



Descrizione tecnica

Gelato

Rendering di produzione per i film



Il software di rendering NVIDIA® Gelato™ offre risultati di qualità adatta alla produzione, senza alcun compromesso. Le proprietà di Gelato lo rendono ideale per il rendering di frame definitivi destinati alla produzione cinematografica. Gli effetti speciali visivi e le grandi produzioni cinematografiche sono gli utilizzi più impegnativi per i renderizzatori, pertanto il successo in questo ambito testimonia, una volta di più, che NVIDIA è davvero all'avanguardia nel campo delle innovazioni grafiche.

Che cosa significa, però, un renderizzatore “che non scende a compromessi”? Che cosa è in grado di fare per il rendering cinematografico? Cosa significa davvero “qualità di produzione”? E in che modo questa differisce da ciò che si può ottenere con un motore di gioco, con la grafica in tempo reale o con altri tipi di rendering?

Differenze del rendering cinematografico

È importante comprendere le differenze cruciali tra i videogiochi (e altre applicazioni grafiche in tempo reale) e il rendering dei frame definitivi per i film e altre applicazioni grafiche particolarmente impegnative dal punto di vista grafico.

Qualità dell'immagine e prestazioni di rendering

I segmenti della cinematografia e dei videogiochi valutano in modo molto differente le doti di qualità immagine e prestazioni di un motore di rendering. Nei film, le immagini sono precalcolate, quindi si pone la massima enfasi sulla qualità e sulla complessità dell'immagine definitiva. Un incremento della qualità comporta un miglioramento dell'esperienza della platea, mentre un semplice aumento della velocità di rendering rimane del tutto invisibile al pubblico. Per i videogiochi vale esattamente il contrario: il tempo impiegato per il rendering di un frame svaluta l'esperienza del giocatore. Pertanto, i renderizzatori cinematografici quali Gelato sono progettati principalmente per gestire in modo ottimale la complessità di scene di grandissime dimensioni e non per massimizzare le prestazioni in tempo reale.

Sia nei giochi che nei film, le scene sono organizzate in gruppi di frame temporalmente contigui, renderizzati in modo consecutivo con posizioni della cinepresa matematicamente continue e con una serie comune di risorse artistiche. Per i giochi, queste serie di frame simili sono definite “livelli” e possono essere

mantenute attive per molti minuti consecutivi. Per i film, le serie sono definite “sequenze” e solitamente durano solo alcuni secondi di visione a schermo.

A causa di questa distinzione, i motori di gioco e di produzione cinematografica ammortizzano il carico di lavoro del rendering in modo diametralmente opposto. In un motore di rendering di gioco le texture vengono applicate a decine di migliaia di frame, e questa attività viene usualmente eseguita prima di disegnare il primo frame — quindi “fuori quota” rispetto al calcolo della velocità di rendering effettiva. Al contrario, la maggior parte del rendering cinematografico viene eseguito su frame singoli. Ma anche se si renderizzano intere sequenze simultaneamente per massimizzarne la coerenza interna (e la complessità della scena lo rende proibitivamente difficile), il carico di lavoro può essere suddiviso soltanto sulle poche centinaia di frame (al massimo) che compongono la sequenza stessa.

Uso delle mappe texture

Un'altra differenza chiave è il modo in cui ciascun mezzo si avvale delle mappe texture. I file texture della produzione cinematografica consistono di diversi gigabyte, mentre quelli utilizzati nei giochi sono al massimo di qualche decina di megabyte. Il solo tempo necessario a leggere le texture di una frame cinematografica da un disco o dalla rete può raggiungere diversi minuti. Durate simili si applicano alla lettura, al culling, all'ordinamento e al dicing dei diversi gigabyte che compongono la geometria delle scene cinematografiche.

Non importa quanto possa essere rapido l'hardware grafico, e neppure quanta parte del lavoro possa essere svolto dall'hardware grafico invece che dalla CPU, la manipolazione dei dati necessaria alla sola preparazione del rendering di un frame cinematografico preclude la possibilità di eseguirla in tempo reale. Questa, ovviamente, non è certo una sorpresa — i videogiochi non sarebbero neppure in tempo reale, se i nuovi livelli di gioco dovessero essere ricaricati ogni 2 - 10 secondi di gioco (per non parlare di cosa avverrebbe se fosse necessario farlo per ogni singolo frame). Il limite inferiore della velocità di rendering cinematografico dei frame è dettato dal trasferimento su disco e da altri fattori, non dalle funzioni di trasformazione e riempimento e neppure dalla velocità di ombreggiatura.

Legge di Blinn

Un renderizzatore cinematografico deve inoltre tenere conto della legge di Blinn, che afferma che quando si registra un aumento della velocità di rendering, l'artista aumenterà la complessità del proprio lavoro in modo da nullificarlo. In altri termini, il tempo necessario a renderizzare una scena è una costante — solitamente si tratta di un tempo variabile tra 45 e i 90 minuti, a seconda della tolleranza dello studio per i tempi di attesa. Gli studi rispondono all'incremento delle risorse di rendering realizzando scene più complesse con maggiore uso di geometrie, più sorgenti di luce, ombreggiatori più complessi e un'illuminazione più realistica — non sfruttano mai il vantaggio per eseguire il lavoro con maggiore rapidità. La maggiore complessità è la scelta più ovvia per gli studi cinematografici, dal momento che le immagini definitive sono precalcolate e presentate al pubblico su pellicola.

L'eccezione è l'illuminazione interattiva, per la quale la produzione necessita di velocità interattive per numerose renderizzazioni simili successive. Nell'illuminazione interattiva, geometria, cinepresa e ombreggiatori sono fissi e soltanto i parametri dell'illuminazione vengono modificati di frame in frame. Gli addetti alla produzione cinematografica preferiscono vedere i risultati prodotti dal renderizzatore di frame definitivo invece di utilizzare altri strumenti di previsualizzazione, in modo da poter valutare con precisione l'aspetto del frame definitivo. In questo unico caso, la produzione cinematografica considera accettabile una certa riduzione della qualità. NVIDIA progetta di offrire uno strumento di illuminazione interattiva per Gelato nel prossimo futuro.

Cicli di sviluppo e produzione

Un'altra differenza tra i videogiochi e i film è rappresentata dai loro cicli di sviluppo e produzione. I giochi vengono eseguiti da milioni di persone e ogni singola replica può implicare la renderizzazione di centinaia di migliaia di frame. La possibilità di avere frame rate costanti e garantiti è quindi molto più importante della qualità immagine, della riutilizzabilità del codice o della sua chiarezza, nonché del lavoro e della visione degli artisti e del direttore tecnico.

Le immagini cinematografiche, d'altro canto, vengono renderizzate soltanto una volta e alla massima risoluzione. Il tempo macchina trascorso nella renderizzazione di un oggetto spesso scompare a fronte della quantità e del costo del tempo che occorre al direttore tecnico per programmare l'ombreggiatore necessario. Questo ha numerose implicazioni per lo sviluppo e spiega per quale motivo API e linguaggi appropriati per il tempo reale (DX, OGL, Cg) non siano sempre adeguati per il rendering offline e viceversa.

Proprietà essenziali del rendering cinematografico

Primitive geometriche

I videogiochi, la grafica in tempo reale, l'hardware grafico e anche i pacchetti “professionali di fascia bassa” si affidano ai poligoni (principalmente triangoli) per creare oggetti. Ma il lavoro cinematografico è quasi sempre basato su porzioni bicubiche, NURBS (spesso profilati ad hoc), e, sempre più spesso, su superfici di suddivisione. Strutture composte di un gran numero di poligoni sono piuttosto rare nei frame cinematografici: in questo caso, il compito del renderizzatore è quello di ottimizzare NURBS e superfici di suddivisione.

I punti (per le particelle) e le curve (per i capelli) sono anch'essi importanti e devono essere renderizzati con efficacia in quantità enormi (anche milioni di unità). Per di più, tutte le primitive curve devono inoltre subire un dicing adattivo sulla base della superficie dello schermo e della sua curvatura, in modo da rendere *impossibile* la

comparsa di difetti visivi quali la tessellation (la trasformazione di una curva in triangoli).

Complessità geometrica

L'input geometrico di un singolo frame cinematografico può facilmente consistere di diversi gigabyte — 25 GB non è un valore inaudito. Come obiettivo primario di progettazione, un renderizzatore cinematografico deve essere in grado di gestire una quantità maggiore di dati geometrici di quelli che è possibile caricare nella RAM del sistema.

Gelato si avvale di una varietà di strategie per ottenere questo risultato, fra le quali bucketing, ordinamento, culling aggressivo, testing di occlusione, geometria procedurale e caching su disco.

Complessità e qualità delle texture

Un frame cinematografico spesso richiede centinaia o migliaia di texture, per complessive decine di gigabyte di storage. I renderizzatori cinematografici di maggiore successo utilizzano uno schema di caching nei quali si crea, secondo necessità, il paging da disco dei singole tile coerenti. È impossibile leggere tutte le texture nella memoria prima del rendering. Inoltre, a causa del fatto che i nomi delle texture possono essere generati dinamicamente dall'ombreggiatore, i nomi dei file delle texture spesso non sono noti sino a che si inizia l'esecuzione dell'ombreggiatore.

I lookup della mappa texture devono avere la massima fedeltà. Le mappe di texture, ambiente e ombre devono sfocarsi senza presentare difetti visivi, giunzioni o disturbi. Inoltre, in molti casi i lookup devono disporre di un filtro migliore del normale mipmap trilineare.

Sfocatura di movimento

I renderizzatori cinematografici devono essere in grado di produrre sfocatura di movimento di elevata qualità, senza strobing e con poco disturbo. Inoltre, questa sfocatura deve presentare caratteristiche di trasformazione (modifica di posizione, orientamento e scala), oltre alla deformazione geometrica. I migliori di questa classe di renderizzatori, come Gelato, supportano la sfocatura di movimento multi-segmento per un numero arbitrario di nodi.

Anche gli effetti di profondità di campo sono molto importanti.

Antialias

Nelle produzioni cinematografiche qualsiasi difetto di aliasing visibile è considerato inaccettabile. Questo requisito viene normalmente soddisfatto realizzando numerosi campioni di punto per pixel. Per le scene con capigliature o pellicce virtuali sono comuni valori di 64 - 100 campioni per pixel. Il renderizzatore deve ricostruire questi dati subpixel in pixel con un filtro di elevata qualità specificato dall'utente che presenti un supporto superiore al pixel.

Dimensioni immagine, profondità, formato e dati

I film richiedono risoluzioni immagine arbitrarie (4 K per i frame definitivi e 8 K o più non sono valori inauditi per le mappe delle ombre), profondità di bit flessibili (8, 16, mezzo, float) e formati immagine utili (Gelato supporta il TIFF, più un'API intuitiva per le routine di scrittura immagine fornite dall'utente).

È inoltre cruciale che il renderizzatore produca rappresentazioni in grado di tenere conto non solo dei fattori di colore, alfa e profondità, ma anche di qualsiasi altro dato calcolato dagli ombreggiatori. Questa ultima proprietà viene definita nei film come “variabile di output arbitraria” o AOV, sebbene nel mondo della grafica in tempo reale sia spesso chiamata “Multiple Render Target” o MRT. I frame vengono salvati su disco: il rendering diretto nel frame buffer non riveste particolare importanza.

Nessun limite

I limiti arbitrari non sono tollerabili nelle produzioni cinematografiche. I limiti arbitrari consistono nel numero di texture, dimensioni di database geometrici, risoluzione, numero di canali di output e numero di sorgenti di luce.

Illuminazione globale

I renderizzatori di film più nuovi, come ad esempio Gelato, supportano i riflessi e le ombre in ray-tracing, il trasporto indiretto della luce, le caustiche, l'illuminazione ambientale, l'occlusione ambientale e la dispersione subsuperficiale.

Dislocamento

I renderizzatori cinematografici devono offrire i dislocamenti di frequenza subpixel con dicing adattivo. Questi non dovrebbero assorbire più risorse di sistema delle geometrie non dislocate.

Ombreggiatura programmabile e flessibile

Un tempo era sufficiente affermare semplicemente che il rendering di qualità cinematografica doveva disporre di funzioni di ombreggiatura programmabile (rara nel software e impossibile nell'hardware). Ora che questo tipo di programmabilità è diffusa — anche nell'hardware — è utile enumerare alcune funzionalità che distinguono l'ombreggiatura programmabile per i lavori cinematografici da quella idonea per il rendering in tempo reale:

- ❑ Tipi di dati più ricchi, quali vettore, colore, punto, normale, matrice e relativi array di lunghezza arbitraria.
- ❑ Variabili stringa, manipolazione di stringa e possibilità di riferirsi alle texture, ai sistemi di coordinate e ai dati esterni per nome invece che mediante handle o passaggio esplicito di matrici come parametri.
- ❑ Invisibilità di dettagli e limiti dell'hardware. I direttori tecnici che scrivono ombreggiatori non devono essere necessariamente informati della riduzione di precisione dei tipi di dati, della memoria e dei limiti di istruzioni e neppure dei nomi e dei dettagli dei registri hardware. Il renderizzatore non crea mai difetti visivi né perde di precisione a causa di limiti hardware.
- ❑ Possibilità di richiamare il codice fornito dall'utente sull'host, *DSO shadeops*.
- ❑ Looping dipendente dai dati, specialmente per le applicazioni quali il ray marching per gli effetti volumetrici, o l'integrazione numerica all'interno degli ombreggiatori.
- ❑ Compilazione separata di tipi differenti di ombreggiatori, specialmente gli ombreggiatori di luci.
- ❑ Calcolo di precisione delle derivate e dell'antialiasing. Le derivate devono usare la differenziazione centrale e l'estrapolazione ai bordi della griglia. La semplice forward-differencing porta all'insorgenza di difetti visivi inaccettabili.
- ❑ Sequenza di ombreggiatori su una superficie, con mezzi flessibili di sovrapposizione dei livelli e input e output di connessione. Grazie a queste caratteristiche, Gelato definisce un vero e proprio nuovo standard di settore.
- ❑ Input e output da ombreggiatori di nomi, tipi dati e numero di argomenti parametro arbitrari.

API e formati appropriati

Un renderizzatore per il cinema deve adeguarsi perfettamente alla struttura di produzione cinematografica. Questo significa, quanto meno:

- ❑ Un'API procedurale chiara e semplice (C o C++). OpenGL e DX espongono troppi dettagli hardware: hanno un supporto limitato delle superfici di ordine più elevato e per l'assegnazione di ombreggiatori e binding e sono appesantiti da grandi porzioni delle API dedicate alle funzionalità interattive che non sono utilizzate dai film.

- ❑ Un formato per archivi di scene destinato al “baking” delle geometrie. Gelato unifica un formato per archivio scene con i mezzi per scrivere primitive procedurali utilizzando il linguaggio di scripting Python. È inoltre possibile scrivere plug-in per Gelato che leggono direttamente qualsiasi formato di scena, senza traduzione in un formato intermedio arbitrario.
- ❑ Le geometria procedurale come concetto di prima classe — per esempio, lettura di file archivio, esecuzione di programmi di produzione geometrica oppure DSO che chiamano API eseguiti in modo metodico, secondo le richieste del renderizzatore.
- ❑ Un linguaggio di ombreggiatura che incorpora tutti i requisiti del film. Gelato ha un proprio linguaggio di ombreggiatura (GSL) che soddisfa questa esigenza.
- ❑ La flessibilità necessaria a leggere la varietà di formati utilizzati dagli studi cinematografici. Gelato ha un'API flessibile che gli permette di accettare input in quasi qualsiasi formato, consentendo di semplificare il testing e la transizione delle pipeline esistenti da parte degli studi.
- ❑ Plug-in per i principali pacchetti di animazione. Gelato ha un plug-in per l'esportazione di dati da Maya. A breve seguiranno anche plug-in di esportazione per altri sistemi di modellazione.

Piattaforma appropriata

La maggior parte dei principali studi cinematografici utilizzano Linux. L'altra opzione più diffusa è Windows. Gelato supporta entrambi questi sistemi operativi e supporterà Mac OS X nel caso che l'industria cinematografica lo richieda.

Conclusione

Il cinema è un'applicazione differente dall'uso della grafica in tempo reale nei giochi. Ha esigenze differenti e specifiche. È quindi del tutto naturale che gli addetti ai lavori richiedano a gran voce uno strumento specifico.

NVIDIA offre uno strumento esclusivo in grado di soddisfare tutte le esigenze del mercato. Con prodotti quali NVIDIA Gelato, NVIDIA dimostra al mondo del cinema lo stesso impegno che l'ha resa famosa nel mondo dei giochi in tempo reale.



Notifica

TUTTE LE SPECIFICHE DI PROGETTAZIONE NVIDIA, LE SCHEDE DI RIFERIMENTO, I FILE, I DISEGNI, LA DIAGNOSTICA, LE LISTE E ALTRI DOCUMENTI (UNITAMENTE E SEPARATAMENTE, DEFINITI "MATERIALI") SONO FORNITI NELLO STATO IN CUI SI TROVANO. NVIDIA NON OFFRE GARANZIE, ESPRESSE, IMPLICITE, STATUTARIE O DI ALTRO TIPO IN RELAZIONE AI MATERIALI, E RIFIUTA ESPRESSAMENTE OGNI GARANZIA IMPLICITA DI NON VIOLAZIONE, COMMERCIALIZZABILITÀ E IDONEITÀ A SCOPI SPECIFICI.

Le informazioni fornite sono ritenute accurate e affidabili. Tuttavia, NVIDIA Corporation non si assume alcuna responsabilità per le eventuali conseguenze derivanti dall'uso di tali informazioni o da qualsiasi violazione di brevetti o altri diritti di terze parti che possono conseguire dal loro uso. Non viene concessa alcuna licenza implicita o in altro modo in base a nessun brevetto o diritto di autore di proprietà di NVIDIA Corporation. Le specifiche tecniche menzionate nella presente pubblicazione sono soggette a modifica senza preavviso. Questa pubblicazione rimpiazza e sostituisce tutte le informazioni precedentemente fornite. Non si autorizza l'impiego dei prodotti di NVIDIA Corporation come componenti cruciali di dispositivi per il supporto vitale o per sistemi che non abbiano ricevuto l'espressa approvazione scritta di NVIDIA Corporation.

Marchi

NVIDIA, il logo NVIDIA e Gelato sono marchi o marchi registrati di NVIDIA Corporation. Altri nomi di società e di prodotti possono essere marchi o marchi registrati dei rispettivi detentori.

Copyright

© 2004 by NVIDIA Corporation. Tutti i diritti riservati.



NVIDIA.

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