

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
"Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники"

УДК 519.687.9

ГИЛЬ  
Сергей Викторович

**Трёхмерная визуализация зон видимости радиотехнических средств**

1 – 40 80 04 Математическое моделирование, численные методы и  
комплексы программ

Автореферат  
диссертации на соискание  
академической степени магистра наук

Минск 2015

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В современном мире множество построенных технических систем и комплексов требуют безупречно работающих радиотехнических средств. Пробелы в области покрытия станций обслуживания могут значительно усложнить коммуникацию использующих их устройств, поэтому важнейшим параметром радиотехнических станций можно назвать расположение, так как от него зависит зона прямой видимости. Оптимизация расположения радиотехнических станций является необходимым шагом в разработке любой сети, построенной на основе энергии радиоволн. В простейшем случае, на покрытии плоской поверхности, можно использовать простые методы для размещения станций по сотовой модели. Однако в более сложные условиях необходимо учитывать заграждающие и перекрывающие сигнал объекты с целью получения более объективной модели покрытия. В реальном мире перекрывающими объектами могут быть любые природные или искусственные структуры. Размещение базовых станций в условиях гористой местности представляется сложной задачей по причине множества заграждающих объектов в виде расщелин и хребтов, которые существуют как данность, которую необходимо учитывать в карте станций. Как и с гористым рельефом, сложности возникают в условиях городской местности, где необходимо учитывать сложную радио обстановку при проектировании информационных радиосетей. Также стоит отметить важность исследования зон покрытия радиотехнических средств самолёто- и судовождения, что включает визуализацию областей видимости в трехмерном пространстве. Современные средства самолётовождения включают различные наземные и самолётные устройства по обнаружению и контролю воздушных судов, а также наземные радиомаяки направления и посадки. Необходимость обеспечивать непрерывную работу подобной техники диктует важность систем с точки зрения обеспечения безопасности полётов пассажирской и военной авиатехники. С другой стороны, современные графические ускорители являются результатом многолетнего совершенствования процесса обработки графических примитивов цифровых моделей, в качестве которых может выступать рельеф местности. В данной работе рассмотрены возможности использования графических процессоров для расчёт областей видимости точечного источника радиосигнала.

## **Общая характеристика работы**

### **Цель и задачи исследования**

Целью данной работы было исследование возможностей визуализации зоны видимости точечного источника сигнала в трехмерном виде. Использование графического процессора открывает широкие возможности. Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ существующих методов визуализации зон видимости радиотехнических средств
2. Провести анализ существующих типов радиотехнических средств и их характеристик.
3. Предложить методы и модели расчёта перекрывающихся объектов в достижимой области
4. Провести анализ методов построения каркаса области видимости и определить их применимость для данной задачи.
5. Провести исследование производительности выбранных решений с целью оптимизации скорости работы использующих их приложений.
6. Определить достижимые эффекты использования трёхмерной визуализации зон видимости.

### **Научная новизна**

Выполненные в работе исследования позволили получить совокупность новых знаний:

- разработана модель трансформаций цифровой модели для последующего выделения сечения местности в заданном направлении в виде численной агрегации интерполируемых функций.
- разработаны принципы использования внутренних буферов графического адаптера для теста видимости заданной точки посредством построения текстур, представляющих собой карту глубины из заданной точки;
- разработаны методы попиксельного сканирования глубины сцены с целью выделения пересечения лучей камеры и точки расположения радиотехнического устройства;
- разработаны методы экструдирования поверхности на основании буфера глубины графического процессора с целью получения сеточного каркаса области видимости;

– предложены методы разделения трёхмерной сцены на слои с целью увеличения возможностей по визуализации сложных пересекающихся зон видимости;

– предложены дополнительные возможности использования визуализации зоны видимости для создания эффектов объёмного освещения в непрозрачной среде при минимальном влиянии на производительность решения.

### **Положения, выносимые на защиту**

– Модель построения цифровой модели местности на основании карты высот, вычисляемой карты нормалей с возможным использованием тесселяции;

– Модель трансформаций цифровой модели с последующим выделением пересекающих секущей заданного направления плоскости элементов цифровой модели;

– Метод использования буфера глубины для теста видимости точек на местности; методы экструдирования плоскости по карте глубины в заданном направлении

– Методология визуализации эффекта объёмного света, предусматривающего распространение лучей в полупрозрачной воздушной среде и рассеивание некоторого их количества в различных направлениях;

### **Личный вклад соискателя**

Все результаты и положения, выносимые на защиту, получены автором лично. Научный руководитель принимал участие в постановке задач, определении возможных путей их решения, в предварительном анализе, обсуждении теоретических результатов, выводе методов, практических исследованиях, проведённых автором самостоятельно.

### **Опубликование результатов диссертации**

По материалам диссертации опубликована 1 научная работа, в том числе 1 статья в материалах научных конференций. Общий объём составляет 4 печатных листа.

### **Структура и объём диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, трёх глав, заключения, списка использованных источников и трёх приложений.

Полный объём составляет 76 страниц, в том числе: 41 страница текста, 3 приложения на 15 страницах, 29 рисунков на 15 страницах и 2 таблицы на 1.5

страницах, библиографических список из 14 наименований литературных источников на 2 страницах.

## Основное содержание

В введении рассмотрены основные понятия данной работы, а также актуальность исследований, проведенных в данной диссертационной работе.

В **первой главе** проведен анализ предметной области. Выделены типы радиотехнических средств, а также их особенности с точки зрения зон видимости. Рассмотрен уровень техники современных графических ускорителей по отношению к возможностям построения цифровой модели местности и выделения зоны видимости радиолокационных станций.

Во **второй главе** были рассмотрены особенности создания цифровой модели местности. Были рассмотрены различные варианты использования карты высот на основе градиента серого вкуже с возможным использованием карт с обозначенными изогипсами.

Также были исследованы возможности использования техник, основанных на экструировании силуэтов цифровой модели, однако из-за своей вычислительной сложности, а также алгоритмических проблемах, которые необходимо решить по причине необходимости контролируемой глубины экструирования, а также специальных требований к целостности сетки цифровой модели местности.

Рассмотрено использование буфера глубины как основополагающего принципа работы современных графических адаптеров. Было принято решение основывать дальнейшие исследования на основе карт глубины, построенной исходя из точки расположения радиотехнического средства.

Разработаны методы визуализации, использующие карту глубины как основу для вычисления зоны видимости. Метод сэмпирования подразумевает использования пиксельного шейдера для построения вектора зрения и разбиения его на отрезки, используемые для теста видимости посредством буфера глубины. Методы экструирования поверхности позволяют построить сетку каркаса, огибающего зоны видимости радиотехнического средства.

Дополнительно были предложены техники послойной визуализации сеток видимости с целью увеличения гибкости по отношению к возможностям визуализации. Выделены два метода десквамации, обладающие различной степенью сложности и производительности. Дополнительно были исследованы

возможности использования состояний мультисемплирования для послойного отображения буфера глубины.

Также были рассмотрены альтернативные применения разработанных методов для создания легковесных трёхмерных эффектов.

В **третьей главе** были рассмотрены аспекты разработки приложения, такие как: технологии, методы, фреймворки разработки, программные интерфейсы и производительность различных решений на различного уровня аппаратных систем.

Библиотека БГУИР

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации были рассмотрены теоретические основы трансформирования цифровой модели окружающей обстановки с целью расчёта возможного перекрытия зоны видимости различными объектами. Были разработаны численные алгоритмы решения задачи определения заграждающих объектов при помощи графического процессора. Были разработаны несколько различных способов получения карты видимости и построения объёма достижимой области, путем формирования каркаса области или же методом окраса области экранного пространства посредством семплирования пространства. Различные способы обладают различной производительностью и качеством. Также были выделены дополнительные возможности применения выбранных схем для различных трехмерных эффектов, обладающие достаточной производительностью для применения на большинстве современных игровых платформ.

Разработано программное средство, реализующее описанные методы визуализации используя DirectX 11 и HLSL. Архитектура приложения построена с учетом последующего расширения функциональности визуализации зон видимости радиолокационных средств.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1. Гиль С.В. Использование карты глубины для построения областей видимости // Информационные технологии и системы 2014: материалы международной научной конференции (БГУИР, Минск, Беларусь, 29 октября 2014). / главн.ред.: Л.Ю.Шилин. - Минск:БГУИР 2014. С 208-210.

Библиотека БГУИР



## РЕЗЮМЕ

Ключевые слова: радиолокационная станция, трёхмерная визуализация, область видимости, заграждающие объекты, карта глубины, рельеф местности, DirectX 11, HLSL, 3D.

Объектом исследования и разработки является возможность построения трёхмерных визуализаций зон видимости радиолокационных станций в реальном времени.

Целью исследования является разработка методов, позволяющих строить гибкие визуализации областей, охватываемых радиотехническим средством в трёхмерном виде.

– Полученные результаты и их новизна: разработан процесс построения зон видимости, основанный на различных аспектах работы графических ускорителей. Разработаны методы попиксельного сканирования глубины сцены с целью выделения пересечения лучей камеры и точки расположения радиотехнического устройства. Разработаны методы экструдирования поверхности на основании буфера глубины графического процессора с целью получения сеточного каркаса области видимости. Предложены методы разделения трёхмерной сцены на слои с целью увеличения возможностей по визуализации сложных пересекающихся зон видимости. Предложены дополнительные возможности использования визуализации зоны видимости для создания эффектов объёмного освещения в непрозрачной среде при минимальном влиянии на производительность решения. Исследованы аспекты производительности различных решений на базе различных аппаратных конфигураций.