

## **ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛОВ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ**

Рябкин Ю.В.

Государственная акционерная холдинговая компания «Топаз»

*Розглядаються вимоги та шляхи побудови систем відображення параметрів радіолокаційних сигналів спеціальних технічних комплексів моніторингу радіоелектронного оточення з метою визначення об'єктів.*

Основной задачей специальных технических комплексов и систем мониторинга радиоэлектронной обстановки является эффективное обнаружение и сопровождение объектов радиоизлучений, а также идентификация (распознавание) в реальном масштабе времени типов излучающих объектов по определяющим информативным параметрам их радиоизлучений.

Для создания современных систем обнаружения и мониторинга радиоэлектронной обстановки проблема идентификации объектов радиоизлучений является весьма важной и требует разработки специализированных информационных систем, которые должны работать в составе радиолокационных комплексов (РЛК) и, используя информацию радиолокационных станций (РЛС), поддерживать визуализацию в реальном времени основных информативных комплексных параметров и характеристик источников радиоизлучений, а также их идентификацию на основе анализа имеющейся базы данных типовых характеристик известных источников (рис.1).

К числу параметров радиоизлучения, которые могут быть использованы для идентификации объектов радиоизлучений, можно отнести частотные, временные и частотно-временные параметры. Необходимо отметить, что существенной особенностью информативных параметров излучений рассматриваемых источников зачастую является их высокая изменчивость (вызвана необходимостью обеспечить повышенную помехозащищенность). Параметры излучений многих источников радиоизлучений могут изменяться сложным образом не только от одной зондирующей посылки к другой, но и внутри одной посылки. Используется так же

традиционный метод противодействия помехам - изменение частотных параметров излучений при обнаружении помех.

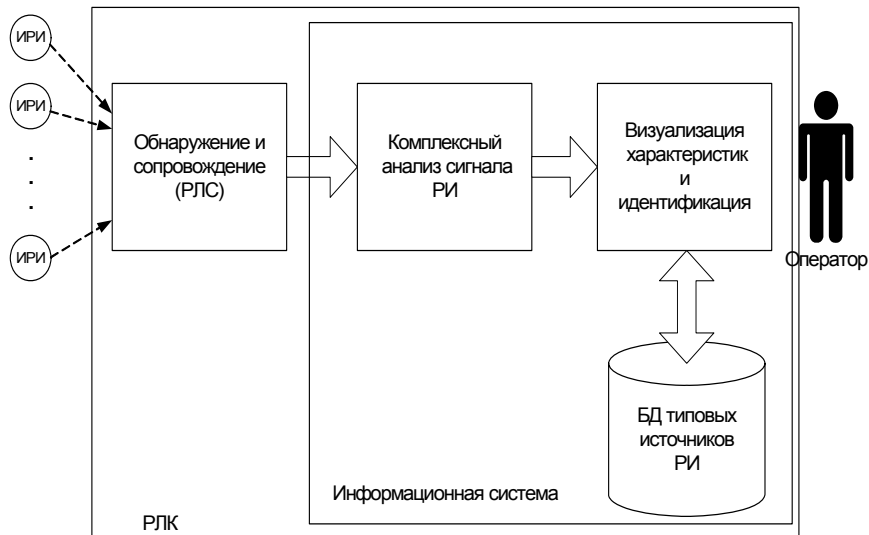


Рис. 1. Структура РЛК с ИС идентификации

Анализ информативных параметров радиоизлучения различных источников позволяет установить следующие обобщенные значения основных характеристик источников РИ.

1. Частоты радиоизлучения лежат в пределах 400 мГц - 40 гГц. Область частот, используемая для выбора частоты несущего колебания, определяется задачами, решаемыми РЛС в составе технических средств. Нижний предел частоты соответствует решению задач дальнего обнаружения, среднюю область указанного диапазона занимают излучения РЛС обнаружения и сопровождения целей (а также метеорологических РЛС), верхний предел используется РЛС наведения и управления. РЛС одного типа могут производиться с различными значениями частот несущих колебаний. Диапазон оперативной перестройки частоты станции может составлять (5 - 10)%. Количество дискретных значений частоты несущего колебания используемых при перестройке составляет от единиц до десятков. Большинство РЛС используют сложные многочастотные радиоизлучения, в некоторых используется линейная частотная модуляция, коммутация фазы несущего колебания. Указанное обстоятельство усложняет задачу идентификации при использовании только частотного признака.

2. Диапазон частот следования импульсов радиочастотного излучения составляет (20 Гц – 35000 кГц). У большинства анализируемых источников частота следования импульсов переменная и может изменяться по закону, задаваемому от управляющей ЭВМ, в том числе и по случайному закону. Количество возможных значений частот следования импульсов при дискретной перестройке может составлять единицы и десятки.

3. Длительность импульсов радиоизлучения для различных источников лежит в пределах (0,0025 – 410) мкс. Для большинства РЛС эта величина составляет единицы микросекунд.

Анализ всех рассмотренных источников радиоизлучений — самолетные РЛС, РЛС наземных служб, а также РЛС, расположенных на кораблях, позволяет сделать вывод, что для повышения эффективности и достоверности идентификации типов отслеживаемых источников радиоизлучений, оператору станции (системы) должны отображаться следующие характеристики и параметры источников:

- частотно-временное распределение сигнала на основе его спектрального анализа;
- частота следования импульсов;
- длительность импульсов;
- средняя, минимальная, максимальная и мгновенная частота заполнения импульса (для заданного интервала внутри импульса);
- девиация частоты;
- данные о наиболее близких по своим характеристикам радиоизлучения объектах.

Для исследования методов визуализации разработан набор тестовых сигналов РЛС, созданный на основе анализа сигналов типовых РЛС. При этом учитываются сигналы РЛС, зондирующие послышки которых не сводятся к импульсу с монохроматическим заполнением, что дает основание на получение дополнительной информации об источниках излучения по результатам анализа тонкой спектральной структуры и, в частности, текущих спектров зондирующих посылок.

Визуализация больших массивов данных и, в том числе, многомерных сигналов относится к разделу компьютерной графики, получившей название «научная визуализация» [1 – 5]. Визуализация сигналов в реальном времени требует особых подходов [6]. Укрупненную структуру программного комплекса визуализации информативных параметров источников радиоизлучения можно представить следующим образом (рис. 2).

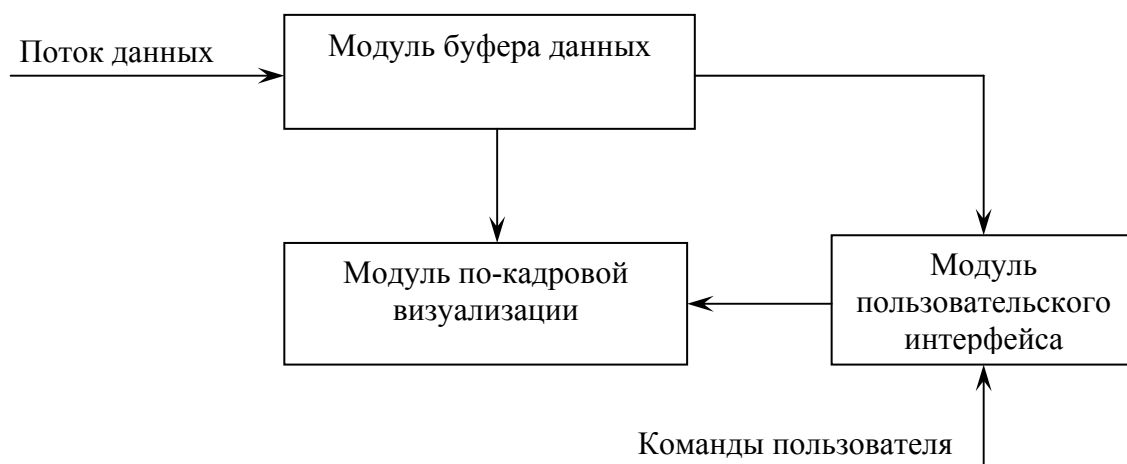


Рис. 2. Укрупненная структура программного комплекса

Информационная система визуализации и идентификации сигналов должна осуществлять:

- последовательную процедуру получения и анализа характеристик источника РИ, включая: получение и уточнение в реальном времени описанных выше параметров наблюдаемых сигналов источников и получение (вычисление) комплексных оценок и характеристик по результатам наблюдения.
- накопление в Базе данных информативных комплексных оценок и характеристик сигнала источника РИ.
- Количественно - частотно-временную визуализацию информативных характеристик и параметров сигнала источника РИ.
- экспертную идентификацию на этой основе источника радиоизлучений.

Исходные данные для системы визуализации комплексно частотно-временных характеристик представляются в виде потока данных, состоящего из временных срезов комплексных частотно-временных характеристик сигнала, полученных с помощью БПФ. В процессе визуализации формируются кадры, последовательно выводимые на экран. Для формирования кадра системой визуализации используется ряд срезов частотных характеристик, в который входят срез, соответствующий текущему моменту времени, и определенное количество срезов, ему предшествующих (см. рис.3). Количество срезов, используемых для формирования кадра, задается соответствующим параметром. Таким образом, в процессе

визуализации применяется “окно”, которое движется по потоку данных.

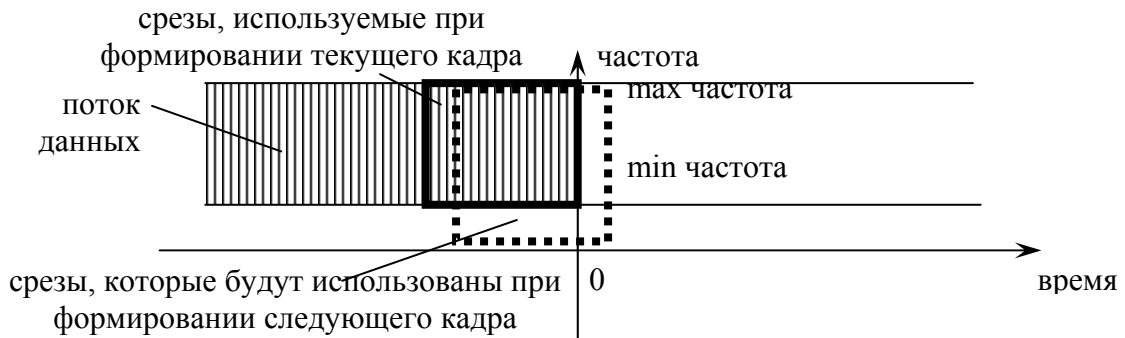


Рис. 3 Схема отбора срезов, используемых при формировании кадра

Общая схема алгоритма расчета и визуализации частотно-временных распределений приведена ниже.

<b>Шаг 1:</b>	Считать из потока данных в буфер “окна” данные, соответствующие текущему моменту времени
<b>Шаг 2:</b>	Рассчитать значения агрегатных функций по прямоугольным окрестностям определенных элементов матрицы “окна”
<b>Шаг 3:</b>	Сформировать кадр из соответствующих рассчитанным значениям визуальных элементов
<b>Шаг 4:</b>	Вывести сформированный кадр на экран
<b>Шаг 5:</b>	Повторить шаги 1 – 5

Система поддерживает два режима визуализации

- режим визуализации в виде поля цветности
- режим геометрической визуализации

При выполнении визуализации частотно временных распределений в виде поля цветности в области визуализации выводится цветовая матрица, ячейки которой имеют прямоугольную форму. Столбцы цветовой матрицы соответствуют различным частотам, строки – различным моментам времени, ячейки – агрегированным значениям элементов матрицы “окна”, например, рис. 4.

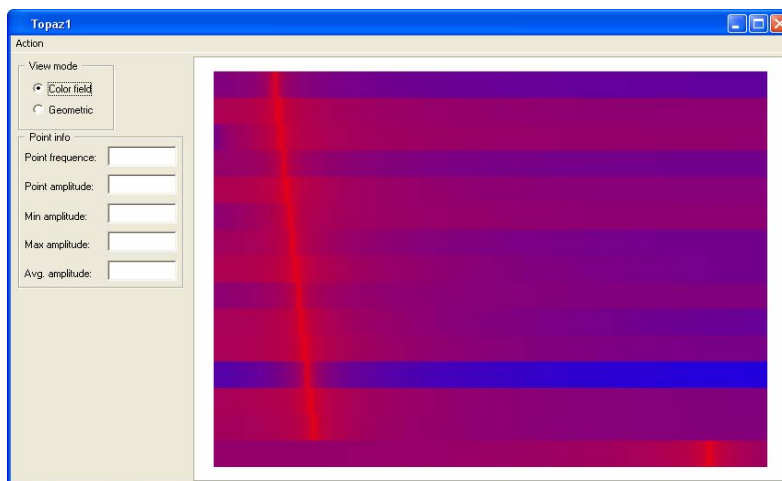


Рис. 4. Окно системы в режиме визуализации в виде поля цветности (визуализация тестового сигнала №1)

В режиме геометрической визуализации частотно временные распределения представляются в виде трехмерной поверхности. В области визуализации выводится косоугольная проекция полученной поверхности на плоскость (рис. 5).

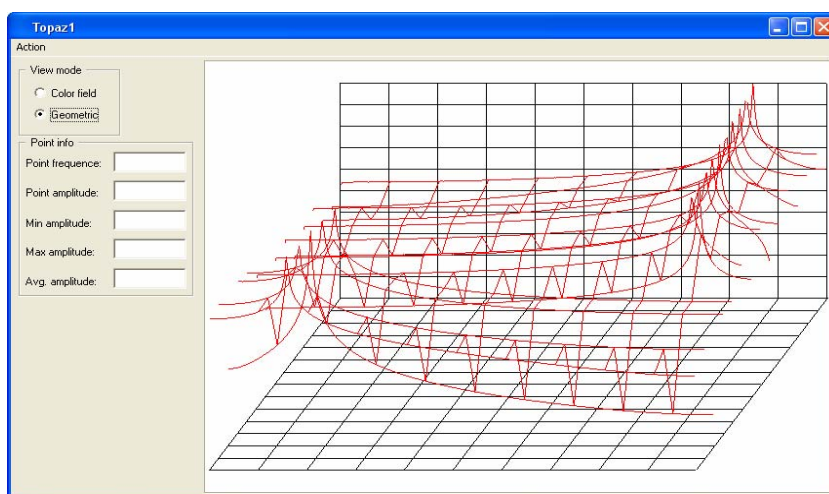


Рис. 5 Окно системы в режиме геометрической визуализации

Для улучшения зрительного восприятия результатов проецирования в области визуализации выводятся прямоугольные сетки в плоскостях времени-частоты (для амплитуды, равной 0) и времени-амплитуды (для времени наиболее старого из находящихся в “окне” срезов). Количество образующих линий сетки задается вдоль каждой координатной оси соответствующим параметром.

В режиме геометрической визуализации предлагаются два варианта представления проекции поверхности частотно

временных распределений. В первом варианте проекция поверхности представляется в виде сетки, образованной кривыми. Во втором варианте представления проекция поверхности частотно-временных распределений отображается в виде набора плоских сплошных фигур.

В режиме геометрической визуализации курсор в области визуализации отображается пересекающимися линиями в плоскости времени-частоты для значения амплитуды, равного 0, которые указывают выбранные значения времени и частоты. Также курсор образуется отрезком прямой, исходящим из точки пересечения данных линий и параллельным оси амплитуды, длина отрезка соответствует величине амплитуды для выбранных значений времени и частоты. Данная форма курсора применяется в обоих вариантах представления проекции поверхности.

Проведено испытание работы программной системы для различных типов тестовых имитационных сигналов, подтвердившее работоспособность системы и правильность предложенных идей. По результатам проведенных экспериментов прототипа системы визуализации можно сделать следующие выводы:

- способы визуализации в виде поля цветности и геометрической визуализации способны обеспечить отображение реальных объемов информации на экране в течение времени, достаточного для восприятия оператором;
- при визуализации в виде поля цветности возможно различить относительно большее по сравнению с геометрической визуализацией количество отсчетов по времени;
- при геометрическом способе визуализации относительно лучше по сравнению с визуализацией в виде поля цветности удается оценить форма каждого отдельного отсчета по времени;
- средства указания отдельного элемента изображения позволяют получать точные числовые значения характеристик соответствующих частей потока данных.

#### **Литература:**

1. Bao P., Gourley D. Real-time rendering of 3-D scenes using subband 3-D warping.- IEEE Transactions on Multimedia, 2004, Vol.6, #6.- p: 786- 790;
2. Lee J.Y.B. Staggered push - a linearly scalable architecture for push-based parallel video servers.- IEEE Transactions on Multimedia, 2002, Vol. 4, #4.- p: 423- 433

3. Wald I., Friedrich H., Marmitt G., Slusallek P., Seidel H.-P. Faster Isosurface Ray Tracing Using Implicit KD-Trees Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on 2005 Vol. 11, #5, p: 562- 572
4. Krivanek J., Gautron P., Pattanaik S., Bouatouch K. Radiance caching for efficient global illumination computation. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics.- 2005, Vol. 11, #5, p: 550-561.
5. Зенков А.И. Реализация модульного подхода при построении унифицированной системы научной визуализации.- Сборник трудов научной международной конференции по компьютерной графике и анимации “Графикон-2002”, г. Нижний Новгород, 2002.
6. Zibarov A., Babayev D., Mironov A., Komarov I., Konstantinov P. Main Features of the ScientificVR Visualization Package.- Сборник трудов научной международной конференции по компьютерной графике и анимации “Графикон-2002”, г. Нижний Новгород, 2002.