

Реконструкция пространственных изображений в комплексах моделирования специальных средств технического зрения

Борис Левин, Валерий Ли, Александр Педошенко, Андрей Сидоров, Владимир Шаповал
Таганрогский государственный радиотехнический университет Таганрог, Россия

Аннотация

Излагается новый подход в компьютерном моделировании и визуализации специальных каналов технического зрения на примере программной модели радиолокационной системы (РЛС). Основная цель разработки - исследование возможностей технологии реконструкции пространственных сцен, статических и динамических объектов на основе информации, полученной от двумерной сканирующей антенной системы.

Основное назначение - использование для визуализации моделируемой виртуальной среды в комплексах моделирования каналов технического зрения, таких как лазерные сканирующие локаторы (лидары), радиолокационные фазированные антенные решетки, телевизоры, гидролокаторы кругового и бокового обзора.

Исследования проводились на основе разработанной компьютерной модели РЛС, функционирующей в виртуальной среде. Объекты виртуальной среды синтезировались с помощью специального редактора пространственных объектов и сцен. Реконструкция пространственных изображений осуществлялась по разработанным авторами алгоритмам экспертной оценки двумерных пиксельных локационных образов. Эти образы содержат информацию о позиции и ориентации сканируемых объектов, а также об их физических параметрах в виде цветовой гаммы. Формируемое в результате моделирования и реконструкции пространственное изображение позволяет исследователю представить визуальное изображение сцены, близкое к обычному оптическому восприятию.

Ключевые слова: моделирование, визуализация, системы технического зрения, сканирующие лазерные локаторы, реконструкция пространственных сцен.

1. ВВЕДЕНИЕ

В процессе проектирования, исследования и отработки сложных систем управления, основанных на использовании каналов технического зрения, часто используются их программные имитаторы и модели. Имитаторы и модели каналов технического зрения могут применяться также для целей проектирования

систем технического зрения, синтеза и анализа алгоритмов обработки изображений, отладки аппаратно-программных средств систем управления движением объектов - самолетов, космических аппаратов, автономных мобильных робототехнических комплексов, подводных аппаратов и др.

При визуализации результатов моделирования возникает задача синтеза виртуального пространственного изображения окружающей обстановки, формируемого специальными каналами технического зрения. Пространственное виртуальное изображение наиболее наглядно, информативно и удобно исследователю. Синтез виртуального пространственного изображения осуществляется с использованием специфических физических моделей технических устройств, среды распространения сигналов и свойств объектов сцены. Формирование такого изображения осуществляется на основе моделирования отраженных от объектов и поверхностей сигналов, является нетривиальной задачей и связано с реконструкцией пространственных образов с учетом сложных физических процессов в каналах технического зрения.

В работе рассматривается подход и реализация задачи "квазиоптической" реконструкции пространственного изображения сложных объектов и динамических сцен на примере модели радиолокационной системы.

2. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Визуализация виртуального пространственного изображения сложных объектов и динамических сцен осуществляется путем реконструкции пространственного изображения сцены на основе моделирования отраженных от объектов и поверхностей локационных сигналов. Программная система включает две связанные части, которые могут функционировать как отдельно, так и одновременно. На рис.1 приведена укрупненная структура комплекса моделирования РЛС и реконструкции пространственного изображения радиолокационных данных.

Moscow, September 7-11 247

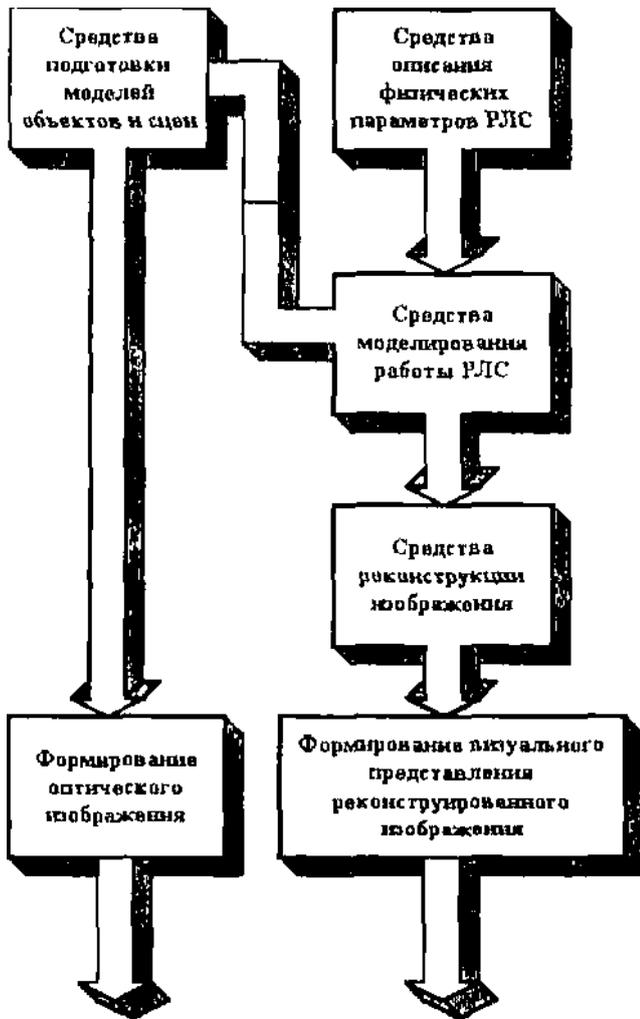
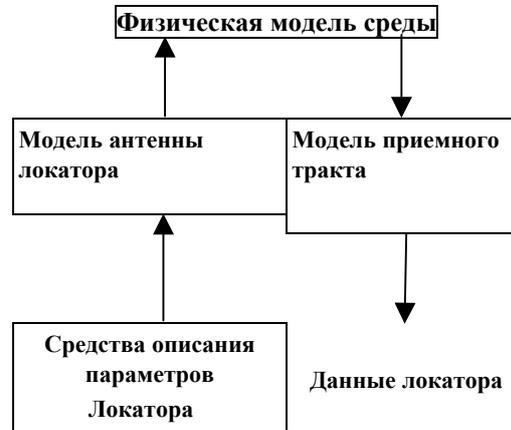
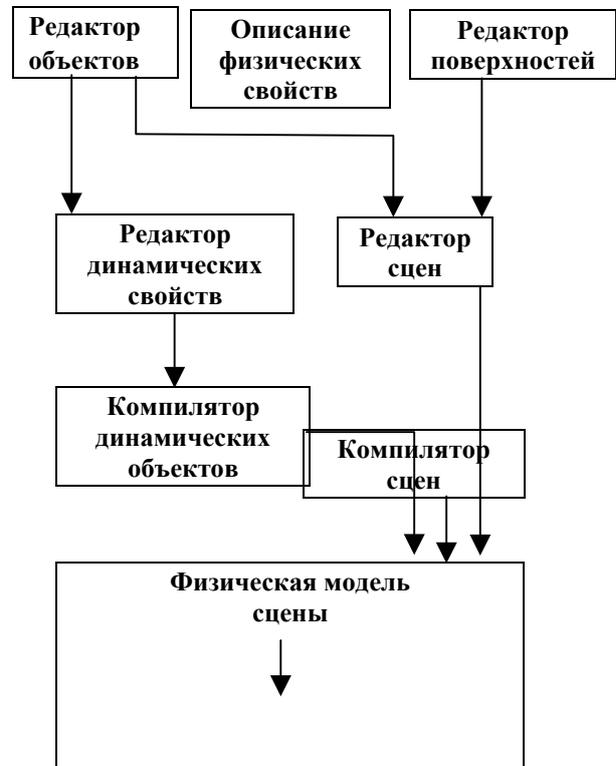


Рис.1. Структурная схема комплекса

Первая часть системы включает в себя подсистему построения и моделирования поверхностей и объектов (окружающей среды) с учетом некоторых специфических особенностей (таких как коэффициенты рассеивания сигнала, прозрачности и т.п.), а также методы описания траектории и характера движения объекта на заданном участке среды. Ядром этой подсистемы является модуль имитации функционирования локатора, который управляется посредством блока описания, включающего в себя модуль описания физических параметров локатора (скорость распространения луча, коэффициент преломления и затухания, ширина луча, угол расхождения), и алгоритмом сканирования, определяющим порядок движения луча при сканировании окружающей среды. Таким образом, удается добиться относительно независимости от принципа функционирования моделируемой локационной системы и, следовательно, становится

возможным моделировать широкий диапазон локационных систем.

Структура подсистемы построения и моделирования поверхностей и объектов приведена на рис.2,



Модуль имитации функционирования РЛС

Рис.2. Подсистема моделирования поверхностей и объектов

Функционирование подсистемы позволяет получить данные, снимаемые с выходов

моделируемого устройства, которые могут быть сохранены в файлах для дальнейшего использования или в реальном времени поступать на вход подсистемы визуализации и обработки.

Вычислительные принципы, положенные в основу синтеза локационного изображения:

- √ результирующее изображение разбивается на составные части в зависимости от параметров, заданных в управляющем файле для локатора, причем размеры и количество указанных частей может изменяться;
- √ геометрические размеры каждой части определяются размерами текущего кадра и ограничениями, накладываемыми операцией отсечения;
- √ количество частей определяется количеством кадров, размещаемых в полном экране локатора по вертикали и горизонтали, угловыми величинами сканирования по вертикали и горизонтали, шагом перемещения антенны по вертикали и горизонтали;
- √ каждое изображение строится традиционным рендерингом (определение порядка вывода, анализ попадания в зону видимости, отсечение), при этом, границы отсечения обуславливают следующие параметры:
 - масштабы преобразования метрических координат в координаты экрана монитора;
 - углы расходимости излучаемого антенной луча; размеры экрана монитора в дециметрах и пикселах;
 - фокусное расстояние;
 - границы области по которой происходит отсечение проекции местности экран монитора в экранных координатах.

Цвет для отображения всего, или части текущего полигона • есть функция дальности до конкретной точки полигона, и определяется следующими характеристиками:

- √ результирующий коэффициент ослабления цвета, включающий прозрачность среды, в которой происходит моделирование;
- √ коэффициент учета направления нормали полигона относительно антенны локатора;
- √ коэффициент радиопрозрачности для полигона;
- √ приращение цвета на одну точку смещения по оси X, в экранных координатах;
- √ цвет, используемый для кодировки дальности до объекта;
- √ дальности до крайних точек отображаемой прямой;

- √ порядковый номер точки, при движении по линии сканирования.

После завершения построения изображения одного кадра оно перезаписывается в виртуальный экран для последующей обработки. Место, куда записывается кадр, определяется:

- * параметрами смещения в виртуальном экране по горизонтали и вертикали соответственно, начиная с которых необходимо записать сформированный кадр;
- * текущим количеством уже сформированных кадров по горизонтали и вертикали;
- * размерами кадра по горизонтали и вертикали.

Далее выполняется проверка на прохождение различных внешних событий (изменение координат и ориентации самой РЛС),

Подобным образом в виртуальном экране строится полное изображение. Дальнейшая обработка его заключается в определении результирующего цвета для каждого из кадров, которым они и будут окончательно отображаться -

Вторая часть системы предназначена для реконструкции поверхности (окружающей среды) и ее пространственного отображения, для более наглядного восприятия ее оператором.

Поступающие от подсистемы моделирования локатора сигналы представляют собой отсчеты, несущие информацию о пространственных углах сканирования, дистанции до поверхностей объектов, отразивших сигналы, и характере (коэффициенте) отражения. Это позволяет представить набор таких сигналов как нерегулярную пространственную решетку, на которую может быть наложена огибающая поверхность. Различие в коэффициенте отражения сигнала может быть передано цветотекстурными характеристиками. Использование в системе отображения цветовых режимов HighColor или TrueColor не обеспечивает существенного повышения информативности в связи с ограниченным динамическим диапазоном систем вторичной обработки информации. Синтезированная модель подвергается стандартным процедурам визуализации пространственных объектов, что позволяет строить ее отображения под любыми ракурсами и отображать положение источника сигнала (локатора).

Структура подсистемы реконструкции поверхности и ее пространственного отображения приведена на рис. 3.



- для второго подхода выполняется преобразование элемента кадра в одну точку соответствующего цвета. Затем применяется триангуляция точечного множества и формируется конечно-элементная модель изображения. Для данной модели каждый полигон порождается тремя точками и, естественно, становятся возможными разрывы между отдельными кластерами, что может привести к искажению реконструированной формы объекта.

3.РЕЗУЛЬТАТЫ

Ниже представлены примеры изображений, полученных при помощи указанных методов. На рис. 4 приведен эталонный объект, состоящий из 280 полигонов, с различными физическими характеристиками. На рис.5 изображена реконструированная пространственная модель, полученная по методу кубических кластеров, на рис.6 – по методу триангуляции.



Рис.3. Подсистема реконструкции

Для отображения информации, получаемой от локационного имитатора разработаны два геометрически отличных подхода, а именно:

- для первого подхода выполняется имитация уменьшения шага по вертикали и горизонтали, а также уменьшения угла расходимости луча, при сохранении угловых размеров пространства сканирования. Таким образом реконструкция элемента кадра выполняется не в одну точку, а, например, в кубический элемент, при этом цвет этого куба формируется интегрированно, в зависимости от значения таких параметров, как дистанция до объекта, текущие коэффициенты перспективного проецирования и матриц трансформаций элементов-полигонов и т.д.. При этом, размеры граней куба также варьируются в зависимости от текущего номера цвета на экране. Фактически каждый куб принимается за отдельный кластер, состоящий из шести полигонов;

Рис.4. Эталонный объект



Рис.5. Реконструкция по методу кубических кластеров

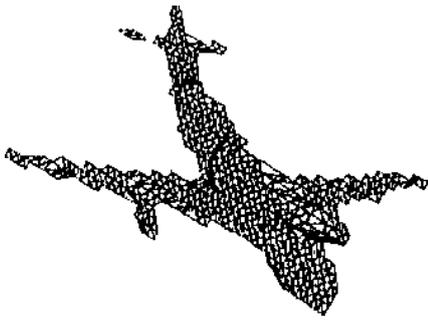


Рис.6. Реконструкция по методу триангуляции

В результате исследований и испытаний предложенной модели были выявлены следующие пределы достижения адекватности и реалистичности реконструированных изображений кадров локационной модели. При шаге сканирования 0.2 град. и углах сканирования: 5-0 град. по вертикали, 9.0 град. по горизонтали, на дистанции 100-кратной длины объекта приемлемое изображение может быть получено, если реконструированный объект будет повернут (по крайней мере по двум углам, например, по курсу и тангажу) на углы не более 15 град. Приведенные на рис.5 и рис.6 реконструированные изображения соответствуют поворотам на 10 град. по курсу и по тангажу относительно эталонного кадра объекта.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новый подход в визуализации локационных сигналов позволяет отобразить рельеф окружающей поверхности и объектов в реалистичном виде, наиболее легко воспринимаемом оператором, и, тем самым, облегчает решение исследовательских и практических задач.

Разработанная технология реконструкции пространственных изображений обладает универсальными возможностями, базирующимися на принципах физической оптики и классической теории антенных систем. Исследованные варианты сценариев визуализации (для рассмотренных способов полигонального формирования поверхностей реконструируемых изображений) позволяют с высокой степенью достоверности гарантировать решение задач идентификации объектов практически неограниченной геометрической информативности. Предлагаемая программная система может быть использована для моделирования широкого класса локационных систем.

5. ЛИТЕРАТУРА

I. V. Zakharevitch, I. Surzhenko, V. Shapoval, Tools for the research on operators behavior in virtual environment. SPIE. Vol.3367. Modeling and Simulating Sensory Response for Real and Virtual Environments (John D. Illgen), Orlando, 1998.

Авторы:

Борис Левин ассистент Таганрогского государственного радиотехнического университета.

Адрес: Таганрог, 347900, ул. Ленина, 81, т. (863-44) 692-56, E-mail: b.lewin@techno.taganrog.ru

Валерий Ли к.т.н., доцент Таганрогского государственного радиотехнического университета.

Адрес: Таганрог, 347900, ул. Ленина, 81, т. (863-44) 692-56, E-mail: livg@techno.taganrog.ru

Александр Педошенко начальник сектора Таганрогского государственного радиотехнического университета.

Адрес: Таганрог, 347900, ул. Ленина, 81, т. (863-44) 692-56, E-mail: pam@techno.taganrog.ru

Андрей Сидоров ведущий программист Таганрогского государственного радиотехнического университета.

Адрес: Таганрог, 347900, ул. Ленина, 81, т. (863-44) 692-56, E-mail: sidorov@techno.taganrog.ru

Владимир Шаповал к.т.н., начальник сектора Таганрогского государственного радиотехнического университета.

Адрес: Таганрог, 347900, ул. Ленина, 81, т. (863-44) 692-56, E-mail: shapoval@techno.taganrog.ru

Spatial Images Reconstruction in Systems of Computer Vision Special Facilities Simulation

In this paper we offer a new approach to computer simulation and computer vision special channels visualization using an example of radar system software model. The main purpose of the given work is to investigate technological features of spatial scenes reconstruction according to 2D pixel results of scene scanning and to apply them in computer vision channels simulation systems, such as laser radars, infrared radars and sonars for simulated processes visualization.

The investigations were carried out on the base of developed radar system computer model functioning in virtual environment. Virtual environment objects are synthesized with the help of special editor of spatial objects and scenes. Spatial images reconstruction is carried out using expert evaluation algorithms of 2D pixel radar

images developed by the authors. These images contain information of position and orientation of objects being scanned as well as information of their physical parameters in the form of color range. The spatial image formed as a result of simulation and reconstruction allows the investigator to get scene visual image close to usual perception.

Keywords: simulation, visualization, computer vision systems, scanning laser radars, spatial scenes reconstruction.

Authors:

Boris I. Levin the assistant of Taganrog State University of Radio Engineering.

Address: 81, Lenin street, Taganrog, 347928, Russia

E-mail: b.levin@techno.taganrog.ru

Valeriy G. Li, senior lecturer of Taganrog State University of Radio Engineering.

Address: 81, Lenin street, Taganrog, 347928, Russia

E-mail: livg@techno.taganrog.ru

Alexander M. Pedoshenko, chief of programmers group of Taganrog State University of Radio Engineering.

Address: Lenin street, Taganrog, 347928, Russia

E-mail: pam@techno.taganrog.ru

Vladimir G. Shapoval, Laboratory Head of Taganrog State University of Radio Engineering.

Address: 81, Lenin street, Taganrog, 347928, Russia

E-mail: shapoval@techno.taganrog.ru

Andrey N. Sidorov, leading programmer of Taganrog State University of Radio Engineering.

Address: 81, Lenin street, Taganrog, 347928, Russia

E-mail: sidorov@techno.taganrog.ru
