



Informe técnico

Gelato

Un renderizador para la industria del cine



Introducción

El software NVIDIA® Gelato™ es un renderizador de alta calidad diseñado para producir películas con máximo rendimiento y sin concesiones. Sus características lo convierten en el software perfecto para renderizar los fotogramas finales durante el proceso de producción cinematográfica. Los efectos especiales y las películas de animación son las aplicaciones más exigentes de los renderizadores. Por tanto, el nuevo éxito de NVIDIA en este terreno vuelve a poner de manifiesto el carácter innovador de la compañía en el mundo de los gráficos.

¿Qué significa “sin concesiones”? ¿Qué implica el renderizado de las películas? ¿Qué significa “calidad de producción cinematográfica”? Y, finalmente, ¿en qué se diferencia el renderizado cinematográfico del renderizado de gráficos en tiempo real u otros tipos de renderizado?

¿Por qué es diferente el renderizado de las películas?

Es importante comprender las diferencias esenciales entre juegos (y otras aplicaciones de gráficos en tiempo real) y el renderizado final de fotogramas en las películas.

Calidad de imagen y rendimiento del renderizado

Las industrias cinematográfica y del juego asignan diferentes niveles de importancia a la calidad de imagen y el rendimiento del motor de renderizado. En las películas, las imágenes están precalculadas, por lo que se concede más importancia a la calidad y la complejidad de la imagen final. El aumento de la calidad aumenta la diversión del espectador, mientras que el simple aumento de la velocidad de renderizado pasa desapercibido para el público de la sala. En los juegos ocurre justo lo contrario: el tiempo que se pierde en renderizar un fotograma va en detrimento de la experiencia del jugador. Por tanto, los renderizadores de películas, como Gelato, están diseñados pensando fundamentalmente en el manejo de un gran número de escenas complejas y no en el rendimiento que se obtiene en tiempo real.

Tanto en los juegos como en las películas, las escenas se organizan en grupos de fotogramas contiguos (también llamados cuadros o frames) y se renderizan de forma sucesiva con posiciones de cámara matemáticamente contiguas y un conjunto

común de atributos artísticos. En el caso de los juegos, estos conjuntos de fotogramas se denominan “niveles” y duran varios minutos en la partida. En las películas, estos conjuntos se llaman “tomas” y normalmente duran solo unos segundos en pantalla.

A causa de esta distinción, los motores de juegos y producción cinematográfica amortizan el trabajo de renderizado de forma diferente. En el motor de renderizado de los juegos, las texturas se cargan sobre decenas de miles de fotogramas en una operación que normalmente tiene lugar antes de que se dibuje el primer fotograma, por lo que “no cuenta” en el cómputo de la velocidad de renderizado. Por el contrario, la mayor parte del renderizado de las películas se efectúa fotograma a fotograma. Si una toma completa se renderizara de una vez para maximizar la coherencia (y la complejidad de la escena hace que esto sea extraordinariamente difícil), la carga de trabajo sólo se amortizaría (como máximo) con los pocos cientos de fotogramas que componen la toma.

Uso de mapas de texturas

Otra diferencia clave es la forma en que cada medio utiliza los mapas de texturas. Los archivos de texturas que se utilizan en la producción cinematográfica se componen de muchos gigabytes, mientras que los de los juegos pueden tener, como mucho, decenas de megabytes. Simplemente la lectura de las texturas de un fotograma de una película en el disco o la red puede llevar varios minutos, y esto mismo se aplica al coste de leer, seleccionar, organizar y descomponer en polígonos los gigabytes que forman la geometría de la escena.

No importa la rapidez del hardware de gráficos y ni qué parte de esta labor se realice con el procesador de gráficos en lugar de con la CPU, el cómputo de los datos simplemente para preparar el renderizado de un fotograma de una película excluye la posibilidad de renderizar en tiempo real. Esto no es ninguna sorpresa. Los juegos tampoco serían en tiempo real si sus niveles tuvieran que cargarse cada 2 - 10 segundos (por no hablar de cargar cada fotograma). El límite inferior de la velocidad de renderizado de los fotogramas de una película viene dictado por la transferencia desde el disco y otros factores, no por la velocidad de transformación, relleno o incluso de sombreado.

La ley de Blinn

Al renderizar las películas debe tenerse en cuenta la ley de Blinn, que afirma que, cuando hay una mejora en la velocidad de renderizado, el artista incrementa la complejidad hasta que pierde la mejora. En otras palabras, el tiempo para renderizar una escena es constante, normalmente entre 45 y 90 minutos, que varían en función de la tolerancia del estudio a las esperas. Los estudios responden al aumento en la capacidad de renderizado elaborando escenas más complejas, con más geometría, más luces, más matices y más realismo en la iluminación, nunca limitándose a aprovechar el aumento de velocidad. El aumento de la complejidad es la alternativa obvia porque las imágenes finales se precalcular y luego se introducen en la película.

La excepción se produce en la iluminación interactiva, en la que la producción necesita velocidades interactivas para obtener varios renderizados similares de forma consecutiva. En la iluminación interactiva, la geometría, la cámara y los sombreadores son fijos, únicamente los parámetros de luz cambian de fotograma en fotograma. Los directores prefieren ver los resultados reproducidos por el renderizador de fotogramas finales en lugar de por herramientas de previsualización a fin de poder examinar con precisión el aspecto que tendrá el fotograma final. En este caso, un cierto grado de disminución de la calidad es aceptable. NVIDIA tiene previsto ofrecer una herramienta de iluminación interactiva para Gelato en un futuro próximo.

Ciclos de desarrollo y producción

Otra diferencia entre los juegos y las películas son sus ciclos de desarrollo y producción. Los juegos son utilizados por millones de personas y, por cada copia ejecutada, pueden renderizarse cientos de miles de fotogramas. La calidad de la imagen, la claridad y la posibilidad de reutilizar el código, así como el tiempo del director técnico/artista se cambian gustosamente por la posibilidad de garantizar la velocidad de reproducción de los fotogramas.

Por otra parte, las imágenes de las películas solo se renderizan una vez a máxima resolución. El tiempo de ordenador utilizado en renderizar un objeto a menudo se ve minimizado por la cantidad y el coste del tiempo que tarda el director técnico en escribir el sombreador. Esto tiene numerosas implicaciones en el desarrollo de las API y explica por qué las API y los lenguajes que son apropiados para el renderizado en tiempo real (DX, OGL, Cg) no siempre son apropiados para el renderizado offline y viceversa.

Propiedades esenciales del renderizado cinematográfico

Primitivas geométricas

Los juegos, los gráficos en tiempo real, el hardware de gráficos e incluso los paquetes gráficos de gama baja para el sector profesional utilizan polígonos (principalmente triángulos) para crear objetos. Pero la producción cinematográfica casi siempre se basa en superficies bicúbicas, NURBS (a menudo recortadas) y, cada vez más, en superficies de subdivisión. Es raro ver grandes conjuntos de polígonos en los fotogramas de las películas. Son las NURBS y las superficies de subdivisión las que deben optimizarse.

Los puntos (para partículas) y las curvas (para el cabello) también son importantes y deben renderizarse con efectividad. Además, todas las primitivas curvas deben

descomponerse adaptándose al área de la pantalla y la curvatura de forma que *nunca* muestren artefactos derivados de la teselación.

Complejidad de la geometría

La geometría de un solo fotograma de una película puede componerse de varios gigabytes de datos (no sería raro hablar de 25 GB). Como objetivo fundamental de su diseño, el renderizador de películas debe ser capaz de manejar más geometría de la que cabría de una sola vez en la RAM.

Gelato utiliza varias estrategias para cumplir este objetivo, lo que incluye segmentación (*bucketing*), ordenación, selección de píxeles, pruebas de oclusión, geometría basada en procedimientos y almacenamiento en la caché del disco.

Calidad y complejidad de las texturas

Un fotograma de una película a menudo requiere cientos o miles de texturas que dan lugar a decenas de gigabytes de espacio de almacenamiento. Los buenos renderizadores de películas utilizan un modelo de almacenamiento en caché en el que las secciones coherentes se pagan en el disco conforme va siendo necesario. Es imposible leer todas las texturas de la memoria antes del renderizado y, dado que el sombreador puede generar dinámicamente los nombres de las texturas, muchas veces éstos no se conocen hasta que el sombreador ha empezado a ejecutarse.

Las búsquedas en los mapas de texturas deben realizarse con la máxima fidelidad. Los mapas de texturas, entorno y sombras deben reproducirse sin artefactos ni ruido y, en muchos casos, estas búsquedas deben aplicar un filtro superior al de los mipmaps con filtrado trilineal.

Efecto de movimiento

Los renderizadores de películas tienen que ser capaces de representar el efecto de velocidad y movimiento con alta calidad, sin parpadeos y sin ruido. Además, el movimiento debe incluir los efectos de transformación (cambio de posición, orientación y escala) y deformación geométrica. Los mejores renderizadores de este tipo, como Gelato, soportan efecto de movimiento multisegmento para un número arbitrario de nodos.

En este campo también son importantes los efectos de profundidad de campo.

Antialiasing

La aparición de imperfecciones y el efecto dentado en los bordes de los objetos son absolutamente inaceptables en una película. Para evitarlos, normalmente se toman muestras de muchos puntos por píxel. En las escenas con cabello o pieles, es normal tomar entre 64 y 100 muestras por píxel. A continuación, el renderizador debe volver a transformar estos valores de subpíxeles en píxeles con un filtro de alta calidad definido por el usuario capaz de soportar más de un píxel.

Tamaño, profundidad, formato y datos de la imagen

Las películas utilizan resoluciones de imagen arbitrarias (4 K para los fotogramas finales y, muchas veces, 8 K o más para los mapas de sombras), profundidades de bits variables (6, 8, medio, flotante), y formatos de imagen de uso habitual (Gelato soporta TIFF y una sencilla API para rutinas de escritura de imágenes suministradas por el usuario).

También es fundamental que la salida del renderizador no proporcione sólo color, mezcla alpha y profundidad, sino también cualquier dato computado por los sombreadores. Esta última propiedad se denomina “variables de salida arbitrarias” (AOV) en la industria del cine, aunque en el mundo de los gráficos en tiempo real se suele denominar MRT (Multiple Render Targets), es decir, múltiples destinos de renderizado. Los fotogramas se guardan en el disco; no es importante renderizarlos directamente en el buffer de gráficos.

Sin límites

La producción cinematográfica no tolera los límites arbitrarios, que son aquellos que establecen el número de texturas, el tamaño de la base de datos de geometría, la resolución, el número de canales de salida y el número de luces.

Iluminación global

Los nuevos renderizadores de películas como Gelato soportan efectos de reflexión y sombras mediante trazado de rayos (*ray tracing*), transporte de luz indirecta, efectos de refracción y difusión de la luz en el agua, iluminación ambiental, oclusión ambiental y difusión de la luz bajo la superficie.

Desplazamiento

La capacidad de utilizar desplazamientos de frecuencia de los subpíxeles adaptados a las diferentes secciones de la imagen es imprescindible en un renderizador de películas y no debería utilizar más recursos del sistema que los que utiliza la geometría sin desplazamientos.

Sombreado programable y flexible

Solía bastar con decir que el renderizado de calidad cinematográfica necesitaba sombreadores programables (lo cual era raro en el software e imposible en el hardware). Ahora que la programación de sombreadores es algo habitual incluso en el hardware, conviene enumerar algunas funciones que distinguen el sombreado de las películas del que se utiliza en el renderizado de tiempo real:

- ❑ Tipos de datos complejos como vectores, colores, puntos, normales y matrices de longitud arbitraria.
- ❑ Variables de cadena, manejo de cadenas y capacidad para hacer referencia a texturas, sistemas de coordenadas y datos externos por nombre en lugar de mediante el uso de manejadores o el paso explícito de matrices como parámetros.
- ❑ Capacidad para ocultar los detalles y límites del hardware. Los directores técnicos que escriben sombreadores no deberían tener que conocer detalles sobre los tipos de datos de menor precisión, los límites de la memoria y las instrucciones, o los nombres y detalles de los registros de hardware. El renderizador nunca debería generar artefactos ni perder precisión a causa de los límites del hardware.
- ❑ Capacidad de llamar a código suministrado por el usuario en el host, *DSO shadeops*.
- ❑ Bucles dependientes de los datos, especialmente para funciones como *ray marching* (muestreo de todo el recorrido del rayo), utilizadas en la creación de efectos volumétricos, o la integración numérica dentro de los sombreadores.
- ❑ Compilación independiente de diferentes tipos de sombreadores, especialmente los de luces.
- ❑ Cálculo de precisión en derivadas y antialiasing. Las derivadas deben utilizar diferenciación central y extrapolación en los bordes de la cuadrícula. La diferenciación progresiva provoca artefactos inaceptables.
- ❑ Secuencias de sombreadores sobre una superficie, con formas flexibles de superposición de capas y conexión de entradas y salidas. En este sentido, Gelato es todo un ejemplo de innovación.
- ❑ Sombreadores con entrada y salida de argumentos con nombres, tipos de datos y número de parámetros arbitrarios.

APIs y formatos apropiados

Un renderizador de películas necesita integrarse en el proceso global de producción cinematográfica. Como mínimo, esto significa:

- ❑ APIs de procedimientos “claras” (C o C++). OpenGL y DX incluyen demasiados detalles del hardware, tienen soporte limitado para superficies de orden superior, y asignación y vinculación de sombreadores, y se ven sobrecargadas por grandes porciones del API dedicadas a funciones interactivas que no se utilizan en las películas.

- ❑ Un formato de archivo de escenas para el manejo de la geometría. Gelato unifica el formato de archivos de escena escribiendo primitivas de procedimientos con el lenguaje de scripts Python. También es posible escribir módulos de Gelato que lean directamente cualquier formato de escena sin traducirlo arbitrariamente a formatos intermedios.
- ❑ La geometría basada en procedimientos en un concepto de enorme importancia que, según las necesidades del renderizador, posibilita funciones como la lectura de información archivada, la ejecución de programas de producción de geometría o la ejecución bajo demanda de operaciones DSO de llamada a APIs (modo “perezoso”).
- ❑ Un lenguaje de sombreado que responda a todas las necesidades de la película. Gelato posee su propio lenguaje de sombreado (GSL) para cumplir este requisito.
- ❑ Flexibilidad para leer una gran variedad de formatos utilizados por los estudios cinematográficos. El renderizador de NVIDIA posee un API muy flexible que acepta datos prácticamente en cualquier formato, lo que permite realizar las pruebas necesarias con Gelato e integrarlo fácilmente en los procesos de producción de los estudios.
- ❑ Módulos externos para los principales paquetes de animación. Gelato dispone de un módulo para importar datos desde Maya y en breve ofrecerá módulos adicionales para otros sistemas de modelado.

La plataforma adecuada

La mayoría de los estudios utilizan Linux y Windows como segunda opción. Gelato es compatible con ambos sistemas operativos y soportará Max OS X si la industria cinematográfica lo demanda.

Conclusiones

El renderizado de películas difiere del renderizado de tiempo real que se utiliza en la producción de juegos. Tiene distintos requisitos y busca otras cualidades. Por tanto, es natural que los productores y directores de cine busquen una herramienta especialmente diseñada para este fin.

NVIDIA ofrece una herramienta única que responde a las necesidades de la industria cinematográfica. Con productos como Gelato, la compañía ofrece al mundo del cine el mismo nivel de compromiso que ya ha demostrado a la industria del juego digital.



Aviso legal

TODAS LAS ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE NVIDIA, PLACAS DE REFERENCIA, ARCHIVOS, DIBUJOS, DIAGNÓSTICOS, LISTAS Y OTROS DOCUMENTOS (DENOMINADOS CONJUNTAMENTE O POR SEPARADO "MATERIALES") SE ENTREGAN "TAL CUAL". NVIDIA NO OFRECE NINGUNA GARANTÍA EXPRESA, IMPLÍCITA, ESTATUTARIA O DE OTRA NATURALEZA CON RESPECTO A LOS MATERIALES Y RECHAZA EXPRESAMENTE CUALQUIER GARANTÍA IMPLÍCITA DE COMERCIABILIDAD, NO INFRACCIÓN O ADECUACIÓN A ALGÚN PROPÓSITO EN PARTICULAR.

NVIDIA Corporation considera que la información suministrada es exacta y fiable, pero no asume responsabilidad alguna por las posibles consecuencias o infracciones de derechos sobre patentes, u otros derechos de terceras partes, que pudieran derivarse de su uso. NVIDIA no otorga licencia alguna por implicación, ni de ningún otro modo, bajo ninguna patente o derecho de patente de NVIDIA Corporation. Las especificaciones mencionadas en esta publicación son susceptibles de cambios sin previo aviso. El contenido de este documento sustituye y prevalece sobre cualquier otra información anteriormente suministrada por NVIDIA. No se autoriza el uso de los productos de NVIDIA Corporation como componentes esenciales de dispositivos o sistemas de apoyo o sostenimiento de la vida sin el permiso previo y por escrito de NVIDIA Corporation.

Marcas comerciales

NVIDIA, el logotipo de NVIDIA y Gelato son marcas comerciales o marcas registradas de NVIDIA Corporation. Otros nombres de empresas y productos pueden ser marcas comerciales y/o registradas de sus respectivos propietarios.

Copyright

© 2004 de NVIDIA Corporation. Quedan reservados todos los derechos.



NVIDIA.

NVIDIA Corporation
2701 San Tomas Expressway
Santa Clara, CA 95050
www.nvidia.com