

УДК 004.94:912.64

МУЛЬТИАГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДВОДНОЙ ОБСТАНОВКИ И ЕЁ ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

Демин А.Ю., Сорокин В.А.

Институт кибернетики Томского политехнического университета, Томск, e-mail: ad@tpu.ru

Рассмотрены программная реализация трехмерной визуализации подводной обстановки по картам высот, проблема построения реалистичных трехмерных моделей рельефа. Для построения 3D модели предложено наложение полигональной сетки вершин с заданным шагом на карту высот с последующим формированием полигонов на основе полученного массива трехмерных точек, на основании которых строится 3D модель, а также ее автоматическое текстурирование с помощью анализа высоты полигонов для увеличения реалистичности. Для моделирования поведения групп АНПА предложен набор характеристик, анализ влияния подводной среды на которые позволяет моделировать движение аппаратов под водой. Представлены результаты разработки приложения, моделирующего подводную среду с подводными аппаратами на основе мультиагентного подхода и визуализирующего их взаимодействия в виде трехмерной модели.

Ключевые слова: трехмерная визуализация, АНПА, подводная обстановка, текстурирование, мультиагентное моделирование

MULTIAGENT SIMULATION OF UNDERWATER ENVIRONMENT AND ITS THREE-DIMENSIONAL VISUALISATION

Demin A.Y., Sorokin V.A.

Institute of Cybernetics, Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: ad@tpu.ru

Will review the implementation of the three-dimensional visualization of underwater environment using height map, the problem of constructing a realistic three-dimensional terrain models. In order to construct 3D models suggested the imposition of a polygonal mesh vertices with a given step on height map with the subsequent formation of polygons based on the obtained three-dimensional array of points. Using this array is built a 3D model, as well as its automatic texturing by analyzing the height of the polygons to increase realism. To simulate the behavior of groups of AUV proposed a set of characteristics, analysis of the impact on the underwater environment that allows to simulate the movement of vehicles under water. The results of application development presented which is modeling the underwater environment with underwater vehicles based on multi-agent approach and visualize their interaction in the form of three-dimensional model.

Keywords: three-dimensional visualization, AUV, underwater environment, texturization, multiagent simulation

Компьютерное моделирование применяется во многих областях, таких как архитектура, реклама, веб-дизайн, компьютерная графика, различные обучающие симуляторы [7]. Еще недавно в геоинформационных системах, как правило, применялись двумерные пространственные данные. В интегрированной фотореалистичной информационной среде, становление которой мы сейчас наблюдаем, осуществляется переход к полноценным трехмерным данным [3, 6].

Создание новейших технических средств исследования и освоения океана невозможно без сотрудничества специалистов различных дисциплин и научных направлений. В настоящее время речь идет, в частности, о создании высокоточных, надежных робототехнических систем и комплексов, ориентированных на выполнение долговременных «интеллектуальных» миссий в неопределенной подводной среде [8].

Трехмерная визуализация подводной обстановки позволяет более наглядно изучить особенности морского дна, облегчает планирование, контроль и принятие решений во время подводных миссий. Также, на основе данных, собранных автономными необитаемыми подводными аппаратами

(АНПА), можно получить реалистичные трехмерные карты (рис. 1) [12].

Морское дно – интересный и вместе с тем труднодоступный для изучения объект. Перспективным методом исследования дна является его фотографирование с помощью АНПА [5, 10]. В настоящее время область 3D визуализации морского дна по фотоизображению малоизучена, а существующие разработки не получили должного внимания.

Данные в ГИС

Данные в ГИС описывают реальные объекты, такие как дороги, здания, водоемы, лесные массивы. Графические данные могут быть организованы различными способами. Организация данных определяется в первую очередь целью их использования, а также способом их сбора и хранения [1, 9].

Первым способом организации данных для ГИС является растровый способ, при котором дискретизация осуществляется наиболее простым способом – весь объект (исследуемая территория) отображается в пространственные ячейки, образующие регулярную сеть. Каждой ячейке растровой модели соответствует одинаковый по размерам, но разный по характеристикам

участок поверхности объекта. В ячейке модели содержится одно значение, усредняющее характеристику участка поверхности объекта [2].

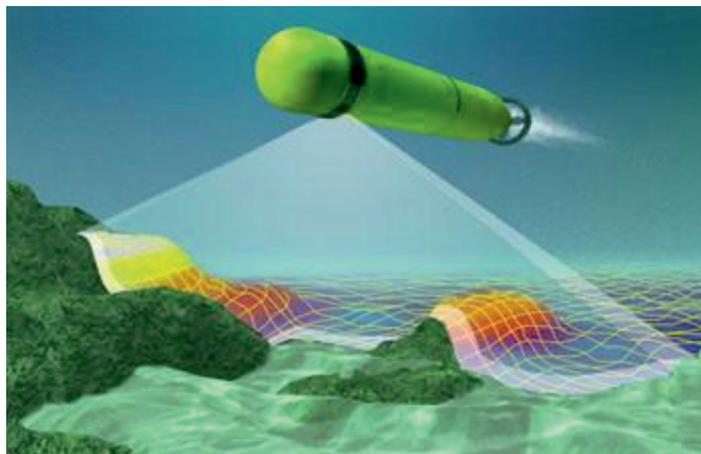


Рис. 1. Исследование морского дна АНПА с помощью гидролокатора

Растровые данные могут быть получены различными способами. Два наиболее распространенных – аэрофотосъемка и спутниковая съемка, такой способ получения данных называется дистанционным зондированием.

Основное назначение растровых моделей – непрерывное отображение поверхности. Растры являются отличным способом хранения непрерывного поля значений в виде поверхности.

А. Карты высот

Из обычных спутниковых снимков невозможно узнать высоту того или иного

места, для решения таких задач требуются цифровые модели рельефа, которые строятся на основе топографических карт, стереопар аэро- и космических снимков, данных радиолокационных съемок и т.п. [4]. Карты высот также могут быть получены АНПА в ходе исследования подводной обстановки.

Карты высот – это двумерные карты, используемые для хранения высот ландшафта. Обычно они хранятся как 8-разрядные изображения с градациями серого, где каждая точка изображения хранит высоту ландшафта в соответствующей позиции [11]. Пример карты высот представлен на рис. 2.



Рис. 2. Карта высот

Цвет каждого пикселя обозначает высоту конкретной области. Чем светлее пиксел, тем выше данная точка местности. Ис-

пользуя данные карт высот, можно строить детализированные модели реальных ландшафтов.

Создание трехмерной модели

Для построения модели на карту высот накладывается полигональная сетка вершин, а затем, значение каждой точки (пикселя) карты высот используется как высота. От шага сетки (размера блока) зависит детальность и гладкость будущей модели, так, меньшее расстояние между вершинами позволяет сгладить перепады между высотами вершин, но уменьшает размер сетки, в то время как большое расстояние между вершинами увеличивает размер сетки, но может привести к резким перепадам между высотами вершин [11]. На основании этой матрицы строится 3D модель рельефа.

В реальном мире ландшафты неоднородны по цвету, и для того, чтобы добавить 3D модели рельефа реалистичности, на них накладываются текстуры. Текстуры позволяют увеличить детализованность изображения, не добавляя в сцену дополнительную геометрию, и поэтому широко распространены в трехмерной графике. Для создания модели реального ландшафта можно использовать готовую библиотеку текстур, содержащую в себе текстуры наиболее распространенных местностей, такие как леса, поля, горная местность и т.д. При проектировании модели возможно автоматическое текстурирование ландшафта с использованием анализа высот матрицы с последующей корректировкой пользователя.

Моделирование поведения АНПА

Для моделирования поведения групп АНПА весьма подходящим представля-

ется имитационное моделирование на основе мультиагентного подхода, при котором модель состоит из большого числа объектов с автономным поведением. В этом случае состояние всей системы будет моделироваться как агрегация поведения отдельных АНПА. Таким образом, модель АНПА является интеллектуальным агентом.

Модель АНПА отражает те свойства объекта исследования, которые рассматриваются как существенные для исследования, и должна включать:

- местоположение в трехмерном пространстве;
- текущий вектор скорости;
- алгоритмы выполнения миссий;
- модель передачи данных по гетерогенным каналам связи;
- модель датчиков для обнаружения неподвижных и движущихся подводных объектов;
- модель движения.

Из этого следует необходимость реализации иерархической имитационной модели.

Вторым необходимым компонентом мультиагентной системы моделирования является среда. В качестве модели среды выступает векторное трехмерное поле, определяющее подводные течения и другие состояния среды. Модель каждого АНПА на каждой итерации взаимодействует с моделью среды, получая значения этого поля в точке нахождения подводного аппарата. Тем самым учитывается влияние среды на движение АНПА.

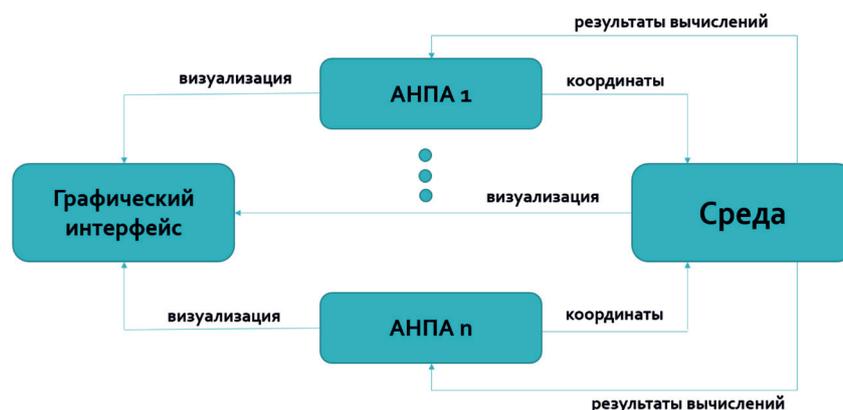


Рис. 3. Схема передачи данными между объектами классов

Кроме АНПА, по подобным законам в подводной среде могут двигаться другие объекты, обнаружение которых и является целью АНПА. Такие объекты могут выпускаться с надводных или подводных аппаратов и следовать через группировку АНПА под различными углами и с различной скоростью. Попадая в зону обнару-

жения любого АНПА, данные объекты отмечаются как обнаруженные. Целью моделирования, в таком случае, является сбор статистических данных о возможности обнаружения посторонних объектов группировкой АНПА при различных вариантах построения и при реализации различных миссий отдельных АНПА.

Программный комплекс

При создании комплекса программ применялись методы объектно ориентированного программирования, что позволило обеспечить гибкую структуру с взаимозаменяемыми компонентами. Основу комплекса составляют три класса объектов: модель АНПА, модель среды и графический интерфейс. Данные, передаваемые между объектами классов, схематично представлены на рис. 3.

При движении в среде АНПА передает свои координаты среде, которая на основе положения аппарата рассчитывает влияние внешних факторов на его движение и возвращает данные, необходимые для дальнейшей визуализации. Визуализация среды и движения АНПА осуществляется с помощью графического интерфейса.

Заключение

При выполнении данного исследования были получены следующие результаты:

- Адаптирован подход 3D представления подводной обстановки с помощью карт высот;
- Разработана программная реализация для 3D визуализации подводной обстановки;
- Начато исследование проблем мульти-агентного моделирования в данной области.

Океан изучен всего на 5%. Морское дно – интересный и вместе с тем труднодоступный для изучения объект. Перспективным методом исследования дна является его фотография с помощью АНПА, а также моделирование поведения реальных АНПА для достижения наилучших результатов в реальных условиях.

Список литературы

1. Агеев М.Д., Киселёв Л.В., Матвиенко Ю.В. Автономные подводные роботы: Системы и технологии // под общ. ред. М.Д. Агеева. – М.: Наука, 2005. – 400 с.
2. Ананьев Ю.С. Геоинформационные системы. Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 70 с.
3. Ануфриева Н.Ю., Мещеряков Р.В., Шевцова Г.А. Оценка результативности работы центра информационного обслуживания // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2012. – Т.55, № 11. – С. 63–66.
4. Асылбеков К.М. Построение изолиний высот рельефа для обновления топографических карт масштаба М 1:100 000 // Строительство, архитектура и транспорт: состояние и перспективы развития: тезисы республиканской научно-практической конференции (Астана, 13-15 мая 2011 года).
5. Векторное представление метрических данных. URL: <http://kadastrua.ru/gis-tehnologii/202-vektornoe-predstavlenie-dannykh-gis.html> (дата обращения: 09.09.14).
6. Гречишев А., Баранченко Б., Монастырев С. Трёхмерное моделирование и фотореалистичная визуализация городских территорий. URL <http://www.dataplus.ru/news/arcview/detail.php?ID=2244> (дата обращения: 01.12.14).
7. Зори С.А., Лисенко В.В. Методы синтеза реалистичных изображений рельефов и ландшафтов для параллельных вычислительных систем трёхмерной компьютерной графики. Труды IV международной научно-технической конференции «Моделирование и компьютерная графика». Донецк 5–8 октября 2011 г. С. 114–118.
8. Инзарцев А.В., Матвиенко Ю.В., Киселев Л.В. Создание интеллектуальных АНПА и проблемы интеграции научных исследований // Подводные исследования и робототехника. – 2006. – № 1. – С. 6–17.
9. Мещеряков Р.В. Использование информационных критериев для оценки иерархических диалоговых систем // Научно-

технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2009. – Т. 4, № 82. – С. 113–122.

10. Мещеряков Р.В., Охотников А.А. Система цифровой обработки радиометрических сигналов для неразрушающего контроля сложнопрофильных крупногабаритных изделий // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2009. – Т. 2. – С. 153–156.

11. Alexandre Santos Lobao «Beginning XNA 2.0 Game Programming: From Novice to Professional», New York: Apress, 2007. – 456 с.

12. AUVfest 2008: Partnership Runs Deep, Navy/NOAA. URL: http://balticseaheritage.com/name/data/group_id/148 (дата обращения: 09.09.14).

References

1. Ageev M.D., Kisel'ov L.V., Matvienko Ju.V. Avtonomnye podvodnye roboty: Sistemy i tehnologii [Autonomous Underwater Robots: Systems and Technologies] // pod obshh. red. M.D. Ageeva. M.: Nauka, 2005. 400 p.
2. Anan'ev Ju.S. Geoinformacionnye sistemy [Geographic Information Systems]. Tomsk: Izd-vo TPU, 2003. 70 p.
3. Anufrieva N.Ju., Meshherjakov R.V., Shevcova G.A. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Priborostroenie. 2012. Vol. 55, no 11. pp. 63–66.
4. Asylbekov K.M. Postroenie izolijnj vyсот rel'efa dlja obnovenija topograficheskikh kart masshtaba M 1:100 000 [Building contour elevations to update topographic maps at a scale of 1:100 000] // Stroitel'stvo, arhitektura i transport: sostojanie i perspektivy razvitiya [Construction, architecture and transport: current status and prospects of development]: tezisy respublikanskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Astana, 13–15 may 2011).
5. Vektornoe predstavlenie metriceskikh dannyh [Vector representation of metric data]. Available at: <http://kadastrua.ru/gis-tehnologii/202-vektornoe-predstavlenie-dannykh-gis.html> (accessed: 09 September 2014).
6. Grechishhev A., Baranchenko B., Monast'ryev S. Trehmerное modelirovanie i fotorealisticznaja vizualizacija gorodskih territorij. [Three-dimensional modeling and photorealistic visualization of urban areas] Available at: <http://www.dataplus.ru/news/arcview/detail.php?ID=2244> (accessed: 01 December 2014).
7. Zori S.A., Lisenko V.V. Metody sinteza realisticnyh izobrazhenij rel'efov i landshaftov dlja parallel'nyh vychislitel'nyh sistem trehmernoj komp'yuternoj grafiki [Methods of synthesis of realistic images of reliefs and landscapes for parallel computing three-dimensional computer graphics]. Trudy IV mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Modelirovanie i komp'yuternaja grafika [Modeling and Computer Graphics]». Doneck 5-8 oktjabrja 2011. pp. 114–118.
8. Inzarcev A.V., Matvienko Ju.V., Kiselev L.V. Podvodnye issledovanija i robototekhnika [Underwater research and robotics]. 2006. no 1. pp. 6–17.
9. Meshherjakov R.V. Nauchno-tehnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta. Informatika. Telekommunikacii. Upravlenie. 2009. Vol. 4, no 82. pp. 113–122.
10. Meshherjakov R.V., Ohotnikov A.A. Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravlenija i radiojelektroniki. 2009. Vol. 2. pp. 153–156.
11. Alexandre Santos Lobao «Beginning XNA 2.0 Game Programming: From Novice to Professional», New York: Apress, 2007. 456 p.
12. AUVfest 2008: Partnership Runs Deep, Navy/NOAA. Available at: http://balticseaheritage.com/name/data/group_id/148 (accessed: 09 September 2014).

Рецензенты:

Погребной В.К., д.т.н, профессор, профессор кафедры «Информатики и проектирования систем», Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск;

Мещеряков Р.В., д.т.н, профессор, профессор кафедры комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск.

Работа поступила в редакцию 16.12.2014.