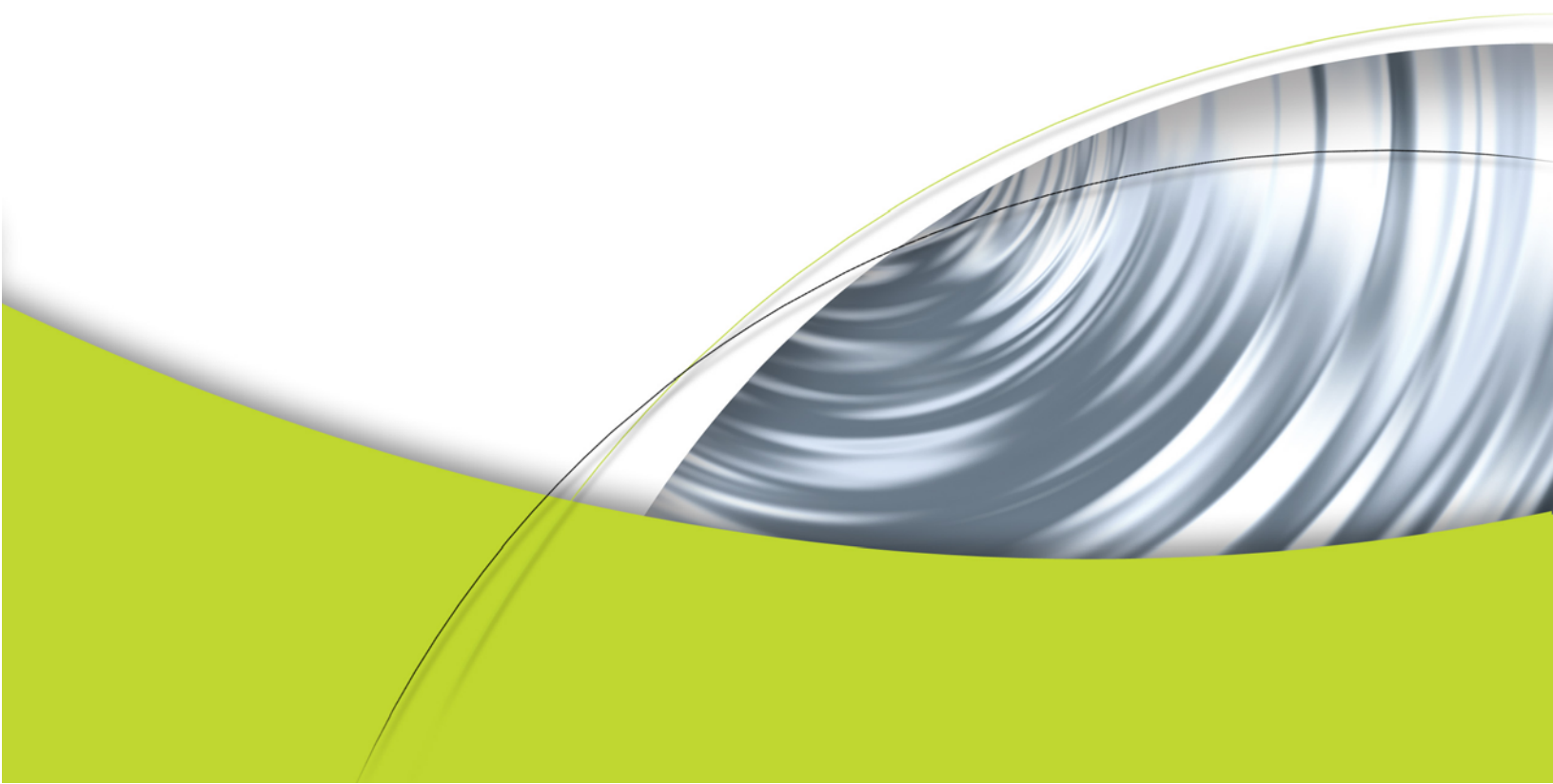




Descrizione tecnica

Grafica di alta precisione
Colore cinematografico sul PC



Qualità del colore senza precedenti per effetti visivi avanzatissimi

La nuova generazione di unità di elaborazione grafica (GPU) di NVIDIA®, le GeForce™ FX, permette agli sviluppatori di sfruttare gli stessi elevatissimi standard di precisione usati attualmente dall'industria cinematografica. I formati in virgola mobile a 16 e 32 bit (FP16 ed FP32) incorporati nelle GPU GeForce FX offrono agli sviluppatori la flessibilità necessaria per creare immagini di qualità sensazionale. La FP32 offre la massima qualità delle immagini, con colore a 128 bit effettivi —lo stesso livello di precisione utilizzato dall'odierna industria cinematografica per ottenere effetti di colore davvero realistici. Il colore di qualità cinematografica richiede sia l'elaborazione che la memorizzazione di pixel a 128 bit. Le soluzioni che non permettono il pieno supporto di una pipeline di elaborazione dei pixel a 128 bit — come le piattaforme che supportano solo i formati FP24 — non sono in grado di produrre una qualità del colore paragonabile a quella delle GPU GeForce FX.

Le piattaforme NVIDIA GeForce FX supportano anche la FP16 per l'ottimizzazione delle prestazioni nei casi in cui 128 bit di profondità di colore risultino superflui. Gli sviluppatori sono liberi di passare da un formato all'altro nelle loro applicazioni, usando quello più adatto a ogni particolare calcolo. Per esempio, alcune operazioni quali l'indicizzazione di una texture ad alta risoluzione possono essere conseguite solo in modalità di qualità ottimale usando un formato in virgola mobile a 32 bit. Se la texture è più grande di 1024×1024 ($2^{10} \times 2^{10}$, richiede almeno 10 bit di mantissa per coordinata della texture), lo sviluppatore deve usare la FP32 per accedere a tutti i dati. Altri calcoli possono essere eseguiti in modo accurato usando la FP16 e trarre vantaggio dalla velocità di esecuzione garantita da questo livello di precisione.

I livelli di accuratezza e scelta permessi dalla disponibilità di questi formati ad elevata precisione permettono la realizzazione di grafica cinematografica in tempo reale e l'ottimizzazione delle prestazioni in ogni situazione.

Questo documento fornisce una panoramica delle limitazioni nelle architetture grafiche che non offrono il supporto completo alla pipeline di colore a 128 bit. Descrive inoltre nel dettaglio gli eventuali problemi che possono affliggere giochi e altre applicazioni ad alto dettaglio visivo eseguite su piattaforme a minore precisione.

"L'avvento della precisione in virgola mobile a 32 bit dei pixel rende possibile la creazione di immagini di altissima qualità. Effetti volumetrici efficaci — nebbia a livello del suolo, foschia sferica, sprite che si dissolvono in modo fluido invece di essere tagliati dalla geometria del mondo virtuale — si possono basare sul buffering z e il riutilizzo per pixel in virgola mobile a 32 bit. Le formule precise di attenuazione dell'illuminazione per pixel si possono basare sulla trasmissione delle posizioni delle sorgenti luminose a registri vettoriali in virgola mobile a 32 bit. Inoltre, le modalità in virgola mobile a 16 e 32 bit consentono un bump mapping di qualità molto superiore. Con soli 8 bit per componente, erano visibili difetti evidenti e mappe di protuberanze non normalizzate." *Tim Sweeney, Epic Games, Inc*

Le sfide attuali

Precisione; essere in grado di specificare esattamente e con accuratezza qualcosa.

La precisione richiede un livello di dettaglio adeguato. Se la situazione prevede la definizione del colore di un'immagine, la precisione richiede l'abilità di creare e scegliere tra un numero sufficiente di tonalità di colore per illustrare con realismo ciascuna parte dell'immagine. Pertanto, la precisione è direttamente correlata alla qualità visiva di qualsiasi immagine.

Su un display di computer, le immagini sono mostrate come una miscela di componenti rosso, verde e blu (RGB). Ogni componente è controllato da un numero di bit. Per comprendere i differenti livelli di precisione in questa situazione, si prenda in considerazione un sistema con 16 bit di colore. Un approccio possibile consiste nel controllare ciascun componente RGB usando 5 bit, permettendo la programmazione di 2^5 o 32 livelli per ciascun colore. (In questo modello, il 16° bit viene solitamente utilizzato per attivare o disattivare la trasparenza). Con il colore a 32 bit, ogni componente RGB può essere controllato con 8 bit, per un totale di 2^8 o 256 livelli per ogni colore. Con l'incremento del numero di bit, il livello di precisione aumenta esponenzialmente. I bit supplementari offrono un controllo più preciso dei livelli di colore, contribuendo al livello di realismo dell'immagine generata. La figura 1 illustra le diverse sfumature di colore in base al numero di livelli di colore.

L'uso dei bit per specificare i colori diventa problematico con l'aumentare della complessità delle immagini. A seconda del formato utilizzato (numeri interi piuttosto che in virgola mobile), il livello di precisione disponibile può non avere la granularità richiesta per il calcolo e la visualizzazione di un'immagine ad elevata qualità. In aggiunta, numerosi calcoli possono soffrire di vari tipi di errori di arrotondamento.

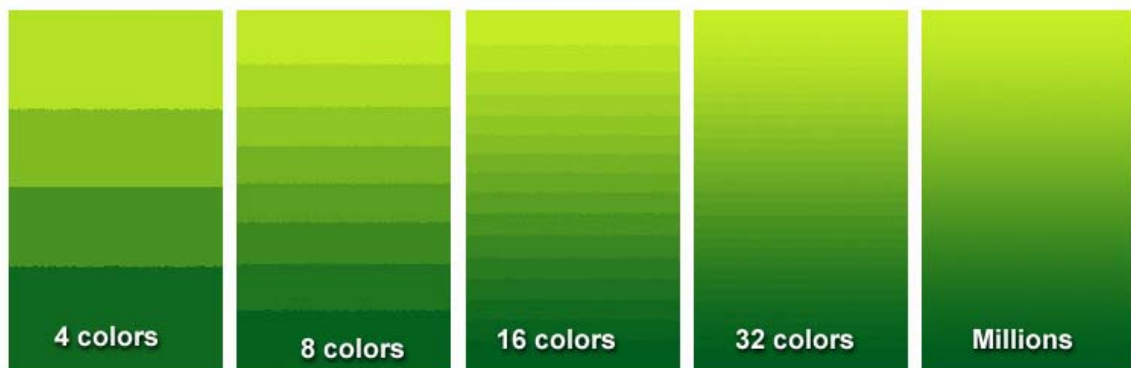


Figura 1. Sfumature di colore dell'immagine.
Le immagini con un numero maggiore di colori sono più realistiche e naturali di quelle con un numero inferiore di colori.

Condizioni di overflow e underflow

Le condizioni di overflow e underflow si verificano quando i limiti di gamma — limiti che vanno di pari passo con la precisione — danno luogo alla perdita di informazioni durante un calcolo. Si prenda in considerazione l'esempio seguente di condizione di overflow. In un calcolo, si usano 8 bit (uno e zero) per rappresentare un numero. L'intervallo dei numeri che possono essere rappresentati va da 0 a 255 (2^8 combinazioni di zero e uno). Se si sommano due numeri (per esempio, 130 e 130), il risultato sarà uguale a 4 (non a 260).

L'esempio precedente tiene conto solo dei numeri positivi. Se si prendono in considerazione anche i numeri negativi, gli 8 bit saranno comunque utilizzati per rappresentare 256 valori, ma la gamma varia sostanzialmente. In questo caso vengono rappresentati i valori da -128 a 127, con il bit superiore che rappresenta il carattere positivo o negativo del numero. Quando si aggiungono o sottraggono numeri, se i valori sono sufficientemente grandi, un risultato positivo può essere interpretato come negativo o viceversa. I valori errati spesso hanno conseguenze importanti per le immagini visualizzate.

La gamma è ancora più netta. Esistono alcuni valori che hanno gamme intrinseche da 0,0 a 1,0, quali i fattori di riflessione e filtratura. I vettori normalizzati hanno una gamma che va da -1,0 a 1,0. Tuttavia, il parametro più cruciale del rendering — la luce — è assolutamente privo di tali limitazioni. Occorre un intervallo molto maggiore di 0 - 1. Q3 opera sulle tabelle gamma sacrificando una certa misura di precisione per ottenere un intervallo da 0,0 a 2,0, ma sapevo bene di dover disporre di ben di più anche per tecniche di rendering primitive. Per modellare accuratamente l'intera gamma della fotosensibilità umana, sarebbe stato insufficiente anche un esponente a cinque bit.”

John Carmack, ID Software

Problemi legati al tempo reale

Attualmente, il massimo realizzabile in termini di qualità dell'immagine renderizzata è definito dall'industria cinematografica. Le sofisticate tecniche di rendering utilizzate per le produzioni di film si affidano a valori in virgola mobile a 16 o 32 bit per ciascun componente RGB (colore a 64 o 128 bit). Dato che la grafica 3D in tempo reale tende a convergere sulla qualità cinematografica, molte delle complesse operazioni in precedenza limitate al rendering per i film stanno ora diventando possibili anche in tempo reale. Queste operazioni in tempo reale richiedono una precisione enorme. Senza un'elevatissima precisione numerica, si riscontrano numerosi difetti visivi e altri problemi, che rovinano l'illusione cinematografica della scena.

Infine, numerosi fra gli odierni giochi 3D si avvalgono di tecniche che tentano di aggirare le attuali limitazioni di precisione. Sfortunatamente, queste soluzioni alternative riducono le prestazioni dei giochi e vincolano i programmatori in modo intollerabile.

"Sto cercando di ottenere da diversi anni un paio di bit di gamma in più, ma ora mi piacerebbe davvero disporre di 16 bit di colore in virgola mobile sull'intera pipeline grafica. Un bit di segnalazione, dieci bit di mantissa e cinque bit di esponente (con il possibile scambio di uno o due bit fra le parti di mantissa ed esponente). Neanche questo sarebbe il massimo, ma almeno sarebbe un progresso logico." *John Carmack, ID Software*

Problemi dovuti alla mancanza di precisione

La carenza di precisione numerica può causare numerosi difetti e problemi che pregiudicano la qualità dell'esperienza visiva. Le sezioni seguenti evidenziano un numero di questi problemi e includono illustrazioni di difetti e delle relative soluzioni permesse da una maggiore precisione numerica.

"La GeForce FX risolve un problema di rendering fondamentale. Con il supporto del colore a 64 bit e 128 bit, gli sviluppatori ora dispongono di precisione e gamma dinamica del canale del colore sufficienti a fare in modo che la GPU esegua le complesse equazioni di rendering per ogni singolo pixel. Nelle generazioni precedenti, queste equazioni di rendering potevano essere calcolate solo dalla CPU (quindi, non in tempo reale), o con espedienti tecnici limitati." *Jay Stelly, Valve, LLC*

Mappe di protuberanze

Quando si eseguono le operazioni di bump mapping, vengono calcolate nuove normali* (vettori) di shading usando le posizioni dei punti circostanti sulla superficie scostata. Come esempio dei problemi potenziali che possono verificarsi quando i livelli di precisione sono inadeguati, si consideri il caso di un programma di analisi degli shader fornito dalla società Exluna, che si avvale del proprio renderer Entropy. Questo programma traccia overflow e underflow dei calcoli numerici. Prima della GeForce FX, esistevano difetti sostanziali a causa della perdita di precisione derivante dall'underflow durante la creazione di effetti che prevedevano le derivate. Quando due numeri di valore prossimo venivano sottratti senza precisione sufficiente, poteva risultarne una cancellazione catastrofica. Il risultato restituito poteva essere zero, invece di un valore contenuto in virgola mobile.

Questo problema di precisione produce aree scostate bugnose che vengono visualizzate come se si fosse applicato un operando per mappe topografiche piuttosto che una variazione di regolarità in funzione dell'altezza. La figura 2 è una buona illustrazione di questo difetto visivo. Grazie alle modalità FP16 ed FP32 della GeForce FX, queste situazioni possono essere evitate utilizzando il formato corretto per risolvere il problema particolare.

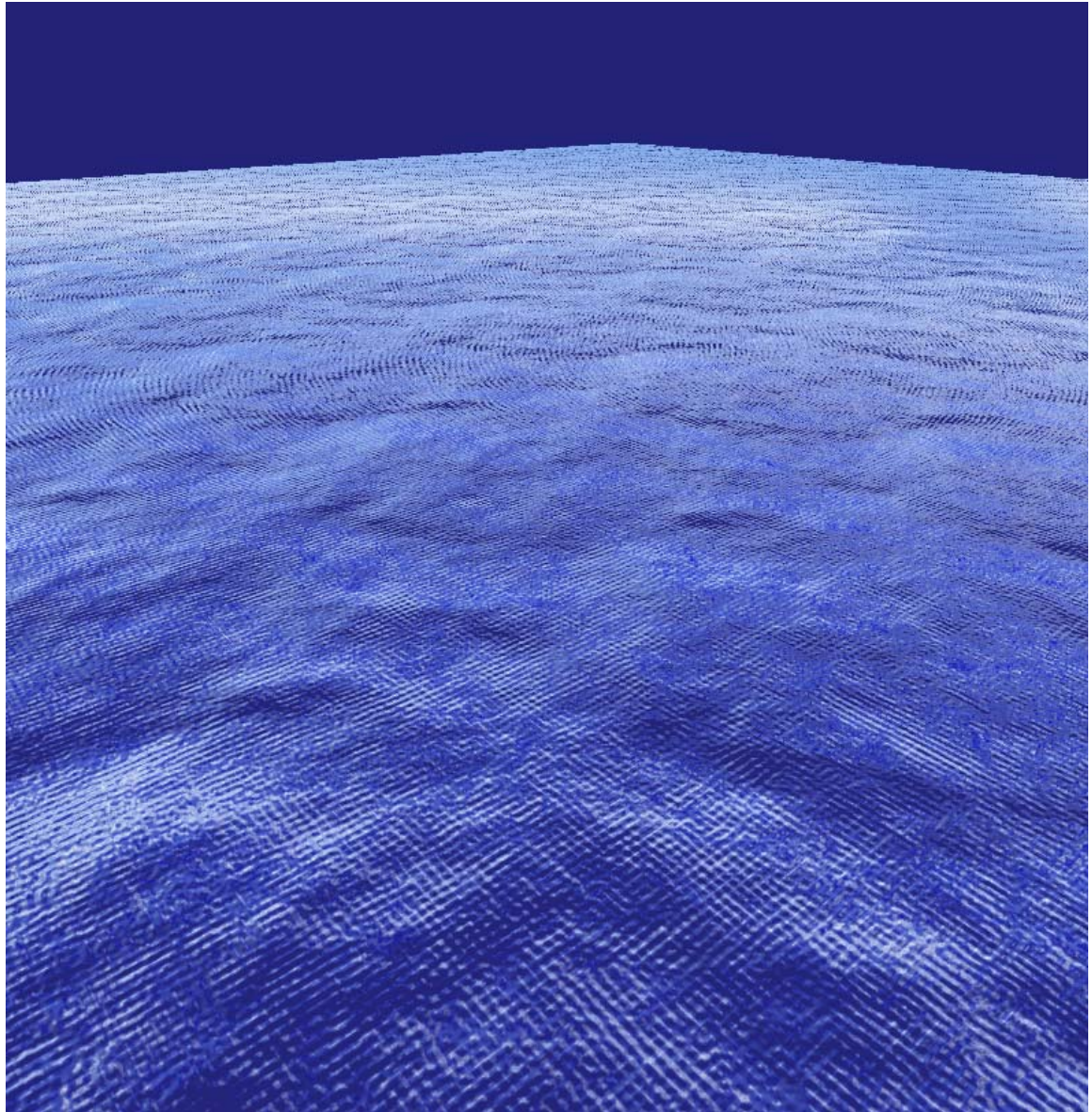


(Immagini cortesemente concesse da Discreet)

Figura 2. L'immagine sulla sinistra ha una precisione minore di quella a destra. Si notino i difetti che compaiono sulla punta della scarpa e sul calzone (modello di sinistra).

Come ulteriore esempio dell'importanza della precisione, si consideri l'increspatura dell'acqua mostrata nelle figure 3 e 4. L'acqua è stata simulata fisicamente usando dei pixel shader. Le normali sono generate calcolando le differenze su una mappa di altezza (vedere l'appendice). Le altezze sono perturbate per increspature l'acqua, e i riflessi e le rifrazioni sono lookup del vettore riflesso.

Questo tipo di effetti ha una grande propensione a manifestare problemi di overflow e underflow. L'acqua increspata può arrestarsi completamente o mostrare movimenti eccessivi a causa di questi errori. Nel passato, gli sviluppatori hanno impiegato notevoli quantità di tempo e sforzi nella definizione di limiti di underflow e overflow e nella salvaguardia da queste situazioni. Grazie alle capacità FP16 e FP32, questi difficili sforzi possono essere evitati. Con un intervallo che si espande per 2^{16} o 64 K, la maggior parte delle applicazioni non ha alcuna necessità di ricorrere a compromessi per la qualità visiva. I risultati includono grafica di aspetto decisamente migliore e più flessibile da creare.



(© 2002 NMDIA Corporation)

Figura 3. La carenza di precisione durante la creazione di superfici quali l'acqua increspata produce problemi quali la "quadrettatura". Per evitare la quadrettatura sui sistemi a bassa precisione, i programmatori sono limitati a una gamma ridotta di parametri fisici che a loro volta penalizzano le lunghezze d'onda, le dimensioni e le velocità delle onde animate.



(Immagine presa da Elder Scrolls III: Morrowind, per cortesia di Bethesda Softworks, Inc.)

Figura 4. L'acqua increspata con riflessi e rifrazioni necessita di una precisione elevata per una migliore qualità visiva e di una maggiore libertà da limiti e vincoli.

Post-elaborazione del frame buffer ed effetti Photoshop™

Gli effetti di post-elaborazione del frame buffer spesso richiedono una precisione elevata. Fra gli esempi si possono citare i mosaici, la sfocatura da movimento e i rilievi, nei quali le differenze e gli accumuli spesso degradano l'accuratezza di un gruppo di numeri. I formati FP16 ed FP32 permettono agli sviluppatori di fornire gli effetti nel modo più efficiente (con i risultati della qualità più elevata).

Illuminazione con correzione della gamma

La correzione della gamma è cruciale per la visualizzazione accurata di un'immagine su uno schermo di computer. Intuitivamente, il raddoppio del valore dell'intensità dovrebbe dare luogo a un pixel di brillantezza doppia. In realtà, le cose non stanno così. Le curve di risposta dei display di computer standard e dei nuovi flat panel non corrispondono in modo matematico alla fotosensibilità dell'occhio umano.

"La corretta gestione della gamma e delle operazioni nello spazio di intensità lineare sono molto importanti per il miglioramento del realismo della grafica. Il supporto della conversione della gamma sul campionamento delle texture è un grande passo avanti." Tim Sweeney, Epic Games, Inc

Nella figura 5, il grafico dell'input mostra un aumento lineare nel valore dell'intensità. Se visualizzato senza correzione, l'occhio umano percepirebbe un incremento di intensità come illustrato dal secondo grafico. L'incremento non sarebbe percepibile visivamente come lineare. La figura 6 illustra in che modo il valore dell'intensità luminosa possa ricevere una correzione di gamma in modo che un incremento del valore dell'intensità sia percepito correttamente dall'occhio umano. (L'equazione di correzione della gamma utilizzata è inclusa nell'appendice).

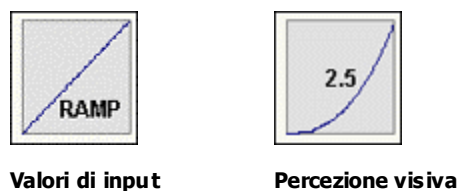


Figura 5. Senza correzione della gamma, l'incremento lineare dei valori dei colori non appare come proporzionale (lineare).



Figura 6. Con la correzione della gamma, un algoritmo è applicato ai valori di colore prima di visualizzarli sul monitor. Il risultato che appare sul monitor ottiene la variazione di colore prevista.

Questi tipi di mappature sono impossibili da mantenere accuratamente (in modo uniforme) senza formati numerici con precisione a valori interi o migliore. Oltre alla precisione, anche l'intervallo rappresenta un fattore importante. Un valore richiede un intervallo adeguato, oltre alla granularità appropriata.

La GeForce FX risponde direttamente a entrambe queste esigenze. Grazie ai formati FP16 e FP32, la curva visuale risultante può essere seguita con maggiore precisione, e, nel caso dello FP32, è possibile soddisfare le esigenze degli sviluppatori più all'avanguardia. Tutte le immagini hanno una variazione più fluida e piacevole dell'intensità di colore. Una superficie che passa da scura a luminosa sembrerà acquisire una maggiore luminosità su tutta la superficie dell'oggetto, in modo più realistico.

Intervallo dinamico di mappatura immagine/toni

Simile alla correzione della gamma, la simulazione di aree con eccesso di luminosità o di oscurità può essere effettuata con successo grazie alla tecnologia della GeForce FX (vedere le figure 7, 8 e 9). Inoltre, gli sviluppatori possono simulare immagini con intervalli di gamma altamente dinamici oltre alla risposta del sistema visivo umano alle rapide variazioni luce-ombra oppure ombra-luce. Tutti questi effetti possono essere ottenuti con una qualità visiva davvero naturale e simile alla capacità visiva umana.

Prima delle capacità offerte dalla GeForce FX, durante i tentativi di risolvere i problemi causati dall'eccesso di luminosità o di oscurità, i formati di precisione disponibili spesso creavano un insidioso difetto visivo chiamato clamping. Per comprendere la natura di questo difetto, si consideri l'esempio seguente. Uno sviluppatore dispone di due sorgenti luminose di cui intende ricavare il valore medio. Ogni sorgente ha un'intensità di 0,6 su una scala normalizzata da zero a uno. Dato che il massimo della precisione è 1, la somma di due sorgenti luminose del valore di 0,6 produce un valore 1,2, che viene quindi limitato per clamping a 1,0. La divisione di questo valore fornisce quindi una luce media di 0,5. Il risultato effettivo è invece di 0,6. Benché semplicistico, questo esempio illustra alla perfezione una situazione piuttosto comune relativa alla gamma dinamica nella quale il clamping (overflow) impedisce di ricavare il risultato corretto.

Grazie ai formati di precisione FP16 ed FP32, l'overflow non rappresenta un problema. Lo sviluppatore ha la libertà necessaria a operare con relazioni di gamma corrette nello spazio lineare o con correzione della gamma. Inoltre, la GeForce FX contiene anche un nuovo formato di correzione della gamma (S,R,G,B) che elimina la perdita di precisione nella texture. Una texture, creata usando una fotocamera digitale o altri dispositivi digitali, ora è in grado di conservare la gamma dell'immagine originale utilizzata nel mondo 3D. Inoltre è possibile correggere la gamma R, G, B, o il canale alfa di un pixel in modo individuale o in qualsiasi combinazione desiderata. Questa capacità permette di introdurre una miriade di nuovi effetti.



(© 2002 NVIDIA Corporation)

Figura 7. Immagine eccessivamente scura.



(© 2002 NMDIA Corporation)

Figura 8. Immagine a contrasto normale.



(© 2002 NMDIA Corporation)

Figura 9. Immagine eccessivamente chiara.

Componenti speculari per pixel

Se posta a confronto con l'illuminazione di Gouraud, l'illuminazione speculare per pixel fornisce un'elevata copertura/precisione delle luci. Tuttavia, l'accuratezza aumentata grazie al calcolo speculare richiede una granularità ancora maggiore delle luci dovuta al fatto che la luce speculare richiede un numero esponenziale di moltiplicazioni e calcoli (vedere l'appendice per la formula matematica). Senza il corretto livello di precisione e accuratezza, la luce speculare brillante può apparire innaturale e fuori posto nell'immagine renderizzata (vedere le figure 10 e 11).

Lo sviluppatore supera molto rapidamente le limitazioni degli 8 bit e di solito anche quelle dei formati FP inferiori (s1m10e5, laddove 1 bit è designato per il segnale, 10 bit per la mantissa e 5 bit per l'esponente). Grazie alla possibilità di scegliere tra le modalità FP16 ed FP32, gli sviluppatori dispongono finalmente della flessibilità necessaria. I programmatori possono selezionare la modalità di precisione FP32 più elevata, oppure usare la FP16 e massimizzare la velocità pur conservando una qualità visiva superiore alla media.



(© 2002 NVIDIA Corporation)

Figura 10. Bande speculari.

Si noti la qualità scarsa della luce speculare sul cofano, ad inclusione del difetto visivo (punto bianco). Si tratta di una conseguenza diretta di una carenza di precisione per i calcoli richiesti.



(© 2002 NVIDIA Corporation)

Figura 11. La GeForce FX, grazie all'incremento di precisione, elimina sia i difetti speculari che la bandatura.

Effetti basati sulla distanza

L'illuminazione volumetrica, la nebbia e gli effetti foschia sono sensibili anche alla precisione. Questi effetti sono generalmente rappresentati in 3D, in modo simile a un formato RGB. Ogni dimensione ottiene 8 bit di precisione. Questo limita ognuno di questi effetti a 256 livelli di valore. La caduta è molto rapida o quasi inavvertibile (a seconda della scala). Le modalità FP16 ed FP32 mettono a disposizione degli sviluppatori un numero infinito di gradazioni. Di conseguenza, gli effetti di foschia e di illuminazione possono essere raffinati e dettagliati.

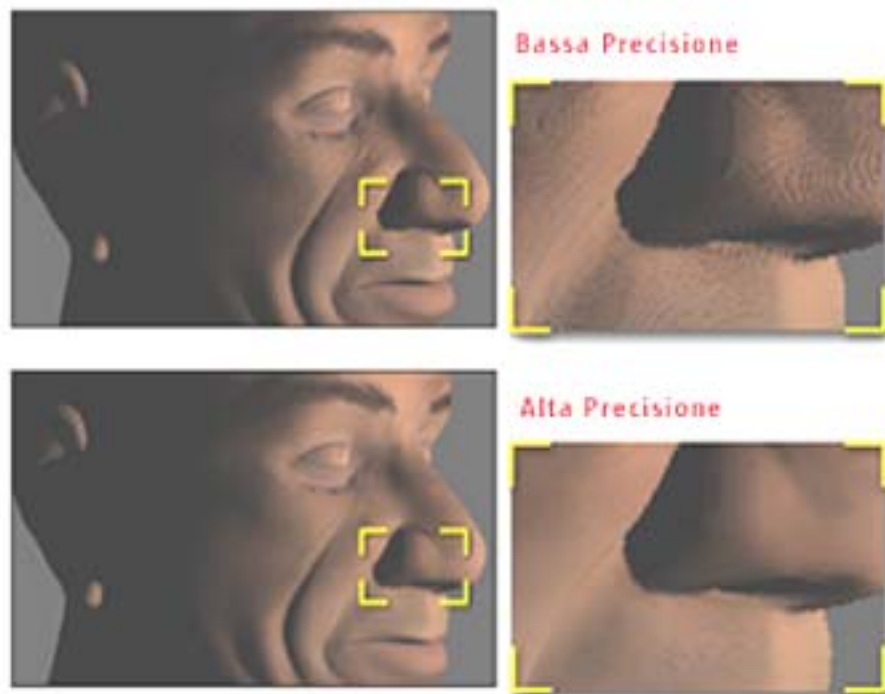
Buffer ombre

I buffer ombre sono utilizzati frequentemente nei giochi 3D. L'idea è di renderizzare la scena dal punto di vista della sorgente luminosa e quindi evitare di inserire l'informazione relativa alla profondità in una texture. La scena viene quindi ri-renderizzata dal punto di vista della fotocamera, e il buffer ombre viene confrontato agli oggetti nella scena. Se l'oggetto è alle spalle dell'ombra, viene visualizzata l'ombra.

Il buffering delle ombre è una tecnica di grande efficacia. Tuttavia, prevede un paio di fattori correlati alla precisione (vedere la figura 12):

Ordinamento ombre: se la precisione è insufficiente, le ombre possono non essere ordinate in modo corretto. Le modalità FP16 ed FP32 permettono una maggiore rapidità e accuratezza delle ombre hardware attuali. La precisione supplementare evita anche i problemi di ordinamento che danno luogo all'“acne delle ombre”, altro nome dei punti neri associati con un'ombreggiatura errata.

Sorgenti a punto singolo: precedentemente, quando le ombre e gli oggetti arrivavano in prossimità della fotocamera, il buffer ombre non disponeva di precisione sufficiente a trattare con efficacia con la prossimità eccessiva della z alla fotocamera. Le modalità FP16 ed FP32 contribuiscono a risolvere il problema.



(© 2002 NVIDIA Corporation)

Figura 12. Immagini ombra

Queste immagini ombra contrastano con la profondità di contrasto a elevata gamma dinamica garantita dalle immagini ad elevata precisione e dai risultati a bassa risoluzione con scarsa precisione. Gli inserti evidenziano la differenza di qualità. (© 2002 NVIDIA Corporation)

Giochi preesistenti

L'architettura di alta precisione della GeForce FX migliora anche la qualità visiva dei giochi già esistenti. Una maggiore precisione dà luogo a una fusione più dettagliata delle texture. Questo contribuisce a migliorare la qualità visiva di tutti i giochi programmati per le API DirectX 7.0 o DirectX 8.0.

Conclusione

La tecnologia grafica 3D continua a superare ogni barriera in termini di qualità visiva ed effetti speciali. Si tratta di una conseguenza naturale della tendenza degli sviluppatori verso uno shading di tipo cinematografico. Per ottenere un colore e un realismo di qualità cinematografica, gli sviluppatori devono eseguire con precisione calcoli che si avvalgono di formati di dati di maggiore precisione. La GeForce FX supporta entrambe le modalità bit FP16 ed FP32, e può visualizzare 128 bit di colore sull'intera pipeline grafica per una qualità del colore di tipo davvero cinematografico. Queste modalità permettono una reale flessibilità — lo sviluppatore dispone dei livelli di qualità più alti grazie alla modalità FP32 (offre un livello di precisione del colore pari a quello utilizzato nell'industria cinematografica) oppure può avvalersi della più rapida modalità FP16 che offre comunque una qualità dell'immagine superiore. La flessibilità insita nella possibilità di scelta tra le modalità di massima precisione e di massime prestazioni rappresenta un risultato di rilievo per il settore della visualizzazione di alta qualità in tempo reale.

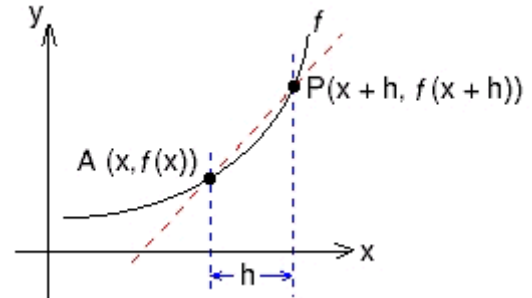
"Solo un anno fa, questo non era un vero problema, dato che allora gli sviluppatori erano ben contenti di poter coprire lo schermo un paio di volte a un frame rate accettabile. La grafica in tempo reale sta rapidamente lasciandosi alle spalle il concetto della copertura con wallpaper per passare al calcolo di equazioni di illuminazione di elevata complessità per ogni singolo pixel. Non è irragionevole pensare che, tra breve, una ventina di texture possano contribuire al valore finale di un singolo pixel. Gamma e precisione hanno un'importanza enorme." *John Carmack, ID Software*

Appendice A. Equazioni

Derivate

Una *derivata* è una funzione matematica che esprime il rapporto del tasso di variazione di una variabile rispetto al tasso di variazione di un'altra variabile in uno specifico momento. Un possibile esempio è costituito dal tracciamento della curva di una linea (il tasso di variazione del valore orizzontale rispetto a quello di variazione del valore verticale).

Nell'esempio illustrato, l'inclinazione della AP sarà la differenza su y tra i punti P ed A divisa per la differenza su x (h). Questo calcolo richiede una divisione. Una derivata è in effetti l'inclinazione di una curva, ma ricavata su un punto singolo. A seconda della complessità della curva, una derivata può richiedere un calcolo piuttosto complicato. Durante calcoli di questo tipo, è possibile registrare perdite di precisione. Queste possono condurre a errori nel valore finale. Quando gli errori si verificano nei colori dei pixel, i risultati finali sono difetti e anomalie visive.



Normali

La definizione di alcune primitive grafiche avanzate richiede la specifica di vettori di riferimento. Per l'efficienza di programmazione, si utilizza la forma normalizzata di questi vettori. Un vettore normalizzato (che viene indicato come una normale), viene definito come segue:

$$N = (v_x, v_y, v_z)/L$$

laddove:

$$L = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

Pertanto, la lunghezza del vettore risultante (N) è 1.

Le normali sono utilizzate in numerose operazioni grafiche, incluso il calcolo degli effetti di una sorgente luminosa e mappatura di protuberanze.

Luci speculari.

Le luci speculari sono calcolate utilizzando la funzione seguente:

$$I_{\text{spec}} = (\mathbf{n} \cdot \mathbf{h})^{m_{\text{shi}}} M_{\text{spec}} * S_{\text{spec}}$$

Questo calcolo rappresenta il vettore riflesso speculare che viene calcolato per una specifica sorgente luminosa e oggetto. I fattori che contribuiscono al valore del vettore sono:

Il vettore normale \mathbf{n}

Il semivettore \mathbf{h} (che è il semivettore normalizzato tra la luce e il vettore di visualizzazione)

m_{shi} (il parametro di brillantezza del materiale)

M_{spec} fratto S_{spec} (il vettore di colore che descrive la luce che si riflette su un materiale classificato come di tipo M_{spec})

Correzione della gamma

L'equazione generica di correzione della gamma è:

$$c = c_i^{(1/\Gamma)}$$

Questa equazione, che richiede una divisione per ricavare il valore dell'esponente, viene utilizzata per adattare il valore dell'intensità del colore lineare alla realtà fisica del monitor del display. Questo tipo di calcolo matematico, che tiene conto dell'inverso di un numero, richiede un grado di precisione elevato; l'uso di una risposta come esponente per un altro numero incrementa l'esigenza di precisione.

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 possano derivare dal loro uso. Nessuna licenza viene garantita implicitamente o altrimenti in base a nessun brevetto o diritto di autore di NVIDIA Corporation. Le specifiche tecniche menzionate nella presente pubblicazione sono soggette a variazione senza preavviso. Questa pubblicazione sostituisce e rimpiazza tutte le informazioni precedentemente fornite. I prodotti di NVIDIA Corporation non sono autorizzati per l'uso come componenti cruciali di dispositivi o sistemi di supporto vitale senza l'espresso consenso scritto da parte di NVIDIA Corporation.

Marchi

NVIDIA e il logo di NVIDIA sono marchi registrati di NVIDIA Corporation.

Microsoft, DirectX, Windows, e il logo di Windows sono marchi registrati di Microsoft Corporation. Altri nomi di prodotto e società possono essere marchi dei rispettivi proprietari o detentori.

Diritti di autore

Copyright NVIDIA Corporation 2002.



NVIDIA.

NVIDIA Corporation

24 Rue Jacques Ibert 92300 Levallois Perret

France

www.nvidia.it