

# Моделирование объемных облаков

Андрей Азаров

Евгения Арутюнова

Алексей Козятинский



# Задача

- \* Volumetric clouds
- \* Моделирование объема: рассеивание, рождение облаков, движение
- \* Корректное освещение (рассеяние, тени)
- \* OpenGL

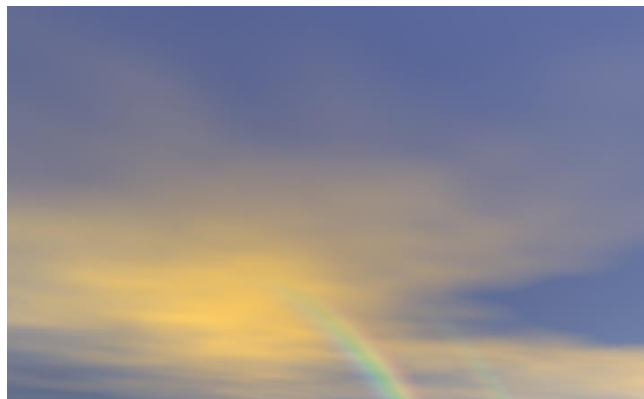
# Где используется?

- \* Компьютерные игры
- \* Симуляторы полета
- \* Различные тренажеры



# Как моделируют?

- \* Плоская текстура – статичная, либо анимированная
- \* Полупрозрачная текстура с эффектом тумана
- \* Моделирование статичных объемных облаков



# Проблемы объемного моделирования

- \* Три основных этапа:
  - \* Моделирование изменения облака
  - \* Освещение облака
  - \* Вывод облака на экран
- \* Каждый этап обладает высокой вычислительной сложностью
- \* Рендер облаков не должен тратить много ресурсов

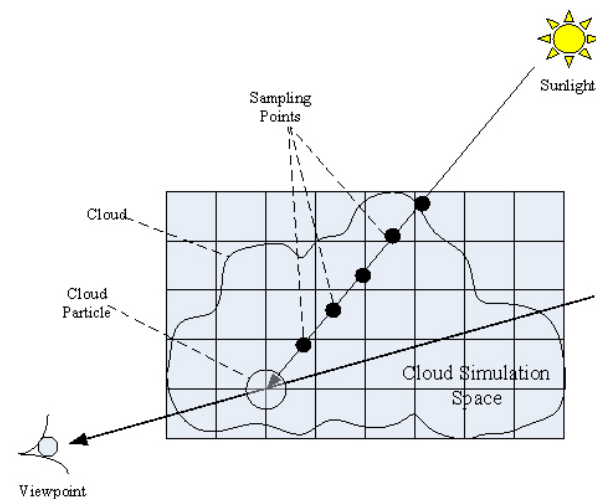
# Подход Harris



- \* Используется система частиц
- \* Применяются обманные облака на больших расстояниях
- \* Используется упрощенная модель рассеивания Релея
- \* Освещение рассчитывается на GPU
- \* Предварительный расчет, который делает невозможным моделирование изменения облака

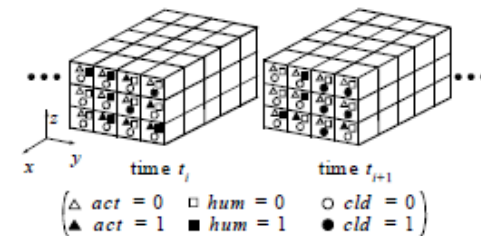
# Модель освещения

- \* Два вида рассеивания:
  - \* Внутри облака от падающего света
  - \* В сторону наблюдателя
- \* Рассеивание внутри облака:
  - \* Прямой путь, поглощающийся частицами
  - \* Рассеиваемый в сторону других частиц
- \* Предварительный расчет

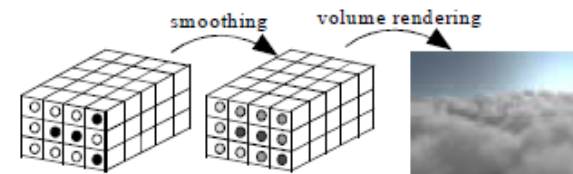


# Подход Dobashi

- \* Моделирование роста облаков
- \* Движение облаков под действием ветра
- \* Быстрое моделирование на основе битовых операций



(a) Simulation process.



(b) Rendering process.



# Реализованный подход

- \* Модель освещения Harris
- \* Моделирование ветра и трансформации облаков Dobashi
- \* Несколько потоков для расчета трансформации
- \* OpenGL
- \* На Core i5 с интегрированной графикой 70+ fps для 16 облаков (2 потока)
- \* Самое медленное – пересчет цвета каждой частицы – около 70% всего времени

# Изученные технологии

- \* OpenGL
- \* Алгоритмы моделирования облаков
- \* Сторонние библиотеки для работы с OpenGL (freeglut, AntTweakBar, nvidia sdk, ...)
- \* Средства профилирования в Visual Studio

Спасибо за внимание

# Дальнейшее развитие подхода

- \* Применение различных техник для сокращения числа рассчитываемых частиц
- \* Рандомизированный алгоритм заполнения облаками некоторого объема с определенной плотностью
- \* Разработка способов получения теней от облаков
- \* Отказ от сортировки частиц