

А. С. Кудрявцев

## СИСТЕМА ОТОБРАЖЕНИЯ И НАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА

Представлена система отображения и наблюдения в трехмерном виде пространственных сцен для тренажеров подводных аппаратов. Приведены основные возможности реализованной системы. Описывается одна из особенностей системы — наличие трех видов отображения подводной обстановки: трехмерный вид, приближенный к реальности; трехмерный вид, направленный на информативность представления; вид, аналогичный морской карте. Рассмотрены основы архитектуры системы отображения и наблюдения, построенной на иерархическом принципе.

*Ключевые слова:* система отображения и наблюдения, компьютерная графика, тренажер, подводный аппарат.

**Введение.** Безопасность и эффективность выполнения различных морских работ (поиск и обследование объектов на донной поверхности, проведение аварийно-спасательных операций, мониторинг шельфа) напрямую зависят от уровня подготовки операторов корабельных технических систем. Тренажерные комплексы (ТК) для выработки навыков управления сложными техническими устройствами в настоящее время получили широкое распространение. Это произошло во многом благодаря развитию вычислительной техники.

Увеличение производительности компьютеров позволяет синтезировать изображение трехмерной сцены в режиме реального времени. В связи с этим появилась возможность в

состав тренажерного комплекса включать систему отображения и наблюдения (СОН). С помощью СОН на мониторе компьютера отображается подводная сцена тренажерного комплекса в трехмерном виде. Это позволяет руководителю занятий отслеживать действия обучаемого экипажа. При разборе действий обучаемого экипажа будет полезен просмотр записи проведенных учений.

**Система отображения и наблюдения подводной сцены.** Идея создания СОН пространственной подводной сцены основывается на возможности получения координат всех объектов сцены в процессе учений или тренировочных занятий в режиме реального времени.

Размеры тренировочной акватории (100×100 км) ограничены, хотя они могут быть определены и изменены в процессе настройки системы. Рельеф дна и характер грунта могут быть заданы произвольно или соответствовать конкретному региону плавания. Основной профиль грунта задается опорными точками. Дополнительно можно модифицировать рельеф, добавляя холмы и впадины.

Карта-схема (рис. 1) обеспечивает возможность отображения всей подводной сцены в плане. При этом объекты представлены в виде пиктограмм. (За счет возможности активизации объектов СОН подводной сцены и введения соответствующих пиктограмм система позволяет выбирать объект и по названию в списке, и по пиктограмме.)

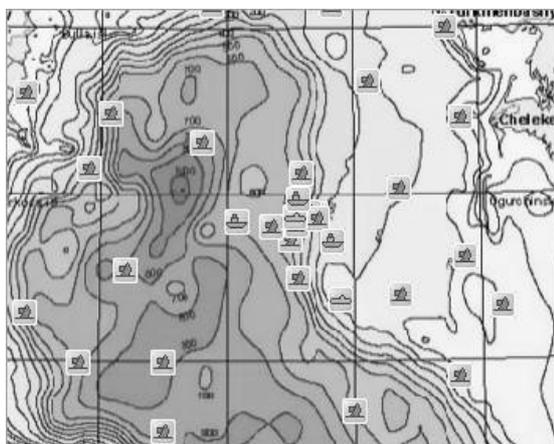


Рис. 1

В окне 3D-вида (рис. 2) отображается пространственная сцена, приближенная к реальному изображению. Можно в интерактивном режиме перемещать камеру над поверхностью тренировочной акватории, помещать в водную среду, задавать ориентацию и выбирать требуемый масштаб изображения.



Рис. 2

Использование соты (рис. 3) как некоторого ограниченного пространства, заданного условиями и задачами наблюдения, позволяет в произвольном масштабе отображать статиче-

ские и динамические объекты по отдельности и во взаимодействии. В пространстве соты осуществляется измерение отстояний объектов от дна и от поверхности водной среды, отображается взаимное расположение объектов и представляется возможность наблюдения объектов с большой степенью детализации с произвольной точки. За счет этого решается проблема большого динамического диапазона объектов в сцене и происходит слежение за перемещаемым объектом.

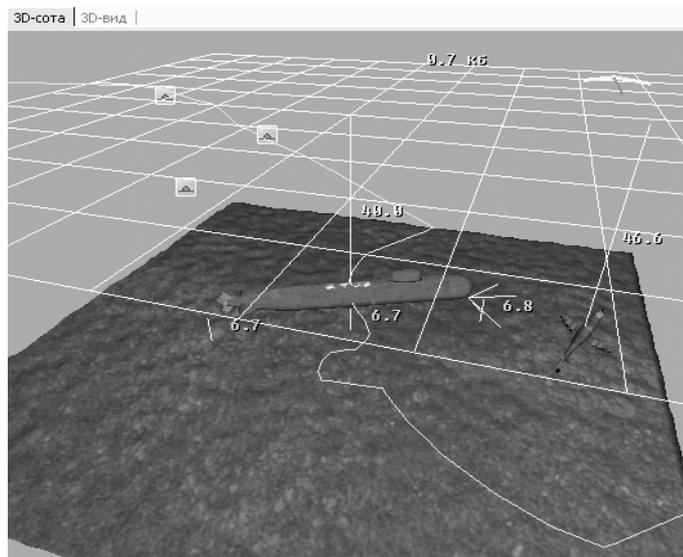


Рис. 3

При выборе фрагментов визуализации для удобства пользователя камеры отображаются с пирамидой видимости. Навигация в окне общего вида, в соте, на карте синхронизирована, что обеспечивает гибкость в работе с СОН подводной сцены и возможность ее полномасштабного представления.

Обеспечение полной спецификации объектов существенно расширяет информативность СОН подводной сцены.

**Архитектура системы.** СОН имеет дело с множеством достаточно сложных объектов. Возникает два вопроса: как описывать объекты и как представлять множество таких объектов. Основные графические API, т.е. ее графические интерфейсы (OpenGL, DirectX), предоставляют минимум основных примитивов (точки, линии, треугольники), позволяя самостоятельно конструировать из них более сложные объекты. Можно рассматривать объекты из базового набора как сущности, из которых строится модель.

Для отображения сцены программа должна иметь ее описание. Если такое описание неструктурировано и представляет собой простой массив элементов, описывающих геометрические примитивы, то затрудняется применение методов повышения эффективности отображения, например кэширования (буферизации), а также усложняется поиск объектов. Поэтому современные системы включают средства структуризации сцены. Наиболее простым и естественным принципом структуризации является иерархический, при котором отдельные примитивы, имеющие пространственную или функциональную близость, образуют группы, в свою очередь объединяющиеся в группы более высокого уровня и т.д. [1]. Применение иерархического принципа структуризации сцены восходит к графическому стандарту PHIGS. Этот же принцип был положен в основу графических библиотек Open Inventor [2] и Java3D [3]. На этом же принципе построена СОН. Иерархическая сцена представлена в виде графа — дерева, терминальные узлы (листья) которого — объекты, описывающие геометрические примитивы и устанавливающие режимы отображения примитивов. Кроме того, в граф включаются объекты, задающие общие условия отображения (камера и источники света).

Описанная в графе сцена отображается на экран средствами пакета OpenGL, применяемого к графу сцены. Отображение сцены сводится к обходу графа в соответствии с иерархией (от корня к листьям). С этой точки зрения граф сцены можно трактовать как непроцедурное представление программы на OpenGL, а его обход при отображении — как выполнение этой программы.

Граф сцены составляет базу данных сцены. Порядок наполнения базы данных может быть произвольным. Ее можно наполнять „вручную“ — конструируя объекты и включая их в иерархию, а можно загружать из файла. Базу в любой момент можно редактировать: добавлять и исключать объекты, связывать их друг с другом или модифицировать. В результате визуальный образ сцены всегда соответствует состоянию базы данных, редактируя которую определенным образом, можно получить эффект анимации.

СОН содержит средства интерактивного взаимодействия, базирующиеся на структурном описании сцены и реализующие обратную связь через частичное редактирование сцены, создавая тем самым эффект анимации. С помощью этих средств пользователь может выбирать ракурс и масштаб изображения.

Следует выделить особенности СОН по сравнению с распространенными системами Open Inventor и Java3D, построенными с использованием того же иерархического принципа. В первую очередь, это возможность создания нескольких вариантов отображения. В программе реализованы три варианта (3D-вид, сота, карта, см. рис. 1—3) с помощью узлов-вилки, которые в зависимости от текущего вида выполняют обход графа, только по одной из своих веток.

Два обхода графа дают возможность разделить операции обновления и отображения сцены. Это позволяет избегать рассогласования информации (например, координат), и иметь синхронизированные данные в полях узлов на момент отображения сцены.

В отличие от универсальных библиотек Open Inventor и Java3D, СОН помимо графических примитивов имеет в своем базовом наборе специализированные узлы для подводной сцены (рельеф дна, поверхность моря, линии отстояния от дна и от поверхности моря и т.п.). Разработчик приложения может расширить предлагаемый набор, создав собственный класс объектов. При этом разработчику предоставлена возможность наследовать реализации уже существующих классов, объединять в себе несколько объектов, а также применять различные вспомогательные операции, например, поиск в графе объекта по пути, имени или его типу.

**Заключение.** Система отображения и наблюдения по своей организации универсальна и инвариантна к характеру акватории, моделируемой сцены и типам подводных аппаратов. При ее использовании в новых проектах изменения вносятся только в модели трехмерных объектов и подсистему связи с тренажерным комплексом.

Рассмотренная система отображения и наблюдения установлена в двух тренажерных комплексах и активно используется в процессе тренировки экипажей подводных аппаратов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Эйнджел Э.* Интерактивная компьютерная графика. Вводный курс на базе OpenGL. 2-е изд. М.: Вильямс, 2001. 592 с.
2. *Wernecke J.* The Inventor Mentor: Programming Object-Oriented 3D Graphics with Open Inventor, Release 2. Addison-Wesley Professional, 1994. 560 p.
3. *Selman D.* Java 3D Programming. Manning Publications, 2002. 400 p.

#### *Сведения об авторе*

*Алексей Сергеевич Кудрявцев*

— Центральный научно-исследовательский институт „Комета“, Научно-проектный центр оптоэлектронных комплексов наблюдения, Санкт-Петербург; инженер-программист; E-mail: alexey\_s\_k@mail.ru

Рекомендована кафедрой  
оптико-электронных приборов

Поступила в редакцию  
29.05.08 г.