

Введение в Шейдеры

Компьютерная графика

Шейдер. Перевод с английского

сущ оттенок м, тень ж, тон м, нюанс м, полумрак м
different shades – разные оттенки
cool shade – прохладная тень
red shade – красный тон
delicate shade – тонкий нюанс
pleasant shade – приятный полумрак

гл затенять

Шейдер. Что это?

shader — схема затемнения, программа построения теней

Определение из Wiki

Программа для одной из ступеней графического конвейера, используемая в трёхмерной графике для определения окончательных параметров объекта или изображения

Впервые — RenderMan

Впервые программируемые шейдеры были представлены в RenderMan компании Pixar

RenderMan создан компанией Pixar и используется с 1986 года

Существуют коннекторы к большинству программ 3d-моделирования: Autodesk Maya, Cinema 4D.

Начиная с 23 марта 2015 года студия Pixar начала бесплатное распространение полнофункциональной версии RenderMan для некоммерческого использования

RenderMan

Тип	система рендеринга
Разработчик	Pixar
Операционная система	Microsoft Windows, Mac OS X, Linux
Последняя версия	23.4 / июль, 2020
Лицензия	Проприетарное программное обеспечение
Сайт	renderman.pixar.com

RenderMan использован в фильмах

В поисках Дори (2016)
Аватар (2009)
2012 (2009)
ВАЛЛ-И (2008)
Гарри Поттер и Орден Феникса (2007)
Пираты Карибского моря: На краю Света (2007)
Рататуй (2007)
Лови волну! (2007)
Трансформеры (2007)
Король лев (1994)
Маска (1994)
Парк юрского периода (1993)
Аладдин (1992)
Терминатор 2: Судный день (1991)
Университет монстров (2013)

Только 2022

Chip 'N' Dale: Rescue Rangers
Doctor Strange in the Multiverse of Madness
Elvis
Fantastic Beasts: The Secrets of Dumbledore
Jurassic World: Dominion
Lightyear
Nope
Pinocchio
Prey

Prey
Sonic the Hedgehog 2
Texas Chainsaw Masacre
The Batman
The Bubble
Thor: Love and Thunder
Top Gun: Maverick
Turning Red
Uncharted

<https://renderman.pixar.com/movies>

Появление видеоакселераторов

Ограничение тем набором эффектов, который заложен в аппаратное обеспечение

Вода в Quake 2 на программном рендеринге — эффект плеска воды

Вода на OpenGL-рендеринге — просто синий светофильтр

В Counter-Strike 1.6 эффект ослепления от световумовой гранаты на программном рендеринге — белая вспышка и пикселизированный экран

В Counter-Strike 1.6 эффект ослепления от световумовой гранаты на аппаратном рендеринге — белая вспышка

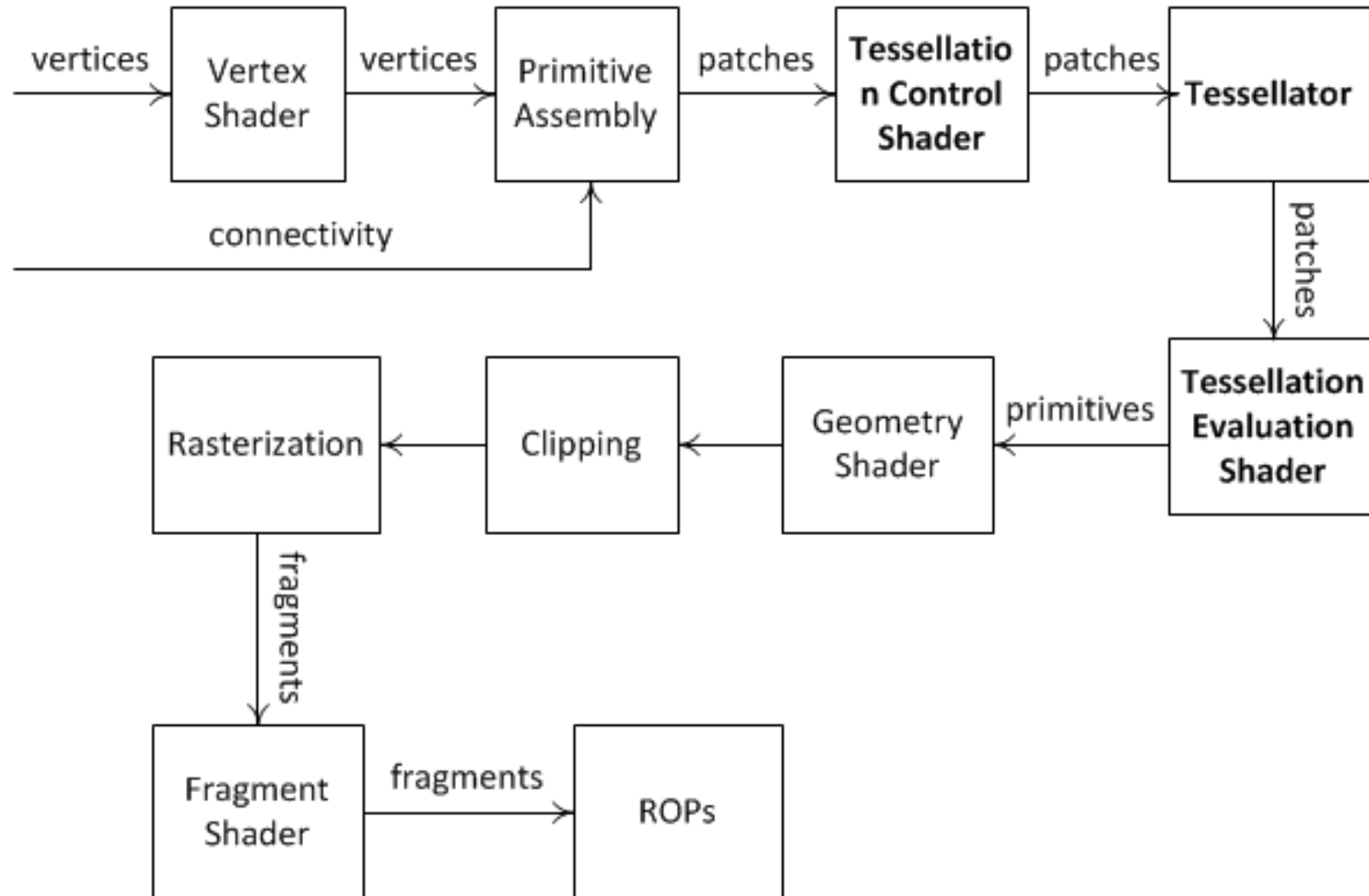
Пути преодоления ограничения

- Расширять набор стандартных эффектов
- Реализовывать сложные эффекты из простых операций на уровне видеоплаты

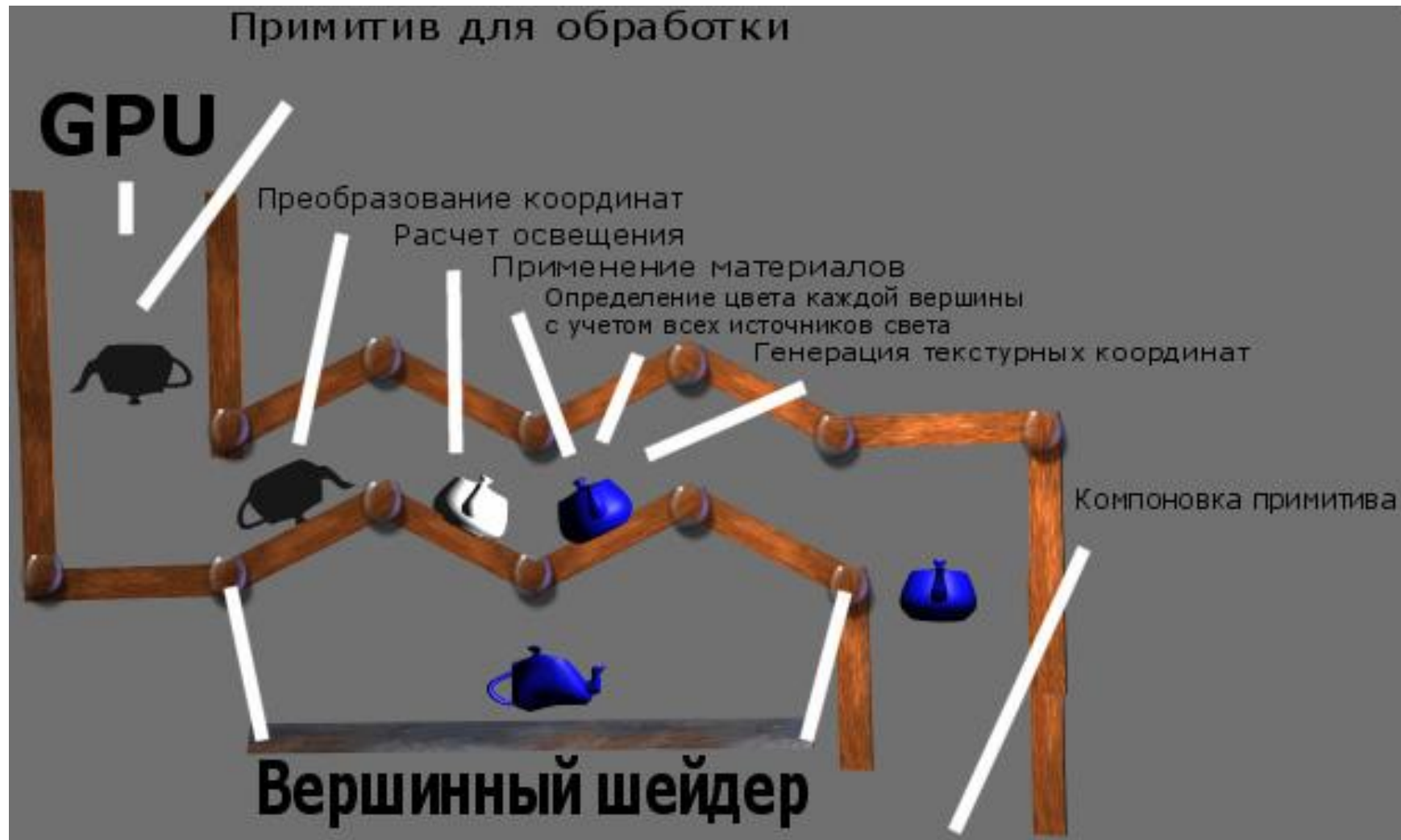
Типы шейдеров

- Вершинные шейдеры (Vertex Shader)
- Тесселяционные шейдеры (Tessellate Shader)
- Геометрические шейдеры (Geometry Shader)
- Пиксельные шейдеры (Pixel Shader)

Схема шейдеров

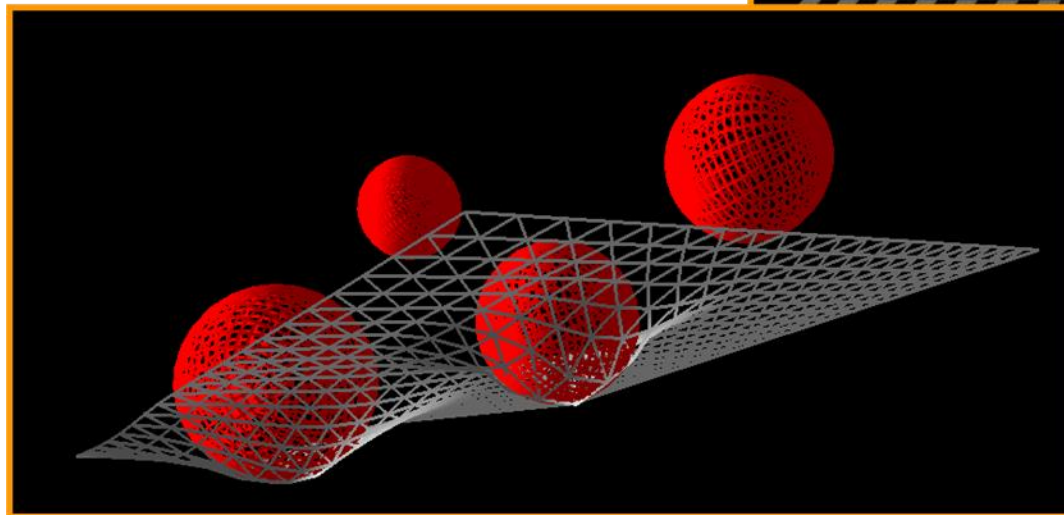
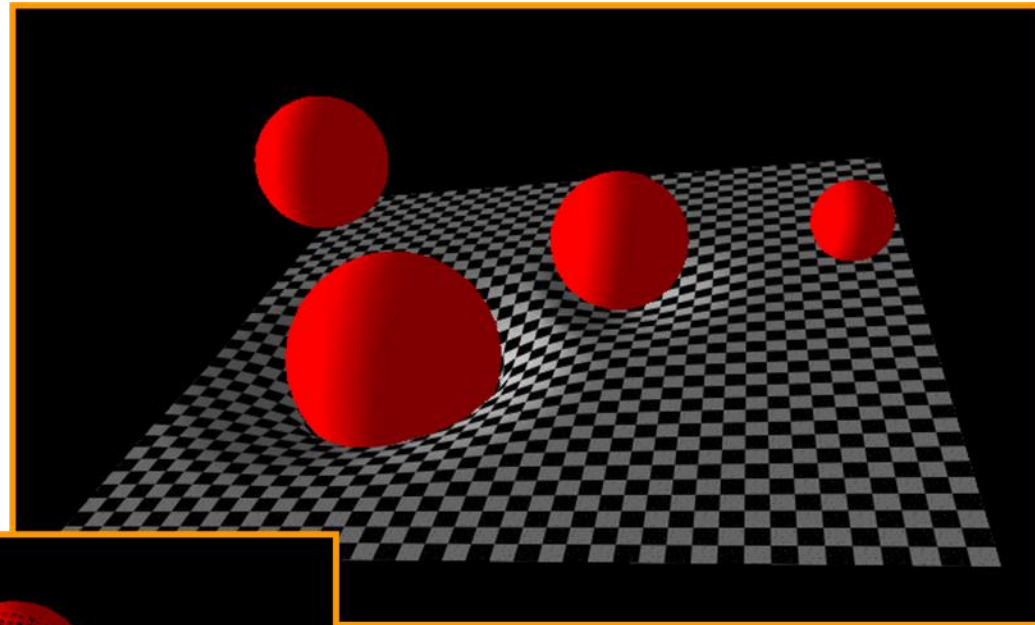


Функции вершинного шейдера

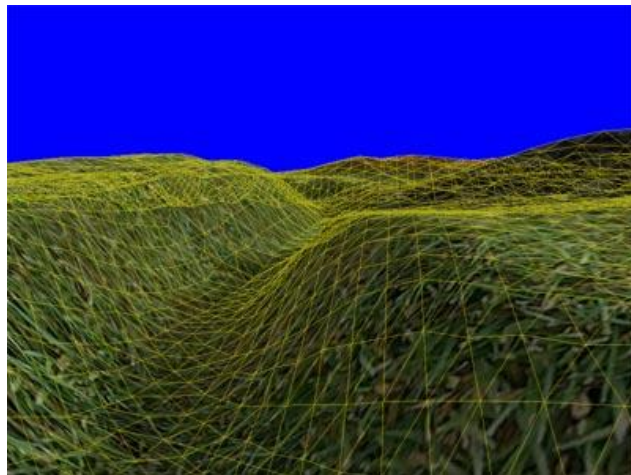


Примеры использования вершинных шейдеров

Морфинг



Вершинные шейдеры. Основное



Координаты вершины в пространстве, текстурные координаты, вектор касательной, вектор бинормали, вектор нормали

Для видового и перспективного преобразования вершин, генерации текстурных координат, расчета освещения и т. д.

Каждая вершина обрабатывается, не имея никакой информации об остальных вершинах

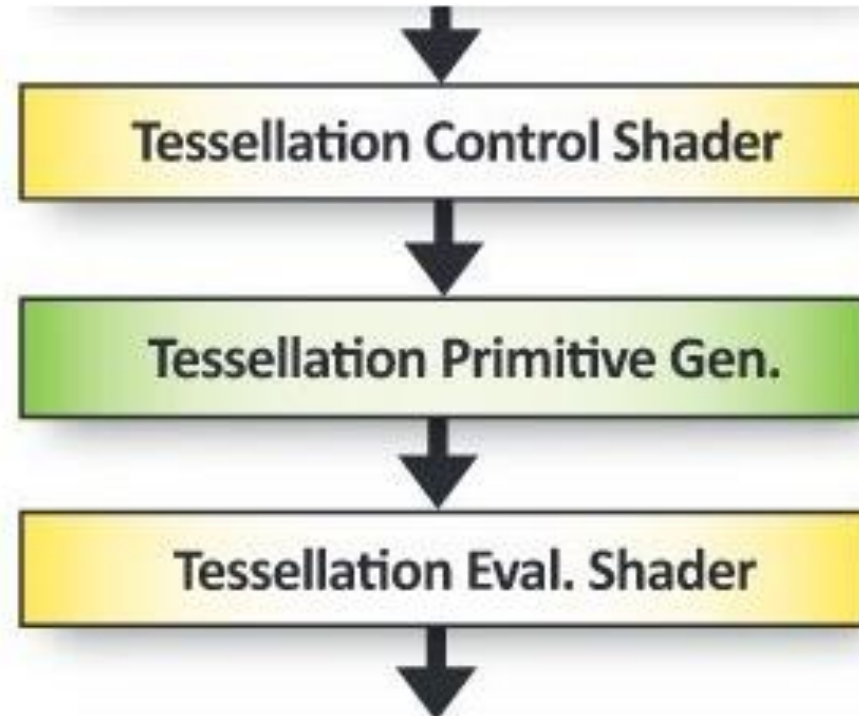
Легко распараллеливать обработку вершин

Ограничения вершинных шейдеров

Не может создавать новые вершины и удалять существующие

Не обладает топологической информацией (границы и ребра, соседние вершины)

Тесселяция примитивов



Тесселяционные шейдеры — это новейшие 3D-шейдеры; они воздействуют на партии вершин одновременно, чтобы добавить детали, например, разбить модель на более мелкие группы треугольников или других примитивов во время выполнения, улучшить такие вещи, как кривые и выпуклости, или изменить другие атрибуты.

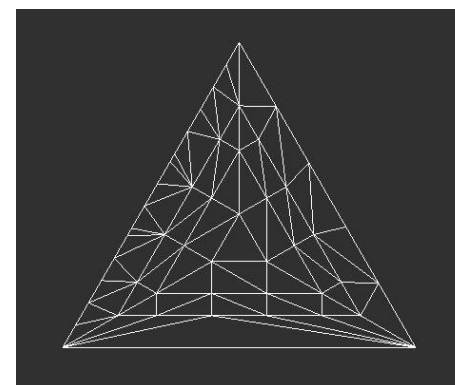
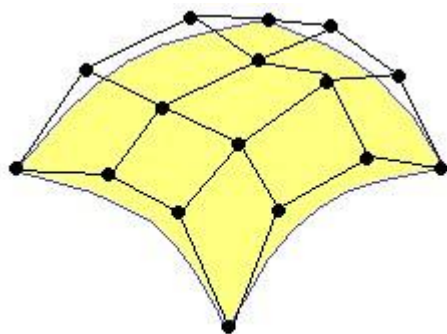
Tessellation Control Shader

Задача данного шейдера — задать параметры для тесселятора и tessellation evaluation shader'a

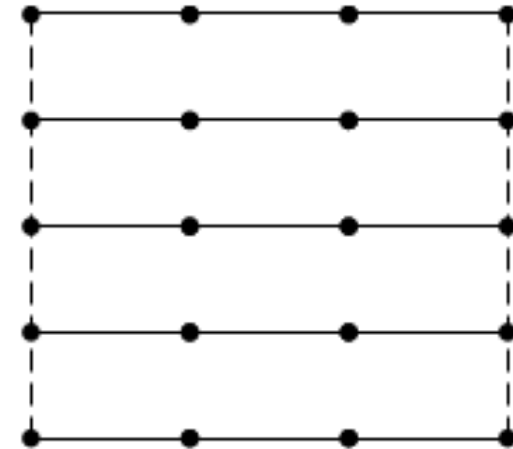
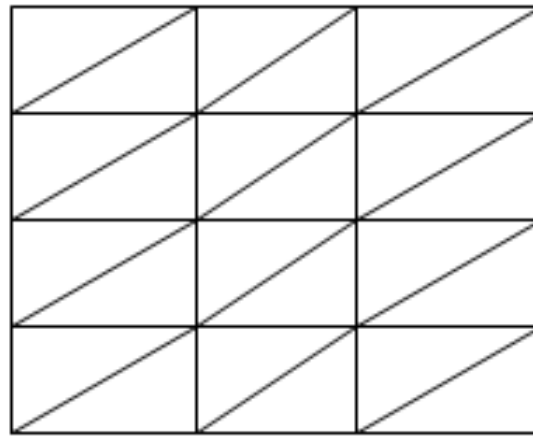
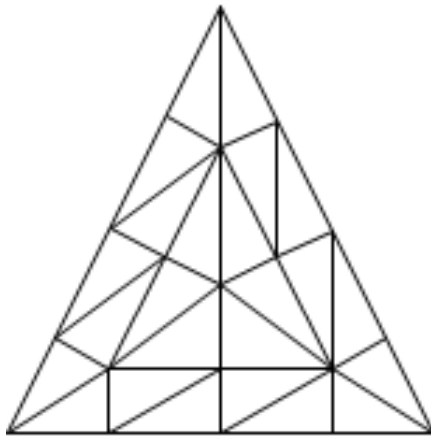
Позволяет задавать параметры для тесселятора

Вызывается для каждой вершины патча

Имеет доступ ко всем его вершинам



Тесселяция примитивов

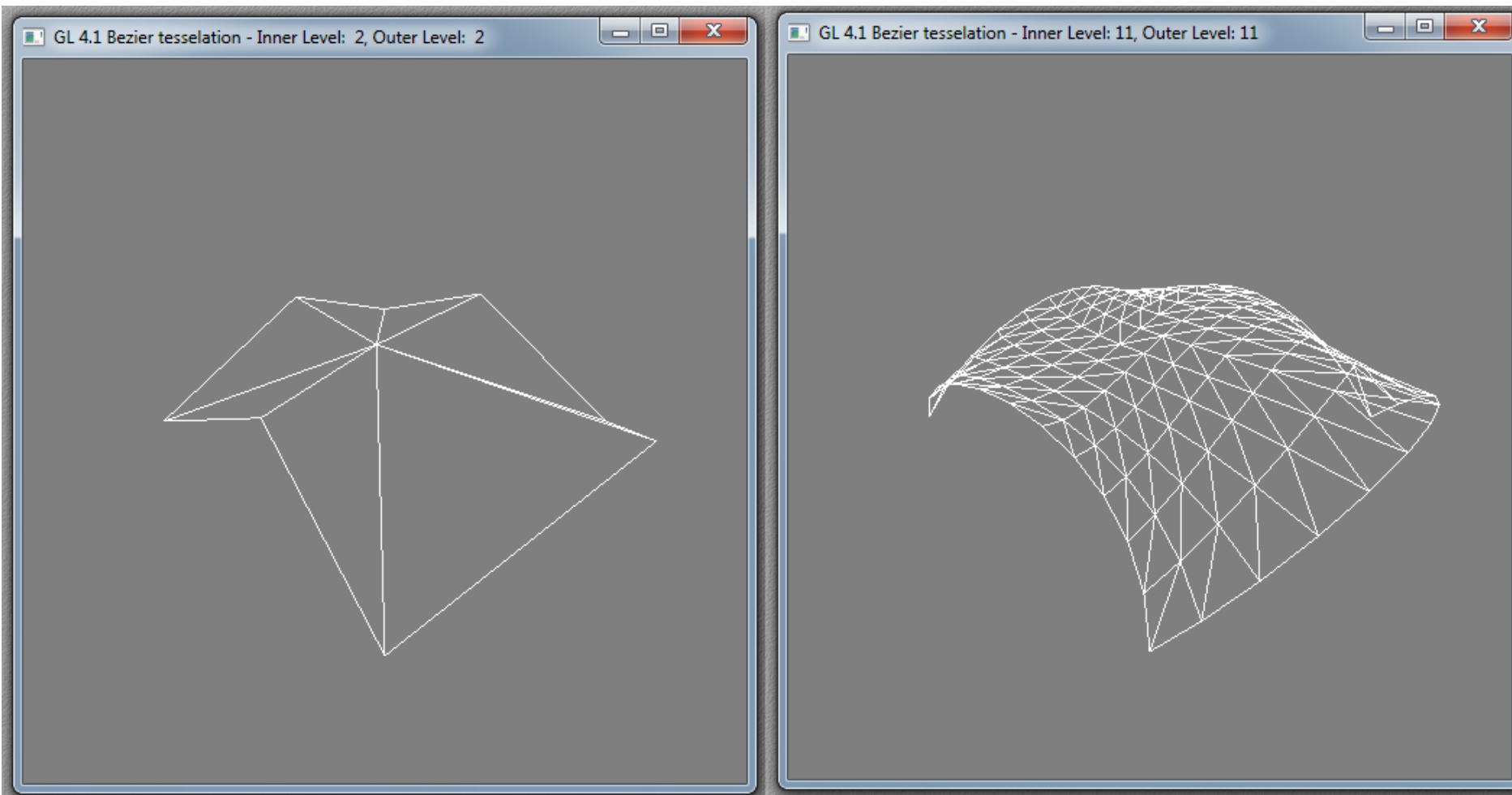


Три типа тесселяции примитивов - triangles, quads и isolines

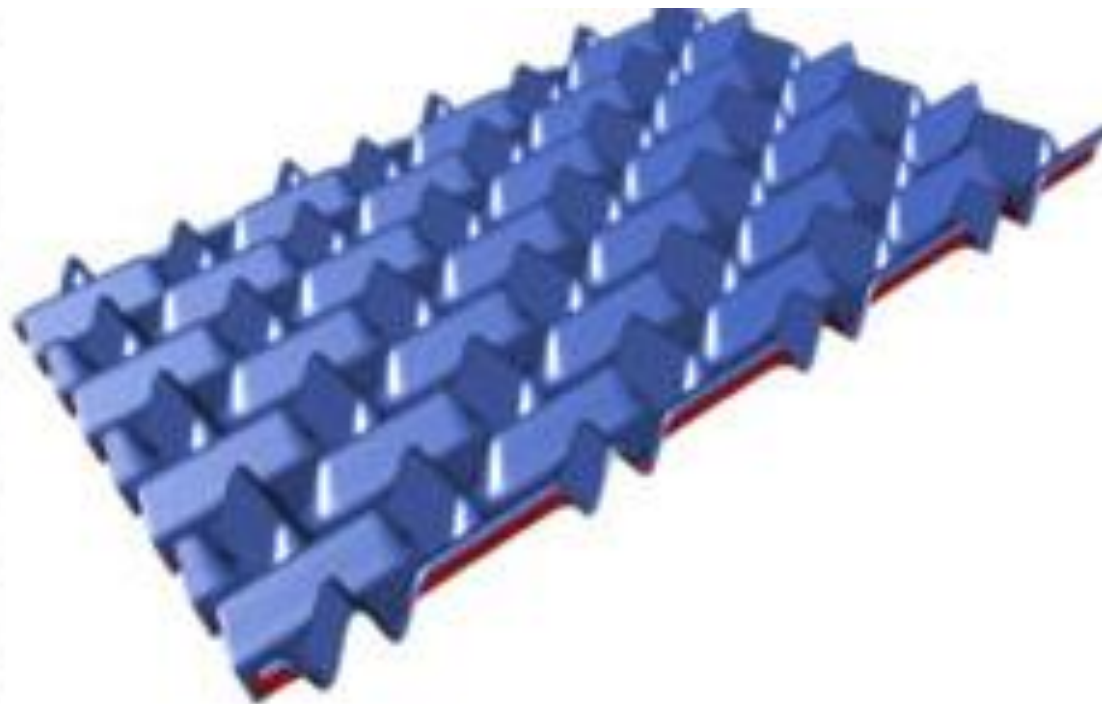
Tessellation Evaluation Shader — Согласование уровней тесселяции для набора патчей

4	4	4	4	5	5	6
4	4	4	4	5	5	6
5	5	5	5	6	6	7
5	5	5	5	6	6	6

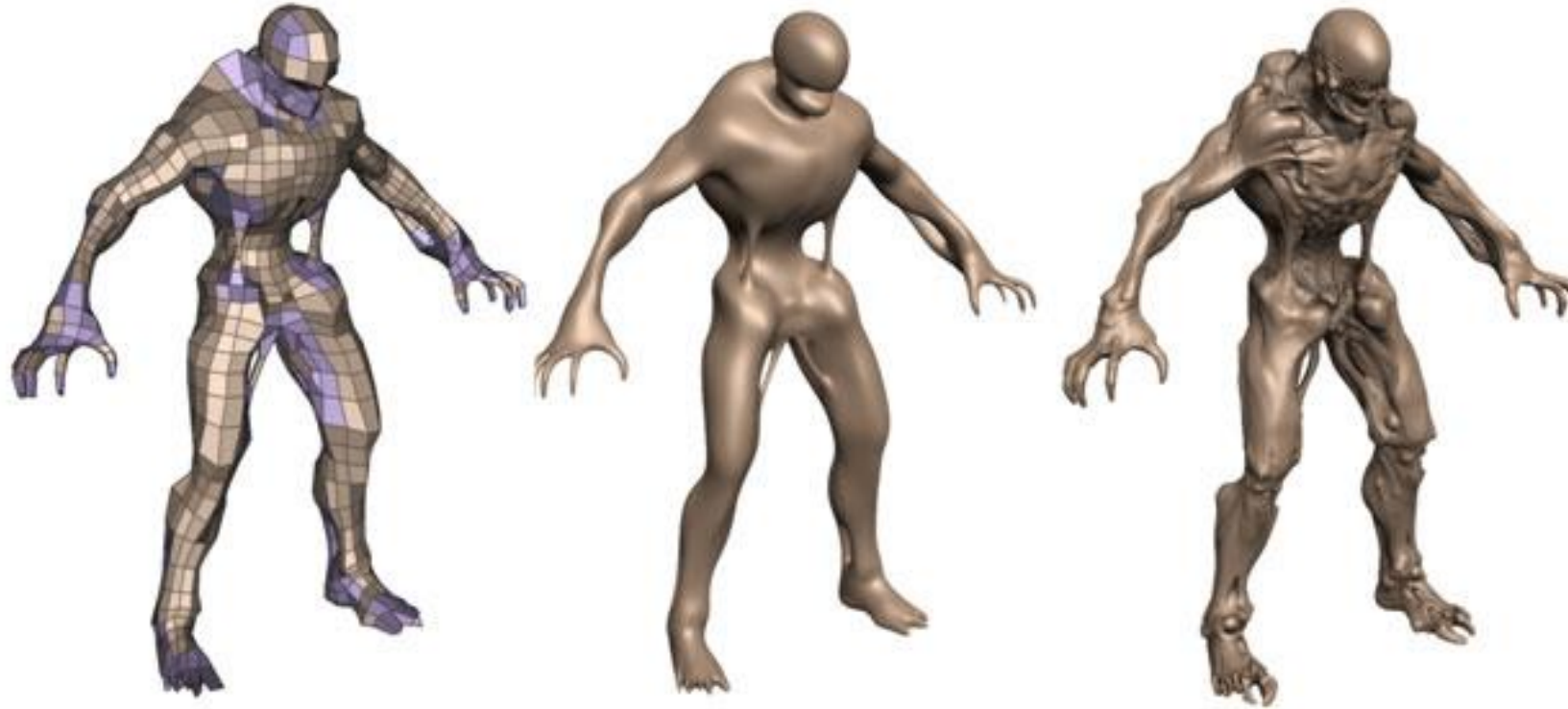
Поверхности Безье с разными уровнями тесселяции



Применение карты смещения (слева) к плоской поверхности



Применение тесселяции



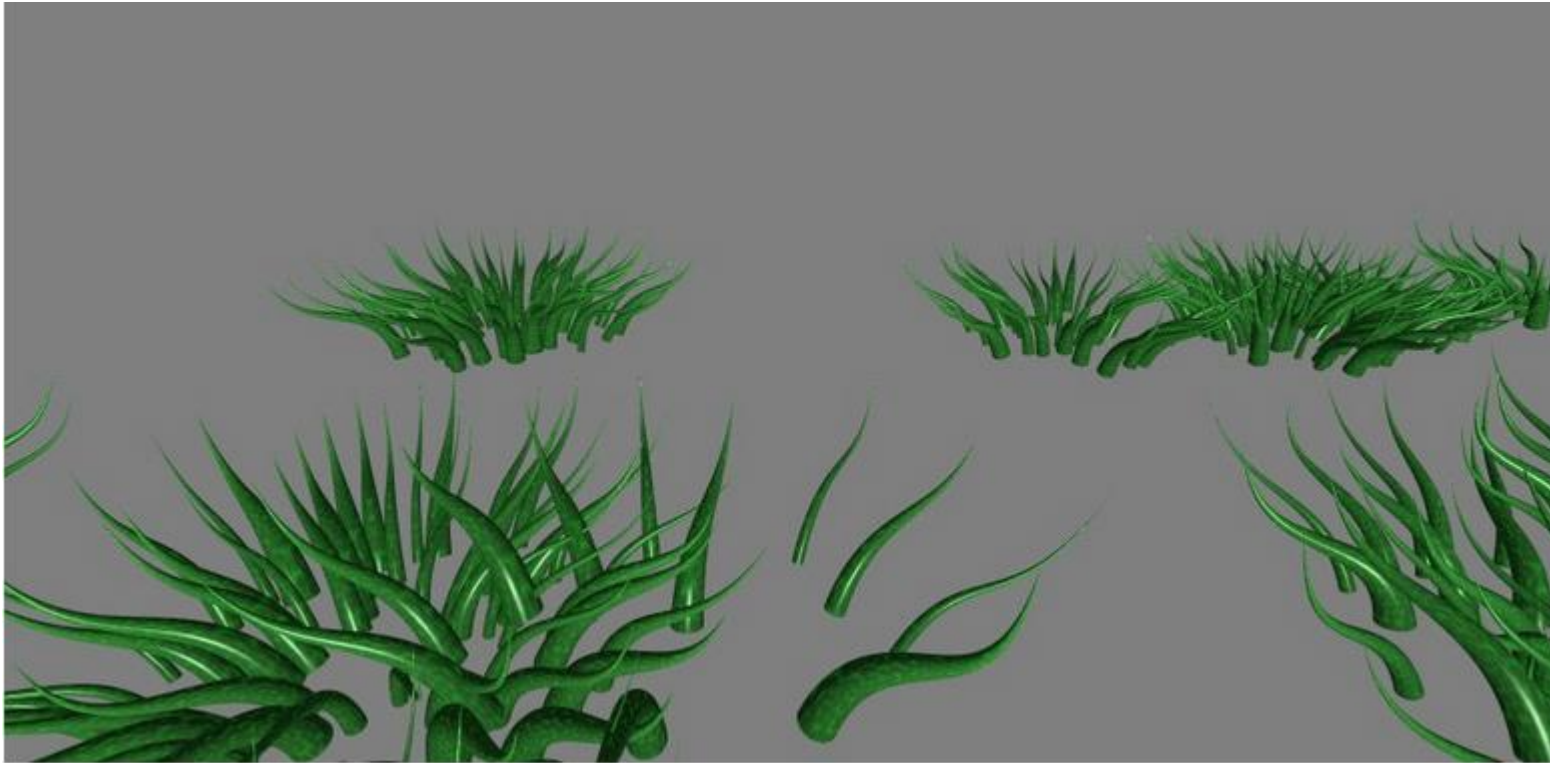
Применение тесселяции к грубой модели (слева) позволяет создавать более гладкую модель (посередине). Использование карт смещения (справа) обеспечивает персонажам реалистичность кинематографического уровня.

© Kenneth Scott, id Software 2008

Геометрические шейдеры

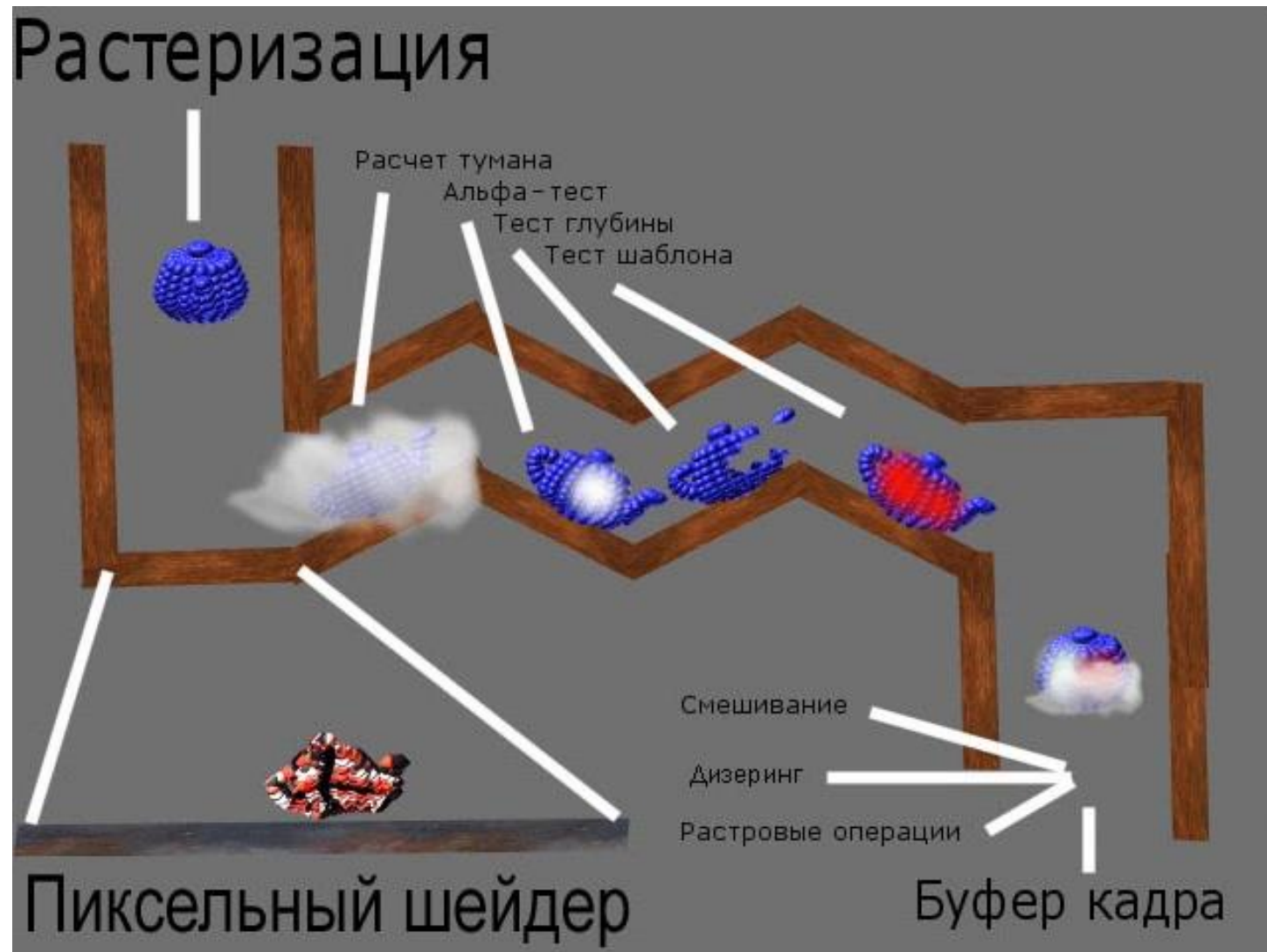
- На вход целый примитив. Это может быть отрезок (две вершины) и треугольник (три вершины), а при наличии информации о смежных вершинах (adjacency) может быть обработано до шести вершин для треугольного примитива.
- Кроме того, геометрический шейдер способен генерировать примитивы «на лету», не задействуя при этом центральный процессор
- Впервые начал использоваться на видеокартах Nvidia серии 8

Шейдеры тесселяции и геометрический

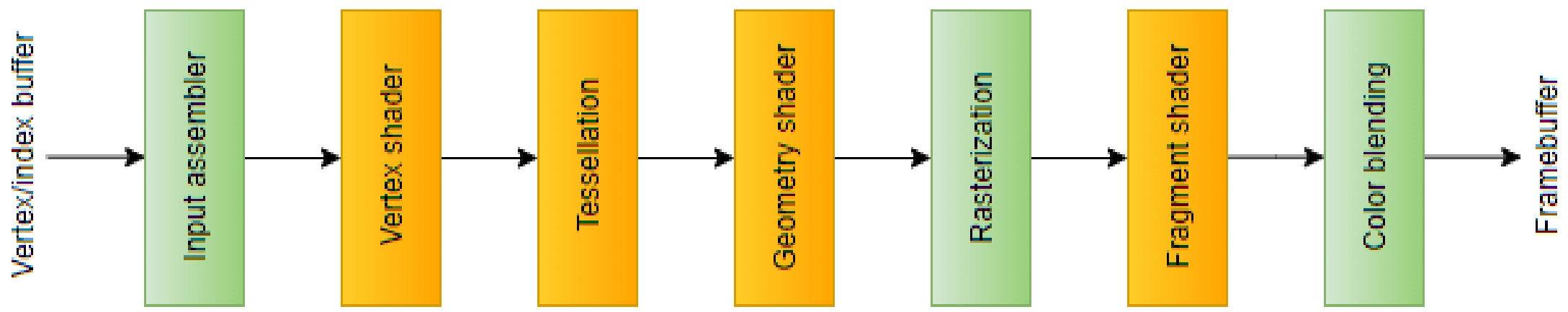
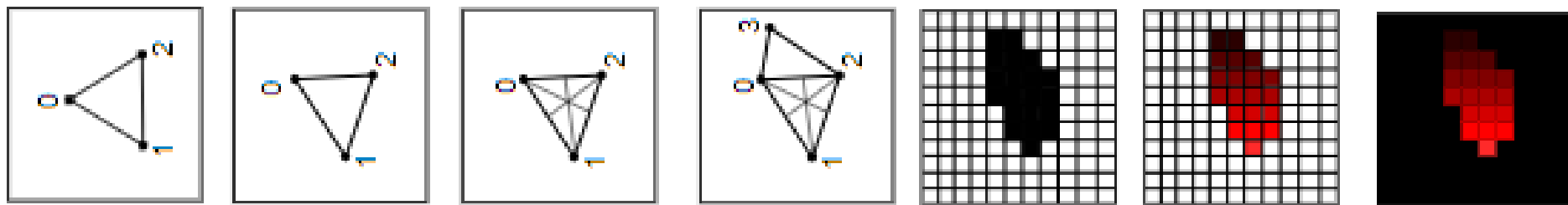


- В шейдере тесселяции генерируется скелет куста со всеми деформациями, вносимыми шевелением и ветром.
- В геометрическом шейдере на этот скелет натягивается полигональная «плоть», толщина которой зависит от высоты кости на скелете.

Функции фрагментного шейдера



Конвейер шейдеров



Применение вершинных шейдеров

Скининг (skinning) — скриншот из Call of Duty 2

Matrix pallette skinning для скелетной анимации персонажей с большим количеством «костей».

Над вершинами каждого из персонажей поработал алгоритм скининга.

Причём, с шейдерами версии 3.0 сделать скининг стало заметно проще, для шейдеров версии 1.1 нужно было писать несколько шейдеров для каждого вида скининга (с определенным количеством «костей»).



Деформация объектов + Displacement Mapping



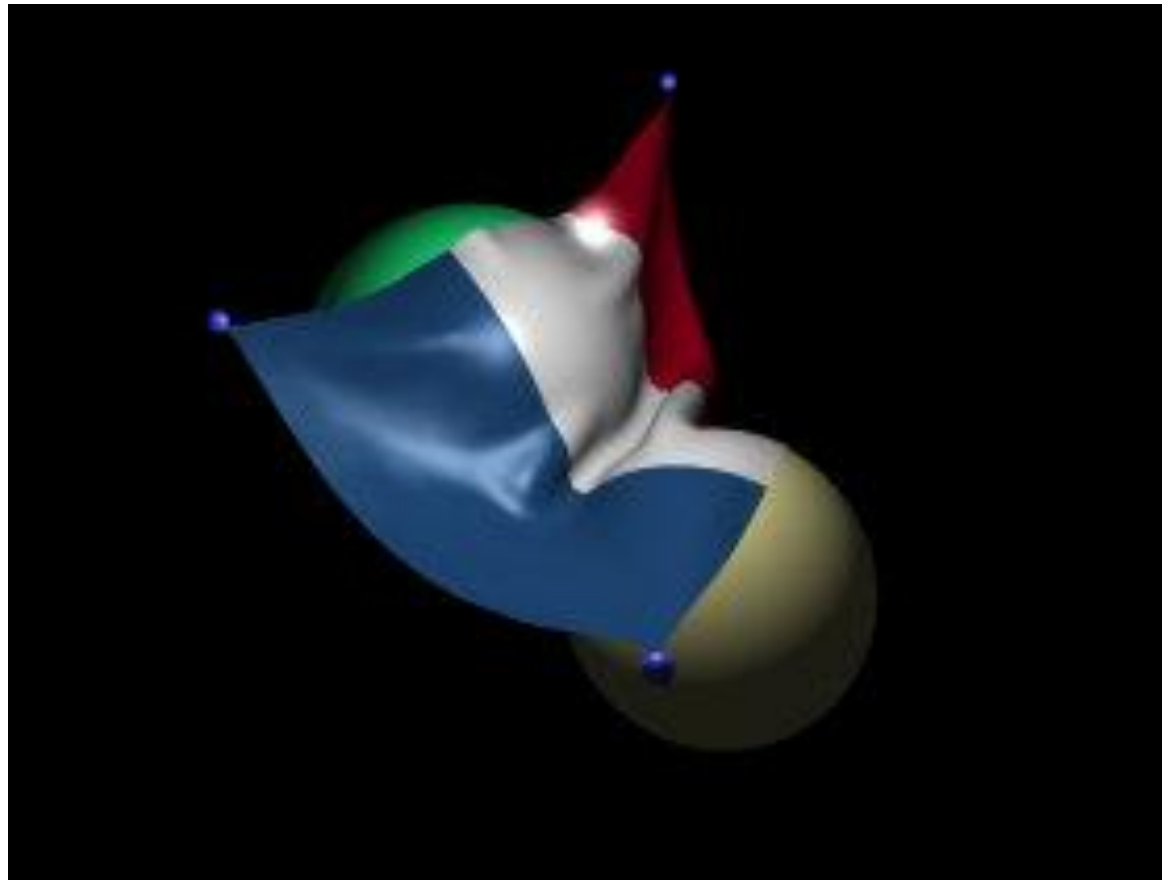
Как самый явный и эффектный пример — создание реалистичных волн в динамике. Примеры подобных решений наблюдаются в играх F.E.A.R. и Pacific Fighters. Применяются вершинные шейдеры 3.0 и доступ к текстурам из них, настоящий Displacement Mapping в дополнение к Bump Mapping. Конечно, похожий эффект волн в динамике, как в F.E.A.R., может быть запрограммирован и на пиксельном уровне (Morrowind), но в данном случае речь об изменении реальной геометрии, что всегда реалистичнее выглядит.

Анимация объектов



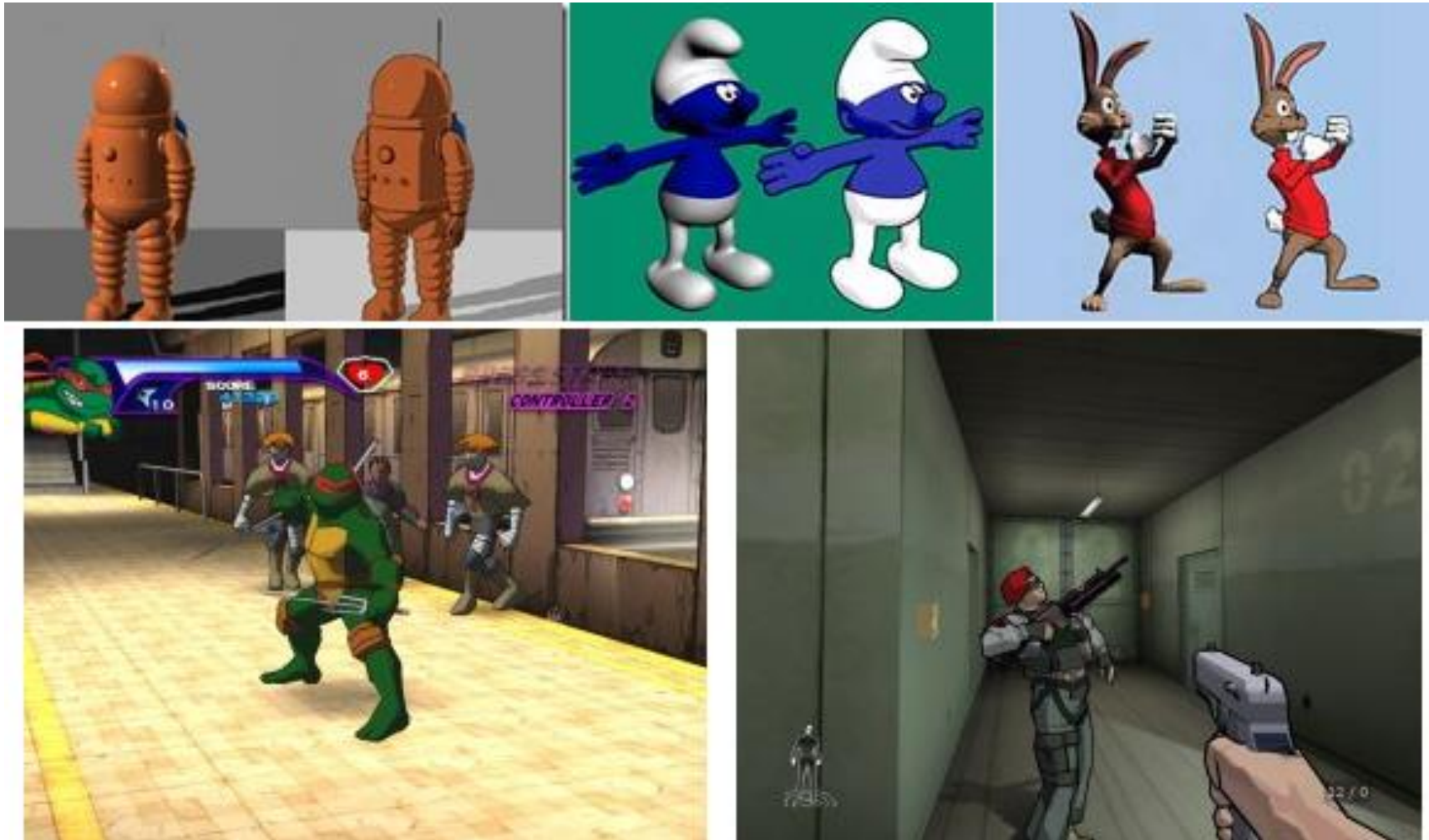
Анимация травы и деревьев в одном из первых применений - 3DMark 2001 SE, алгоритм анимации был значительно улучшен в следующем 3DMark 03

Имитация ткани (Cloth Simulation)



Для имитации поведения материалов, подобных ткани

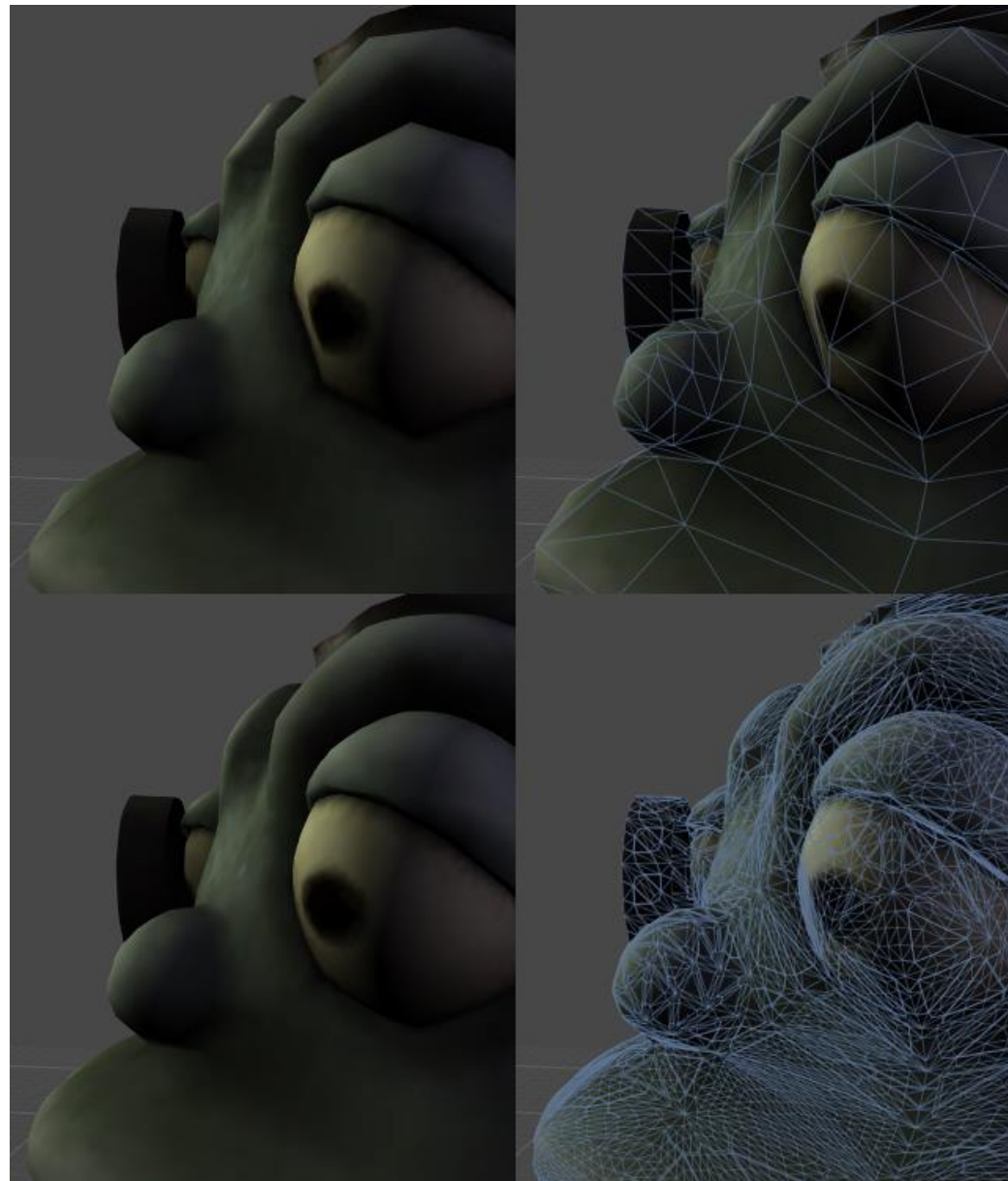
Toon shading/Cel shading



Применение Toon shading — Мультфильмы и мультсериалы

- Человек-паук — новые серии
- Футурама — на сел-шейдерах сделан корабль, а также трёхмерные сцены с подвижной камерой
- АКВ0048 — сел-шейдинг используется в танцевальных сценах
- Appleseed — манга, аниме
- Freedom — аниме
- Симпсоны — 19 сезон (не все серии), 20 и 21 (все серии)

Применение тесселяционных шейдеров



Применение фрагментных шейдеров

Мультитекстурирование



Несколько слоев текстур (colormap, detailmap, lightmap и т.д.).
Используется вообще во всех играх.

Попиксельное освещение. Bump mapping. Normal mapping.



С некоторых пор применяется практически везде

Постобработка кадра: Bloom

Эффект используется разработчиками игр для создания эффекта размытости света на ярких гранях сцены, передержки камерой при съёмке, а также для добавления большей кинематографичности изображению.



Постобработка кадра: Depth of Field



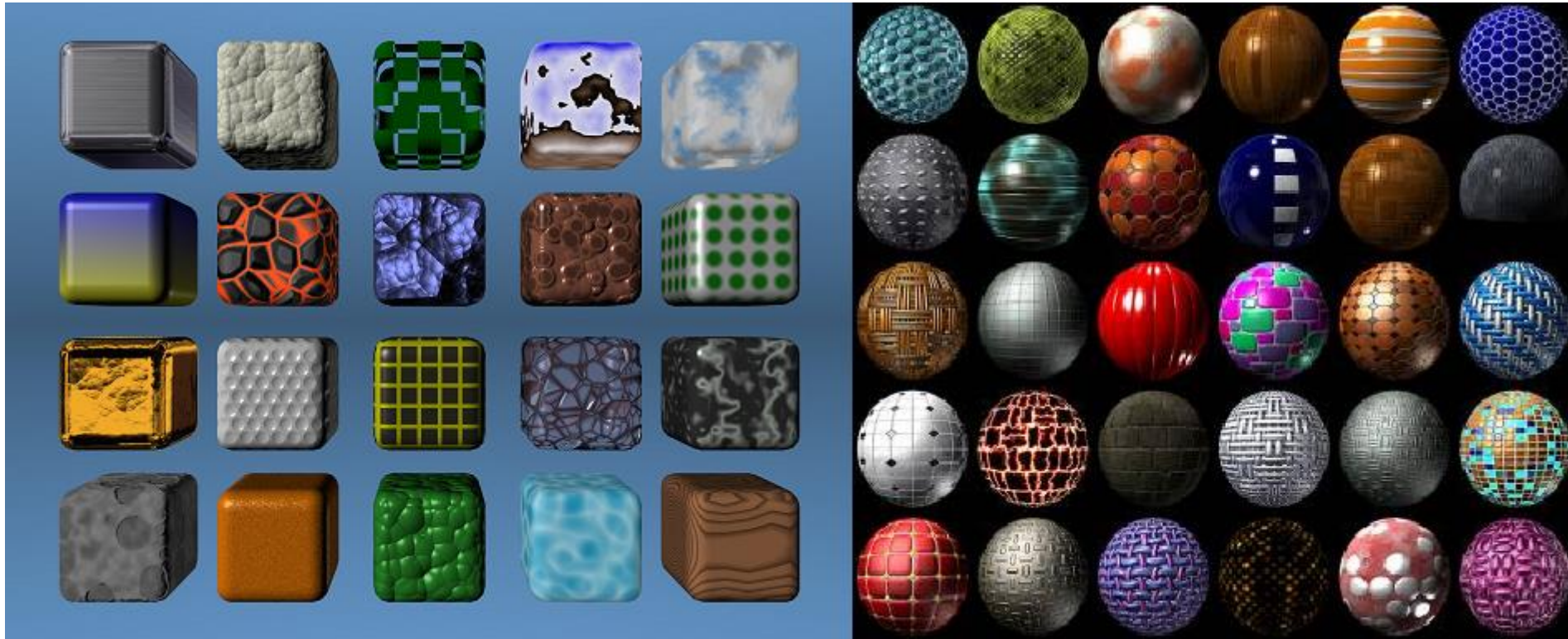
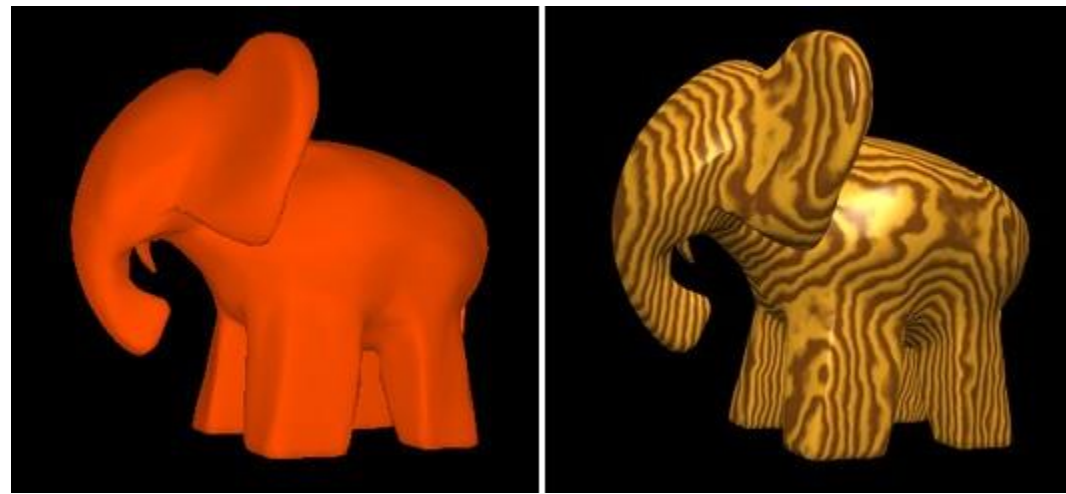
Постобработка кадра: Motion Blur



Процедурные текстуры



Процедурные текстуры



Классы шейдерных языков

- Для профессионального рендеринга
- Для рендеринга в реальном времени

Профессиональный рендеринг

Максимальное качество визуализации

Используется для создания фотореалистичных изображений

Особые навыки программирования не требуются

Обработка таких шейдеров — ресурсоёмкая задача

Большие компьютерные кластеры или блэйд-системы

Языки для профессионального рендеринга

- Шейдерный язык RenderMan
- Open Shading Language

Шейдерный язык RenderMan

- первый из реализованных шейдерных языков
- является фактическим стандартом для профессионального рендеринга
- API RenderMan разработан Робом Куком
- используется во всех работах студии Pixar

Open Shading Language (OSL)

- небольшой, но богатый язык для программирования шейдеров в развитых рендерах и других программных средствах
- разработан Sony Pictures Imageworks для использования в своем внутреннем рендере
- также используется в пакете для создания трёхмерной компьютерной графики Blender

Языки для рендеринга в реальном времени

- GLSL — шейдерный язык OpenGL
- Шейдерный язык Cg (C for Graphics)
- HLSL(High Level Shader Language) — высокоуровневый шейдерный язык DirectX
- Низкоуровневый шейдерный язык DirectX (DirectX ASM)

GLSL

- GLSL — шейдерный язык OpenGL
- Основное преимущество — переносимость кода между платформами и ОС

Шейдерный язык Cg

Разработан nVidia совместно с Microsoft

Без проблем работает и с видеокартами ATI

HLSL

Был создан Microsoft и включён в пакет DirectX 9.0

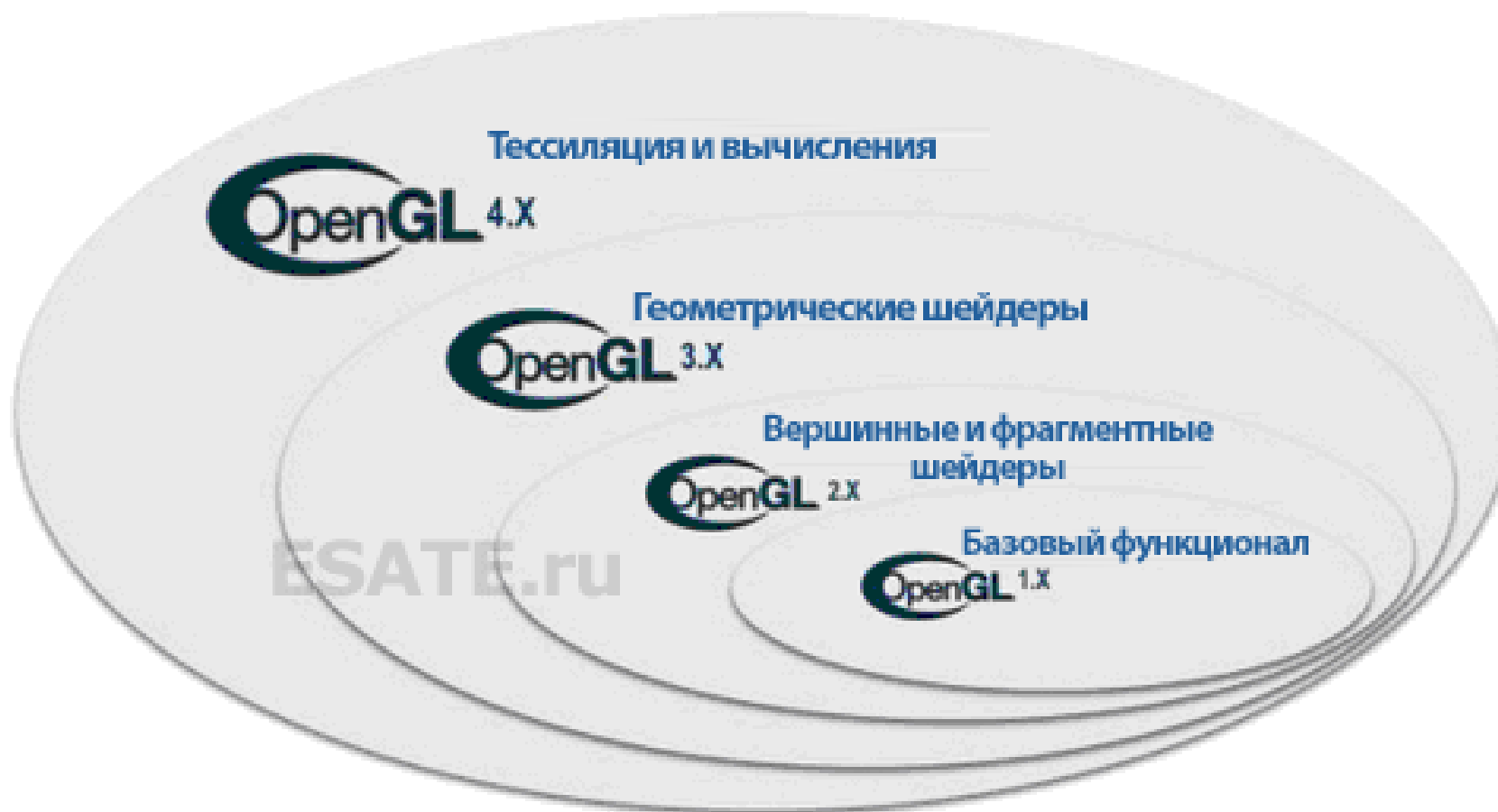
Является надстройкой над DirectX ASM

По синтаксису сходен с C

DirectX ASM

По синтаксису схож с языком ассемблера для x86

Эволюция OpenGL 1 - 4



Основные вехи

GLSL 1.10 — доступен в виде набора расширений:

GL_ARB_shading_language_100,

GL_ARB_shader_objects,

GL_ARB_vertex_shader ,

GL_ARB_fragment_shader

GLSL 2.10 — Начиная с OpenGL 2.0, GLSL включен в ядро

GLSL 3.3 — Начиная с релиза OpenGL 3.3, номер версии GLSL соответствует версии OpenGL

GLSL 4.0 — Финальный вариант спецификации OpenGL 4.0 и языка шейдеров GLSL 4.0

Две новые ступени обработки шейдеров, что позволяет перенести обработку тесселяции с центрального процессора на GPU