

О построении многопозиционной радиолокационной системы для обзора земной поверхности

А.А.Калинкевич, М.С. Крылова, В.М.Масюк.

ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН

Институт Радиотехники и Электроники им. В.А. Котельникова РАН, 103907, Москва, ул. Моховая, 11, стр.7, E-mail: kalinkevich@newmail.ru

Рассматривается вопрос создания макета многопозиционной РЛС для наблюдения земной поверхности. В качестве зондирующего сигнала рассматривается использование электромагнитного излучения динамического хаоса.

The problem to develop the radar system consisting of several samples for the earth surface observation is considered. Noise signal sare considered as the radar electromagnetic radiation.

Введение

В настоящее время многоканальным радиолокационным комплексам с пространственным разнесением каналов (МПРЛС) уделяется большое внимание [1-4]. В качестве обзорных работ по данному направлению можно привести работы В.В.Чапурского и В.С.Черняка [1-2]. Такой подход характерен не только для активных систем, но и для обзорных пассивных [5-7]. Основные рассматриваемые проблемы касаются радиолокационных систем по обнаружению объектов в воздушном пространстве. Вопросам возможного применения их для обзора подстилающей поверхности практически не уделяется внимания (конечно, если не считать радиолокационную станцию бокового обзора с синтезированной апертурой РСА многопозиционной радиолокационной системой). Однако обзор подстилающей поверхности (особенно это касается измерения отражательных свойств) имеет ряд специфических особенностей. Считается [2], что теоретические основы МПРЛС в настоящее время разработаны. Термин и части элементов ММО заимствованы из радиосвязи. В настоящее время интенсивно развивается связь на основе стохастического хаоса [8], поэтому имеет смысл рассмотреть вопрос о создании ММО-РЛС на основе такого подхода при мультипликативном алгоритме обработки.

Целью работы является рассмотрение построения макета обзорной ММО-РЛС на основе использования динамического хаоса.

Основные принципы построения мультипликативных систем.

В мультипликативных системах обработка предполагает перемножение сигналов от разных каналов. Предположим, что имеются две антенны, имеющие узкие веерообразные диаграммы А и В (рис.1).

После перемножения выходной сигнал будет соответствовать излучению, принятому их общей частью О, что соответствует узкой диаграмме карандашного типа. Наглядным примером служит интерферометр, построенный по этому принципу - крест Миллса [9].

Пусть в точках O_1 и O_2 , находящихся на некоторой высоте над поверхностью, расположены две радиолокационные станции, излучающие в боковом направлении импульсы длительностью $\Delta\tau$. Тогда по поверхности будут распространяться два кольца, определяющие обратное отражение, соответствующие площадям облучения S_1 S_2 .

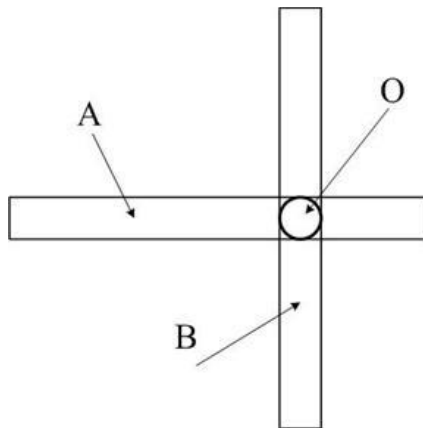


Рис.1. Вид двух ДНА

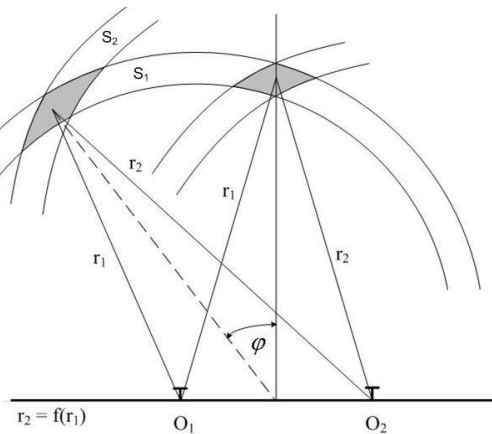


Рис.2. Построение МИМО-РЛС.

Время излучения импульсов радиолокационных станций конструируется с учетом постоянных задержек, таким образом, что пересечение импульсов излучения происходит в одной из темных областей рис.2, размер которых соответствует разрешающей способности ΔS . Пространственная разрешающая способность определяется корреляционной функцией сигнала. В случае, когда используется широкополосный или сверхширокополосный сигнал функция корреляции зависит от его полосы.

На рис.3. представлено изменение функции корреляции в зависимости от полосы используемого сигнала. Величина ΔS в значительной степени определяется длительностью импульса, т.е. связана с полосой используемых частот. Подбирая задержки запуска излучения двух радаров, можно получить изображение всей плоскости. Вид корреляционной функции можно рассматривать в качестве некоторой эффективной ДНА. Отметим, что одну из РЛС следует рассматривать в качестве приемно-передающей, а вторую только в качестве приемной. Имеются по крайней мере две проблемы. Одна заключается в выяснении влияния “подставки” на величину максимального значения, вторая связана с выполнением процесса усреднения для уменьшения влияния “подставки”.

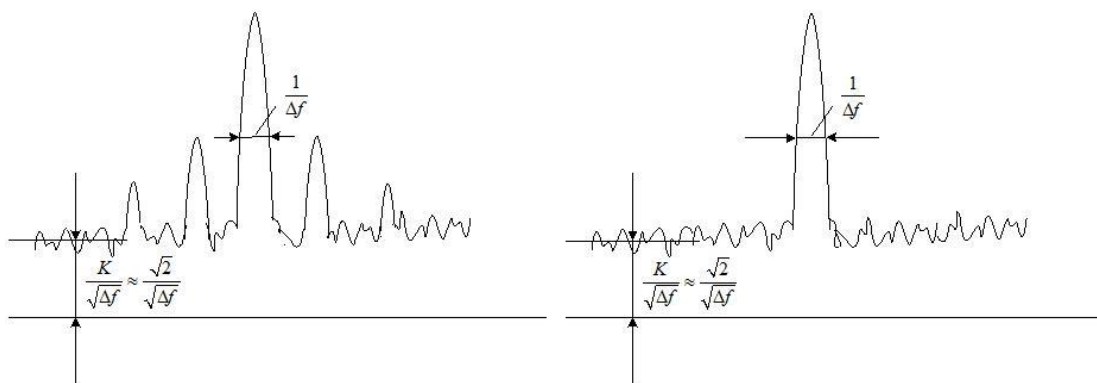


Рис.3. Вид корреляционной функции: а) при $\frac{f}{\Delta f} \leq 30\%$; б) при $\frac{f}{\Delta f} \approx 100\%$.

Практически реализация осуществляется следующим образом (рис.4). Облучение поверхности осуществляется либо посторонним источником излучения, либо одной из антенн, работающей в активно-пассивном режиме. С каждого АЦП имеем последовательность синхронизируемых отсчетов (рис.4), частота отсчетов превышает ширину используемого зондирующего сигнала (предполагается, что частота отсчетов в 5-6 раз превышает длительность импульса). Необходимые величины r_1 и r_2 , будут соответствовать смещению по времени этих последовательностей вправо или влево. Количество отсчетов, необходимых для перемножения и суммирования, соответствует длительности излучаемого импульса. На полученное значение, соответствующее темной области (рис.2), будут влиять случайные отражения в областях S_1 и S_2 , т.е. необходимо осуществить усреднение. Для получения объемного изображения требуется по крайней мере три радиолокационные станции.

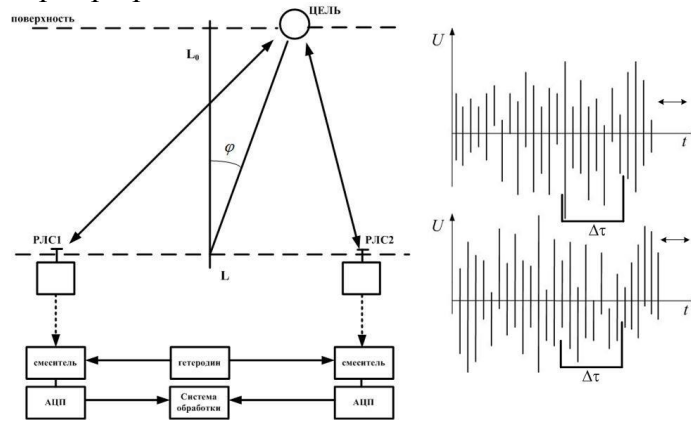


Рис.4. Блок схема мультипликативного интерферометра.

Лабораторный макет создаваемого устройства

В работе предлагается макет передающей системы, позволяющей использовать в качестве электромагнитного излучения импульсы с разной скважностью с заполнением динамическим хаосом. Предусмотрена возможность одновременного излучения шумовых импульсов с полосой ΔF на трех частотах в полосе от 2 до 6.5 ГГц. На рис.5 представлена блок-схема (а) и вид электромагнитного излучения (б), а также фотоизображения передающего (в) и приемного устройств (г).

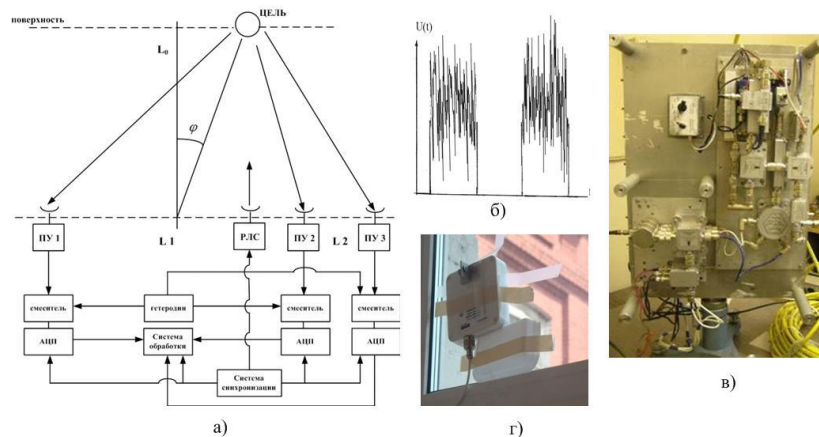


Рис.5. Составляющие эксперимента: а) блок-схема устройства и проведения эксперимента, б) вид электромагнитного излучения, в) вид передающего устройства, г) вид приемной части макета.

Вопросы моделирования

Сигнал, поступающий на вход системы обработки экспериментальных данных, в общем случае формируется в результате воздействия на полезный сигнал $x(t)$ аддитивных и мультипликативных помех, и может быть представлен в виде $y(t) = \mu(t) \cdot x(t) + n(t)$. Функции $n(t)$, $\mu(t)$ моделируют аддитивные и мультипликативные помехи, соответственно. Но даже, если не принимать во внимание мультипликативные помехи, ситуация сильно осложняется результатами перемножения зашумленных сигналов $x(t)$:

$$y(t) = [x_1(t) + n_1(t)] \cdot [x_2(t) + n_2(t)] \cdot [x_3(t) + n_3(t)].$$

Выполнены отдельные случаи моделирования только для двухпозиционной системы и результаты этого представлены на рис.6.

Вычисления показывают, что иногда воздействие на сигнал бывает столь сильным, что в нем почти не остается полезной информации. Положительным моментом является, то, что некогерентное усреднение за счет использования стохастических сигналов быстро уменьшает это воздействие. Первые предварительные совсем неоптимальные эксперименты показывают, что это действительно так. На рис.7 представлены результаты пока единственного эксперимента по облучению пространственно распределенного объекта по одной координате. Следует подчеркнуть, что приведенные результаты являются предварительными и служат отправной точкой для завершения построения макетного образца, необходимого для проведения экспериментов.

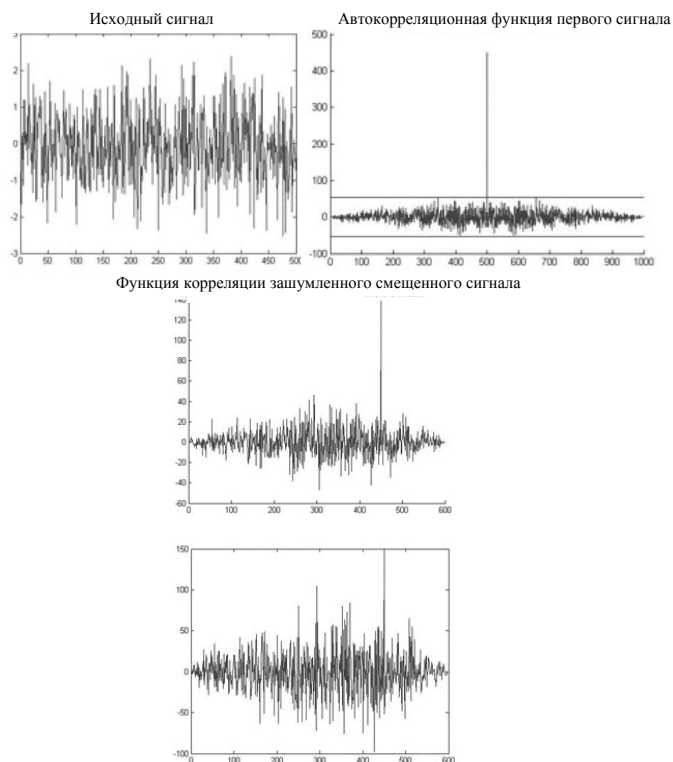


Рис.6. Некоторые результаты моделирования влияния помех.

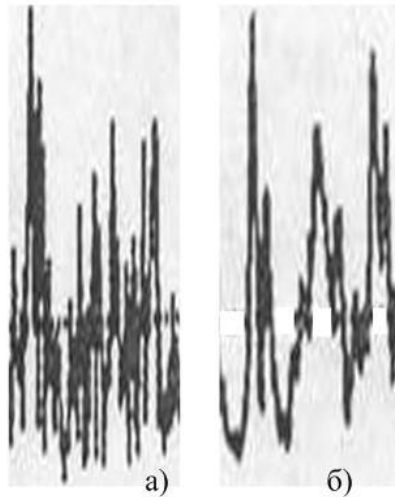


Рис.7. Результаты эксперимента по зондированию пространственно распределенного по одной координате объекта: а) - без усреднения; б) – по некогерентному усреднению.

Литература

1. *В.В. Чапурский*. Мультипликативная обработка сигналов с подавлением отражений от местных предметов в задачах сверхширокополосной ММО-локации, *Успехи современной радиоэлектроники*, 1-2, 2009, стр. 114-122
2. *В.С. Черняк*. О новых и старых идеях в радиолокации: ММО РЛС. *Успехи современной радиоэлектроники* 2, 2011, стр. 5-20.
3. *Jian Li, Petre Stoica*. MIMO radar signal processing. Wiley 2009 г.
4. *Fishler E., Haimovich A., Blum R. S. et al.* MIMO radar: an idea whose time has come Proc. Of the IEEE Radar Conference. April 2004. USA, P. 71-78.
5. *М.И. Нониашвили, И.В. Крючков, С. И. Нефедов*. Анализ интерференционной структуры элемента разрешения в многопозиционных обзорных пространственно-когерентных радиолокационных комплексах с остронаправленными антеннами, *Электронное научно-техническое издание НАУКА и ОБРАЗОВАНИЕ*, 11, ноябрь 2011, Эл № ФС 77 - 48211. Государственная регистрация №0421200025. ISSN 1994-0408.
6. *М.И. Нониашвили, С.И. Нефедов, И.В. Крючков*. Анализ зоны обнаружения многопозиционных обзорных пространственно-когерентных радиолокационных комплексов с остронаправленными антеннами // *Труды 16 международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь»*, Воронеж, 13-15 апреля 2010.
7. Материалы секции, посвященной вопросам использования, калибровки, интерпретации данных интерферометра-радиометра с синтезированной апертурой в проекте SMOS., на конференции 12-th Specialist Meeting on Microwave Radiometry and Remote Sensing of the Environment 5-9 March 2012 Villa Mondragone, Tor Vergata University of Rome.
8. *А.С. Дмитриев, А.В. Клецов, А.М. Лактюшкин, А.И. Панас, С.О. Старков*. Сверхширокополосные коммуникационные системы на основе динамического хаоса, *Труды РНТОРЭС им. А.С. Попова, Акустооптические и радиолокационные методы измерений и обработки информации* Москва 2007, стр.3-9.
9. *Дж.П. Уайлд*. Радиоастрономические инструменты, *Успехи физических наук*, т.92, вып.4, 1967, стр. 701-71