится скользящим способом, причем величина азимутального шага скольжения диаграммы направленности антенны РЛС равна или близка к ее азимутальной полуширине, а сложение амплитуд сигналов N РЛИ, N=3, 4, производится поэлементно в массивах размером $M/2^{N-2}$, где M - число формируемых азимутальных элементов, со скольжением массивов суммируемых элементов на шаг $M/2^{N-2}$. 2 ил.



Фиг.1

RU 2511216 C1

RU 2511216 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012154787/07, 17.12.2012

(24) Effective date for property rights:
17.12.2012

Priority:

(22) Date of filing: 17.12.2012

(45) Date of publication: 10.04.2014 Bull. № 10

Mail address:

140180, Moskovskaja obl., g. Zhukovskij, Gagarina,
3, Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo "Nauchno-
issledovatel'skij institut priborostroenija imeni V.V.
Tikhomirova"

(72) Inventor(s):

**Lozhkin Igor' Petrovich (RU),
Chezganov Nikolaj Fedorovich (RU),
Frolov Aleksej Jur'evich (RU),
Zagorodnij Vladimir Glebovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo "Nauchno-
issledovatel'skij institut priborostroenija imeni
V.V. Tikhomirova" (RU)**

(54) **METHOD OF GENERATING IMAGE OF SURFACE IN SYNTHETIC APERTURE RADAR STATION**

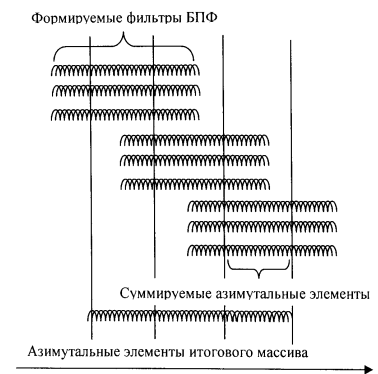
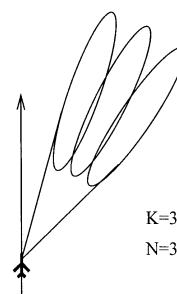
(57) Abstract:

FIELD: radio engineering, communication.

SUBSTANCE: method involves merging radar images of K partial frames spread on the azimuth, obtained by emitting a coherent pulsed probing signal, irradiating partial areas of the surface with the radar antenna, analogue-to-digital conversion of the received signals, generating two-dimensional arrays of digitised received signals via distribution thereof on range channels and radiation periods and defined digital processing of the generated two-dimensional arrays. Irradiation of the partial areas of the surface with the radar antenna and summation of amplitudes of resolution elements of N radar images is carried out with a sliding method, wherein the value of the azimuthal sliding step of the beam pattern of the radar antenna is equal to or close to its azimuthal half-width, and summation of amplitudes of signals of N radar images, N=3, 4, is carried out element by element in arrays measuring $M/2^{N-2}$,

where M is the number of generated azimuthal elements while sliding the arrays of the summed elements by the step $M/2^{N-2}$.

EFFECT: shorter time for generating a radar image.
2 dwg



Фиг.1

RU 2 511 216 C1

RU 2 511 216 C1

Изобретение относится к радиолокационной технике, в частности к бортовым радиолокационным станциям воздушных судов, применяющим способ синтеза антенны, и может быть использовано в гражданской и военной авиации, радиолокационной фотограмметрии.

5 Известен способ формирования радиолокационного изображения (РЛИ) поверхности с помощью синтезированной антенны (В.Н.Антипов и др. Радиолокационные станции с цифровым синтезом антенны. М.: Сов. радио. 1988), основанный на объединении РЛИ разнесенных по азимуту K парциальных кадров, каждое из которых получено путем излучения когерентного импульсного зондирующего сигнала, облучения
10 антенной РЛС соответствующего парциального участка картографируемой поверхности, аналого-цифрового преобразования принятых отраженных сигналов, образования двумерных массивов оцифрованных сигналов путем их распределения по каналам дальности и периодам излучения и цифровой обработки содержащихся в массивах данных.

15 В этом способе РЛИ парциальных кадров формируется в виде двумерных массивов «азимут-дальность» цифровых амплитуд элементов разрешения, выводимых на индикацию в форме градаций яркости пикселей двумерного видеоизображения. Облучение K парциальных участков поверхности производится при азимутальном сканировании антенны в необходимой зоне обзора.

20 Наиболее близким к предлагаемому способу формирования РЛИ в радиолокационной станции с синтезом антенны является способ цифровой обработки, описанный в (M.Skolnik, Radar Handbook, th.ed., McGraw-Hill, 2008, ch.5.4, fig.5.34).

Этот способ состоит из последовательного выполнения следующих цифровых операций:

- 25 а) N -кратного выполнения:
- коррекции расположения по дальности и зависимости фазы от дальности,
 - азимутального предсуммирования, сжатия по дальности,
 - записи результатов сжатия по дальности в буферную память,
 - азимутальной фазовой коррекции,
 - 30 - формирования азимутальных элементов разрешения посредством быстрого преобразования Фурье (БПФ),
 - автофокусировки,
 - амплитудного детектирования и усреднения;
 - б) наложения полученных отдельно N РЛИ путем суммирования амплитуд
35 азимутальных элементов разрешения в каждом канале дальности;
 - в) сжатия динамического диапазона амплитуд элементов разрешения РЛИ, полученного после суммирования амплитуд азимутальных элементов.

Наложение N видеоизображений применяется для подавления т.н. «спекл-шума», проявляющегося на сформированном РЛИ поверхности в виде случайного изменения
40 яркости различных пикселей. Чтобы сгладить проявляющуюся таким образом мозаичность РЛИ, выполняют N -кратную радиолокационную съемку поверхности на разных несущих частотах с последующим суммированием амплитуд элементов разрешения изображений. При этом в прототипе для построения РЛИ парциального кадра используется центральная часть сформированного БПФ массива азимутальных
45 элементов разрешения. N облучений k -го, $k=1 \dots K$, парциального участка поверхности производятся при направлении биссектрисы диаграммы направленности антенны в центр этого парциального участка.

Основным недостатком описанного способа наложения видеоизображений является

5 существенное увеличение времени формирования РЛИ. Согласно теоретическим оценкам и экспериментальным результатам для приемлемого подавления спекл-шума число N накладываемых кадров РЛИ должно составлять не менее 3-4-х. Соответственно, в прототипе во столько же раз возрастает время формирования РЛИ. Известно, что время формирования РЛИ парциального участка поверхности при синтезировании

10 апертуры бортовыми РЛС с разрешением несколько метров составляет 2-4 сек. При трех-четырёхкратном наложении формирование парциального кадра РЛИ может занять около 15 сек и более. Для большинства применений такая продолжительность формирования РЛИ парциального кадра неприемлема.

15 Техническим результатом предлагаемого способа формирования изображения поверхности в радиолокационной станции с синтезированием апертуры антенны является сокращение времени формирования РЛИ поверхности, состоящего из нескольких парциальных кадров.

Сущность предлагаемого способа формирования изображения поверхности в радиолокационной станции с синтезированием апертуры антенны состоит в объединении радиолокационных изображений разнесенных по азимуту K парциальных кадров, полученных посредством излучения когерентного импульсного зондирующего сигнала, облучения антенной РЛС парциальных участков поверхности, аналого-цифрового преобразования принятых сигналов, формировании двумерных массивов оцифрованных

20 принятых сигналов путем их распределения по каналам дальности и периодам излучения и цифровой обработки сформированных двумерных массивов, состоящей из: а) N -кратного выполнения:

- коррекции расположения по дальности и зависимости фазы от дальности,
- азимутального предсуммирования,
- 25 - сжатия по дальности,
- записи результатов сжатия по дальности в буферную память,
- азимутальной фазовой коррекции,
- формирования азимутальных элементов разрешения посредством быстрого преобразования Фурье (БПФ),
- 30 - автофокусировки,
- амплитудного детектирования и усреднения;

б) наложения полученных раздельно N РЛИ путем суммирования амплитуд азимутальных элементов разрешения в каждом канале дальности и в) сжатия динамического диапазона амплитуд элементов разрешения полученного после

35 наложения РЛИ.

Новым в предлагаемом способе является то, что облучение антенной РЛС K парциальных участков поверхности и суммирование амплитуд элементов разрешения N РЛИ производится скользящим способом, причем величина азимутального шага скольжения ДНА равна или близка к ее азимутальной полуширине, а сложение амплитуд

40 сигналов N РЛИ, $N=3, 4$, производится поэлементно в массивах размером $M/2^{N-2}$, где M - число формируемых БПФ азимутальных элементов, со скольжением массивов суммируемых элементов на шаг $M/2^{N-2}$.

На фиг.1 приведен пример формирования радиолокационного изображения по наиболее близкому техническому решению для наложения 3-х изображений 3-х парциальных кадров.

На фиг.2 приведен пример формирования радиолокационного изображения такой же зоны обзора по заявляемому способу.

Формирование радиолокационного изображения в заявляемом способе происходит

следующим образом: антенна начинает сканирование зоны обзора, выставляя биссектрису ДНА на левую азимутальную границу назначенной зоны обзора. В каждом азимутальном положении частота повторения импульсов зондирующего сигнала выбирается равной $1,7-1,9$ ширины спектра отражений по центральному лепестку ДНА.

5 РЛС облучает картографируемый участок необходимым числом радиоимпульсов и принимает отраженные сигналы, переводя их в цифровой вид. Система обработки сигнала формирует в каждом канале дальности азимутальные элементы разрешения и заносит в буферную память амплитуды правой половины сформированных азимутальных элементов разрешения. Далее производится перевод ДНА по азимуту

10 на угол скольжения, составляющий около полуширины ДНА, формирование массива азимутальных элементов и занесение в буферную память центральной части этого массива. После следующего перевода ДНА на такой же азимутальный угол скольжения в буферную память заносится левая половина элементов массива. По завершении обработки 3-х массивов сигналов, полученных в разных положениях ДНА антенны,

15 производится формирование РЛИ парциального кадра путем суммирования амплитуд элементов разрешения, занесенных в буферную память. Формирование РЛИ последующих парциальных кадров производится сходным образом. Из фиг.2 следует, что по этой же схеме можно производить суммирование 4-х полученных отдельно РЛИ, отводя на суммирование по $1/4$ массивов элементов разрешения, сформированных

20 процедурой БПФ.

Как следует из описания, применение предложенного способа по сравнению с прототипом существенно сокращает требуемое число накладываемых парциальных изображений $N_{ПК}$. Из приведенного примера следует, что это число составляет $N_{ПК}=2K+1=7$, где $K=3$ - общее число парциальных кадров в итоговом РЛИ, в то время как в прототипе $N_{ПК}=3K=9$. Таким образом, по сравнению с прототипом достигается

25 примерно полуторное сокращение времени формирования кадра РЛИ.

Формула изобретения

Способ формирования изображения поверхности в радиолокационной станции с синтезированием апертуры антенны, основанный на сложении радиолокационных изображений разнесенных по азимуту парциальных кадров, каждое из которых получено излучением когерентного импульсного зондирующего сигнала, облучением антенной РЛС парциальных участков зоны обзора картографируемой поверхности, аналого-

30 цифровым преобразованием принятых отраженных сигналов, образовании двумерных массивов оцифрованных сигналов и цифровой обработке содержащихся в массивах данных путем N -кратного выполнения коррекции расположения по дальности и зависимости фазы от дальности, азимутального предсуммирования, сжатия по дальности, записи результатов сжатия по дальности в буферную память, азимутальной фазовой коррекции, формирования азимутальных элементов разрешения посредством быстрого

35 преобразования Фурье (БПФ), автофокусировки, амплитудного детектирования и усреднения, далее наложения полученных отдельно N РЛИ суммированием амплитуд азимутальных элементов разрешения в каждом канале дальности и сжатия динамического диапазона амплитуд элементов разрешения РЛИ, полученного после суммирования амплитуд азимутальных элементов, отличающийся тем, что облучение

40 антенной РЛС парциальных участков зоны обзора картографируемой поверхности и суммирование амплитуд азимутальных элементов разрешения в каждом канале дальности производится скользящим способом, причем величина азимутального шага скольжения диаграммы направленности антенны РЛС равна или близка к ее

азимутальной полуширине, а сложение амплитуд сигналов N РЛИ, $N=3,4$, производится поэлементно в массивах размером $M/2^{N-2}$, где M - число формируемых быстрым преобразованием Фурье азимутальных элементов, со скольжением массивов на шаг $M/2^{N-2}$.

5

10

15

20

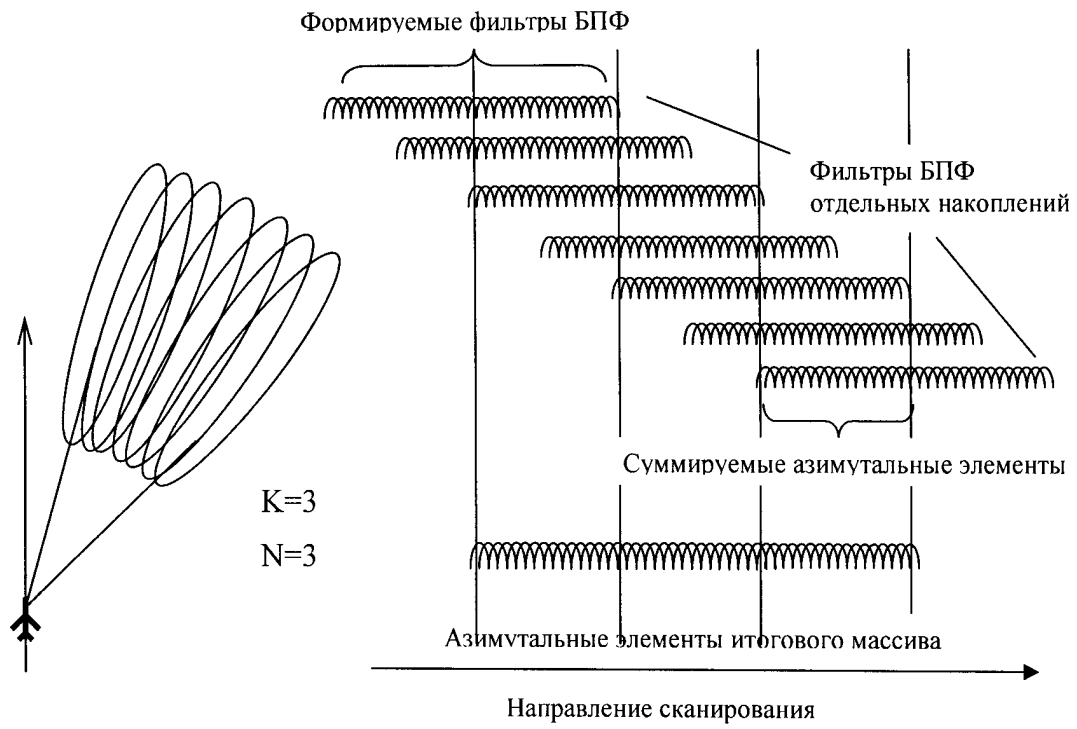
25

30

35

40

45



Фиг.2