

ПОСТРОЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ РАДИОСИСТЕМЫ, ФУНКЦИОНИРУЮЩЕЙ В ШИРОКОМ СЕКТОРЕ ОБЗОРА

На основе проведенного анализа построения радиосистем и определения наиболее полного отражения реальных условий работы, в статье рассматриваются вопросы построения статистической модели измерительной радиосистемы, функционирующей в широком секторе обзора.

Ключевые слова: измерительная радиосистема, статистическая модель, пространственно-временная обработка сигналов, сектор обзора

Введение

Измерительные радиосистемы получают информацию о различных удаленных объектах путем анализа волновых полей, создаваемых этими объектами в результате собственного излучения, отражения либо переизлучения зондирующих сигналов [1]. Эти поля представляют собой пространственно-временные процессы. Помимо этого полезного поля, несущего информацию о наблюдаемых объектах, могут приниматься поля, создаваемые другими объектами, а также различными источниками помех [1]. Назначением измерительной радиосистемы является анализ такого результирующего поля с целью определения положения объекта и его скорости, а также других характеристик. При разработке и построении оптимальных измерительных радиосистем, необходимо проводить исследования их свойств и возможностей применения в ракетно-космических комплексах для обеспечения требуемых значений качественных характеристик измерительной информации, что является важной и актуальной научной задачей.

Анализ литературы показал, что основы теории оптимальной пространственно-временной обработки измерительной информации разработаны в настоящее время на базе статистической теории оптимального приема сигналов [2]. Исторически сложилось так, что отдельные научные направления связанные с обработкой пространственно-временных сигналов в дальней зоне [3], вопросы обработки сигналов в многопозиционных системах, так и оптимизация систем обработки пространственно-временных сигналов осуществлялась с учетом сферичности волнового фронта. Использование многопозиционных систем по сравнению с однопозиционными позволяет более эффективно использовать информацию об объектах наблюдения, содержащуюся в пространственной структуре электромагнитного поля. Данные системы обладают более широкими возможностями по формированию рабочей зоны требуемых размеров, имеют

значительные энергетические преимущества. Однако, все эти преимущества многопозиционных систем достигаются путем их значительного усложнения, необходимостью построения сложных каналов управления и синхронизации, повышенными требованиями к устройствам обработки сигналов и производительности ЭВМ, значительным усложнениям задач навигационной привязки и юстировки позиций [1].

В связи с этим, возникает задача разработки и анализа статистической модели измерительной радиосистемы, которая, в отличие от существующих, кроме канала обработки, также полно раскрывает и канал формирования зондирующих сигналов. Это обеспечит наиболее полное отражение реальных условий работы измерительной системы и позволит более полно учесть и реализовать ее возможности. Поэтому **целью статьи** является анализ возможностей достижения требуемых качественных характеристик измерительной информации путем совершенствования измерительных радиосистем на основе статистического моделирования.

Изложение основного материала

Расширим определение пространственно-временных сигналов и будем понимать под пространственно-временным сигналом не только сигнал $s(t, \vec{r})$, рассматриваемый в области обработки $r \in Z$, но и зондирующий пространственно-временной сигнал, формируемый системой в некоторой заданной области пространства [3]. Рассматривая зондирующий сигнал в этой области пространства, обозначим его как $s(t, \vec{\delta})$, где под $\vec{\delta}$ будем понимать некоторую область (объем) пространства, в которой интенсивность сформированного сигнала, а также его структура позволяют удовлетворить требованиям, предъявляемым к системе.

В соответствии с этим выберем пространственную структуру измерительной радиосистемы в виде двух областей. Первая область – область пространства Z , отводимая для формирования зондирующих пространственных сигналов $s(t, \vec{\delta})$ и под обработку принимаемых сигналов $s(t, \vec{r})$. Вторая область – область пространства M , в которой рассматриваются сформированные зондирующие пространственно-временные сигналы $s(t, \vec{\delta})$.

Анализируя литературу [2,3,4] разработаем статистическую модель системы (рис.1). Структурно модель состоит из трех частей, соответствующих областям: Z – область формирования и обработки сигналов, N – область распространения сигналов (радиоканал) и область M – область взаимодействия объектов с зондирующим сигналом и формирования ответного сигнала. Статистическая модель включает в себя следующие основные элементы.

Пространство измеряемых параметров движения объектов Λ , которое состоит из множества $\vec{\lambda}$ всех возможных параметров движения каждого объекта, $\vec{\lambda}_i (i = 1, \dots, N, N - \text{количество объектов})$. Состав и количество

измеряемых параметров движения определяются как динамическими характеристиками движения объекта, так и назначением и возможностями системы. В зависимости от априорной информации о наличии объектов в области M выбирается тот или иной существующий алгоритм [4] формирования сигналов z . Множество алгоритмов \bar{z} заполняет пространство алгоритмов Z .

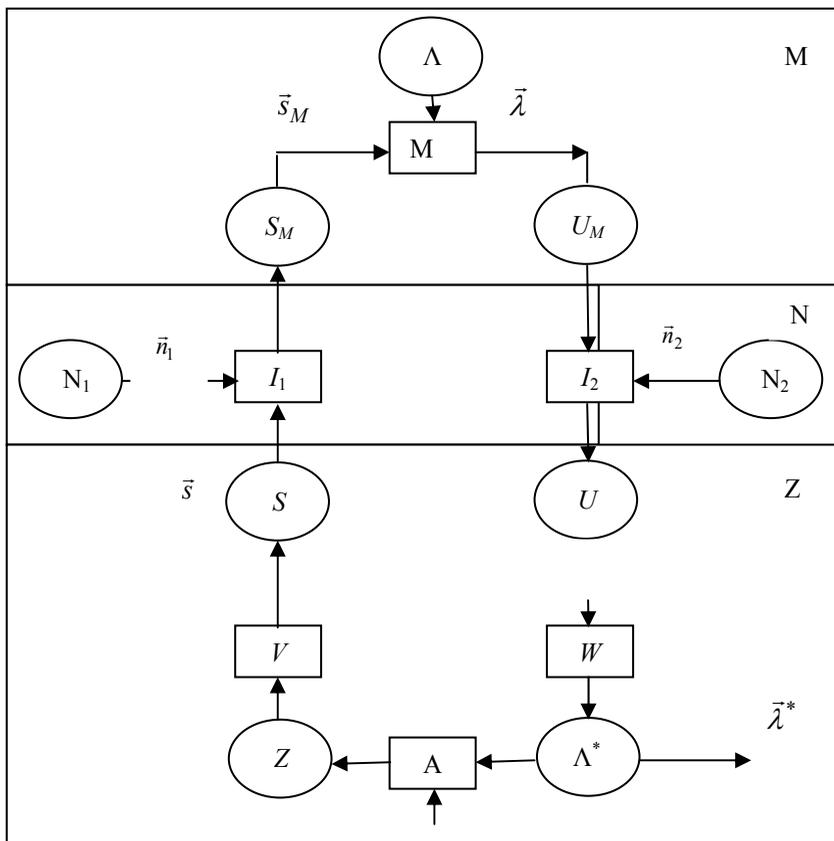


Рис. 1.2. Статистическая модель измерительной радиосистемы

Реализация алгоритмов осуществляется устройством V . Основным носителем информации в системе является излучаемый (зондирующий) сигнал. Множество всех зондирующих сигналов \bar{s} заполняет пространство сигналов S . Сигналы в виде электромагнитных волн излучаются в окружающее пространство, где они взаимодействуют с помехами \bar{n}_1 , образующими пространство помех в прямом канале N_1 . В соответствии с этим поле \bar{s}_M , взаимодействующее с объектом, можно представить в виде

некоторого оператора I_1 .

$$\bar{s}_M = I_1 \{ \bar{s}, \bar{n} \} . \quad (1)$$

Измерительная информация, формируемая в процессе отражения либо переизлучения сигналов \bar{s}_M , состоит из существенных параметров сигнала, несущих информацию о параметрах движения объектов $\bar{\lambda}$.

Параметры движения изменяются во времени $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}(t)$. Однако на элементарном интервале наблюдения значения параметров движения будем считать величиной постоянной $\bar{\lambda} = \text{const}(t)$.

С учетом отраженного либо ретранслированного сигнала \bar{u}_M , формируемый в результате взаимодействия поля \bar{s}_M с объектом, можно представить в виде некоторого оператора M , определяющего способ формирования сигнала \bar{u}_M ,

$$\bar{u}_M = M \{ \bar{s}_M, \bar{\lambda}, \bar{\alpha} \} . \quad (2)$$

Эти сигналы \bar{u}_M , образуя пространство всех возможных сигналов U_M , взаимодействуют в пространстве N с помехами \bar{n}_2 , образующими пространство помех N_2 , и формируют в обратном канале пространственно-временные сигналы \bar{u}_Z в области обработки Z

$$\bar{u}_Z = I_2 \{ \bar{u}_M, \bar{n}_2 \} , \quad (3)$$

заполняющие пространство сигналов U_Z , представляющее собой множество всех возможных наблюдаемых в области обработки Z пространственно-временных сигналов \bar{u}_Z .

К принимаемому системой обработки W сигналу добавляются помехи, включающие в себя внутренние шумы аппаратуры и внешние помехи. Учитывая, что, в отличие от обычно используемых систем пространственно-временной обработки [5], в системах со сложными диаграммами направленности воздействие внешних и внутренних помех проявляется по-разному их влияние на систему обработки будем учитывать раздельно [4].

Что же касается мультипликативных изменений сигнала (мультипликативные помехи), то они отображаются в принимаемом сигнале наличием несущественных параметров $\bar{\alpha}$, в качестве которых выступают интенсивность и фазовый сдвиг и которые, как было отмечено раньше, являются медленно изменяющимися параметрами, и на элементарном интервале представляются постоянными величинами.

Обозначая принимаемый сигнал через $s(t, \bar{r}, \bar{\lambda}, \bar{\alpha})$ и учитывая влияние на него помех в области обработки Z , принимаемое колебание, поступающее на вход системы обработки, будем представлять в виде

$$u(t, \vec{r}) = \sum_{i=1}^N s(t, \vec{r}, \vec{\lambda}_i, \vec{\alpha}) + n(t, \vec{r}), \quad (4)$$

где $i=1, \dots, N$, N – количество объектов в пространстве M .

В данной постановке (4) моделирует задачу разрешения сигналов в общей статистической теории измерительных радиосистем [5]. Учитывая, что оценке подлежит как общее количество сигналов N , так и значения существенных параметров $\vec{\lambda}_i$ всех сигналов, приходим к задаче разрешения – обнаружения – измерения

$$u(t, \vec{r}) = \sum_{i=1}^N a_i s(t, \vec{r}, \vec{\lambda}_i, \vec{\alpha}) + n(t, \vec{r}), \quad (5)$$

когда требуется оценить все числа a_i ($i=1 \dots N$) – произвести обнаружение сигналов, а также оценить их параметры $\vec{\lambda}_i$.

Система обработки пространственно-временных сигналов производит над принимаемым сигналом \vec{u}_z операции W , в результате чего формируется решение или оценка $\vec{\lambda}^*$, соответствующая истинному значению измеряемых параметров $\vec{\lambda}$.

Таким образом, пространство принимаемых колебаний U_z преобразовывается в пространство решений Λ^* , структура которого совпадает со структурой пространства Λ .

В отличие от обычно используемых моделей измерительных систем [4], где основное внимание сосредоточено на канале обработки, в предлагаемой модели также полно раскрыт и канал формирования зондирующих сигналов в заданном секторе (области) пространства, что наиболее полно отражает реальные условия работы измерительных систем и позволяет более полно учесть и реализовать их возможности. Предлагаемая модель описывает функционирование широкого класса измерительных систем и может только несколько видоизменяться в зависимости от конкретного их использования, сохраняя в общем случае приведенную структуру. Задача оптимизаций измерительной радиосистемы в соответствии с выбранным критерием качества сводится к отысканию оптимального алгоритма формирования сигналов V и нахождению оптимального оператора W системы обработки пространственно-временных сигналов [5].

Выводы. Оптимизация систем обработки пространственно-временных сигналов с учетом кривизны их волновых фронтов показывает, что при существенной кривизне фронтов появляется дополнительный информативный параметр пространственно-временных сигналов, который можно использовать для повышения качественных показателей системы обработки. Использование кривизны волнового фронта как информативного параметра позволяет повысить точность измерения дальности и улучшить разрешающую способность системы за счет пространственного разрешения и

селекции объектов по дальности.

Модель пространственно-временного сигнала со сферическим волновым фронтом является общей для всех пространственно-временных систем и основные соотношения, полученные для этой модели, могут служить единой основой для синтеза и сравнительного анализа широкого класса измерительных радиосистем, включающего как отдельные станции, когда фронт волны можно считать плоским, так и многопозиционные системы, когда фронт волны заведомо не плоский.

1. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория. / Справочник. Под ред. Я.Д. Ширмана. - М.: Радиотехника, 2007. - 512 с.
2. Олянюк Я.В. Оптимальный прием сигналов и оценка потенциальной точности космических измерительных комплексов. -М.: Сов. радио, 1973. – 182 с.
3. Пространственно-временная обработка сигналов / Под ред. И.Я. Кремера. –М.: Радио и связь, 1984. – 224 с.
4. Коростелев А.А. Пространственно-временная теория радиосистем: Учеб. пособие для ВУЗов. -М.: Радио и связь, 1987. 320 с.
5. Глушанков Е.И., Погорелов А.И., Трофимов Ю.В. Математические модели пространственно-временных сигналов и помех. -Киев, 1991, С. 42-51.

Поступила 15.02.2010р.

УДК 621.372

О.Ф.Нікулін, М.О.Нікулін

ОСНОВНИ ІНФОРМАЦІЙНІ КОМПОНЕНТИ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В МОДЕЛІ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ

Основою інформаційних технологій є використання інформаційних компонент. Необхідність їх використання обумовлюється рядом проблем, які зустрічаються при дослідженні технічних об'єктів. Однією з основних проблем цього типу є проблема неточності уявлень про процеси, що відбуваються в таких об'єктах і суттєво впливають на характеристики та можливості відповідних об'єктів. Для ілюстрації цієї обставини розглянемо в рамках проблематики визначення надійності технічних систем, задачі визначення таких параметрів, як: середня кількість відмов у наданні транспортної послуги в рамках транспортної системи GTS, яку позначимо символом (Λ) і параметр роз синхронізації руху транспортних засобів при наданні транспортних послуг (C_i).

Перший критерій або параметр надійності у представленому вигляді має досить широку інтерпретацію. Тому коротко його проаналізуємо з ціллю певного звуження такої інтерпретації, що дозволить сформувати більш