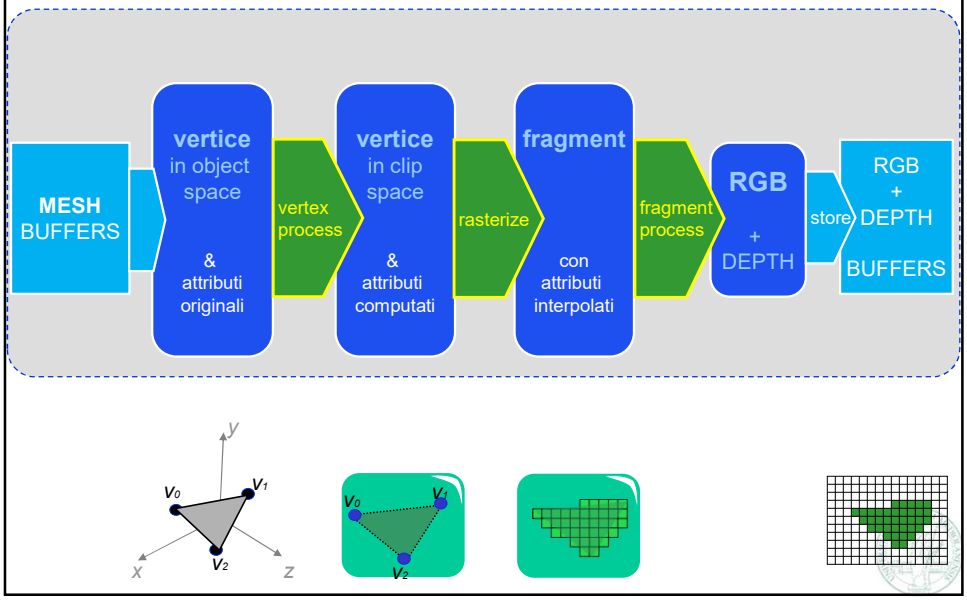
Marco Tarini - Computer Graphics 2024/2025
Università degli Studi di Milano

Partecipating media (fog)

1

Pipeline di rendering (semplificata)



2

Pipeline di rendering: un sommario

- ✓ Le varie tecniche algoritmiche di rendering su GPU basati su rasterizzazione sono pensate per essere implementate sulla pipeline di rendering
  - ⇒ Scegliendo quale computazione effettuare in ogni fase
- ✓ Domande da chiedersi, di caso in caso:
  - ⇒ Quale attributo mi è necessario per vertice?
  - ⇒ Quale quantità è calcolata in quale fase? (per vertice, o per frammento)
  - ⇒ Le variabili in uscita dal vertex program (attributi) (in qualsiasi numero e di qualsiasi tipo siano) sono interpolate dal rasterizzatore e i valori risultanti sono forniti al fragment program per ogni frammento
- ✓ Vediamo un esempio: l'effetto nebbia (fog)

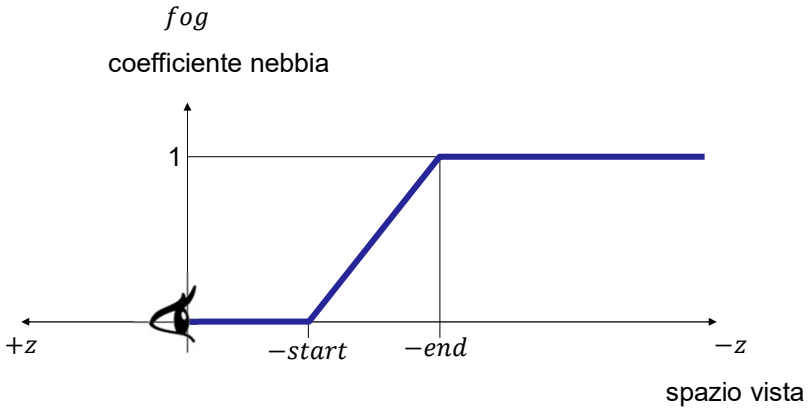
3

Fog
(cioè participating media, cioè depth cueing)

- ✓ L'effetto reale che vogliamo simulare: "participating medium":
  - ⇒ il mezzo (il «medium») attraverso il quale viaggia la luce influenza la luce stessa, assorbendone una parte (su alcune frequenze)
  - ⇒ Maggiorente lungo è il percorso fino alla camera, più accentuato è l'effetto
- ✓ E' facile simulare questo effetto nel rendering basato su rasterizzazione
- ✓ Idea Base:
  - ⇒ tanto più un frammento dista dall'osservatore quanto più il suo colore è impattato da nebbia / foschia / etc
- ✓ Quindi: la *Z* del vertice in *spazio vista* determina il «coeff. di nebbia»
  - ⇒ in alternativa, potremmo calcolare l'effetto anche in spazio clip o spazio schermo

4

Calcolo del coefficiente della nebbia



5

Calcolo del coefficiente della nebbia

- ✓ A parole: «il coefficiente nebbia è una funzione lineare «clampata» fra 0 e 1 della z in spazio vista»
- ✓ In formula, dato un punto di coordinata z in spazio vista (negativa):

$$fog = clamp\left(\frac{(-z) - start}{end - start}, 0, 1\right)$$

coefficiente nebbia
0 = niente nebbia
1 = si vede solo nebbia

funzione che porta a 0 se <0 e a 1 se >1

Verificare che questa formula restituisce…
0 quando $z = -start$
1 quando $z = -end$

- ✓ $start$ e end sono parametri dell'effetto:
  - ⇒ $start$: la distanza (positiva) dall'osservatore prima della quale non si percepisce alcuna nebbia
  - ⇒ end: la distanza (positiva) dall'osservatore, dopo la quale si ha 100% nebbia (l'oggetto sparisce del tutto)
- ✓ Anche altre formule (più realistiche di questa) sono possibili

6

Usare il fattore nebbia applicare il colore

✓ Dopo aver calcolato il fattore nebbia, lo applico al colore finale del pixel associato al frammenti

⇒ ricordando che colore = tripletta di valori r,g,b

$$colore_{finale} = fog \cdot colore_{nebbia} + (1 - fog) \cdot colore_{originale\_frammento}$$

il colore nebbia (è una costante, e un parametro)

a parole:
"il colore finale è un'interpolazione lineare fra il color nebbia e il colore originale"
(l'ennesimo l'uso di interpolazione lineare che incontriamo, questa volta sui colori)

Verificare che questa formula restituisce… $colore_{nebbia}$ quando $fog = 1$
$colore_{originale}$ quando $fog = 0$

7

Utilità dell'effetto fog in CG 1/2

1. Simulare (in modo approssiamto) il partecipating media
   - ⇒ Nebbia, foschia, acqua sporca (rendering subacquei) etc;
   - ⇒ Se color fog (e sfondo) = nero: effetto oscurità (cruda approssimazione)
2. Mascherare gli artefatti di *popping* dovuto al *clipping* contro il *far-clipping-plane*
   - ⇒ Senza fog: gli oggetti spariscono o riappaiono di colpo quando attraversano il *far-clipping plane*
   - ⇒ Con fog: gli oggetti subiscono un *fade-out*, cioè si dissolvono progressivamente nella nebbia, con continuità, diventando color-sfondo, man mano che si avvicinano al *far clipping plane*.
   - ⇒ Per ottenere questo effetto dobbiamo scegliere:
     (a) il colore della nebbia identico al colore sfondo
     (b) la distanza far coincidente con la distanza z_far usata nella matrice di proiezione
   - ⇒ Usato nei videogames (che spesso hanno bisogno di *far clipping plane* più vicini di quanto si desidera, per motivi di efficienza)

8

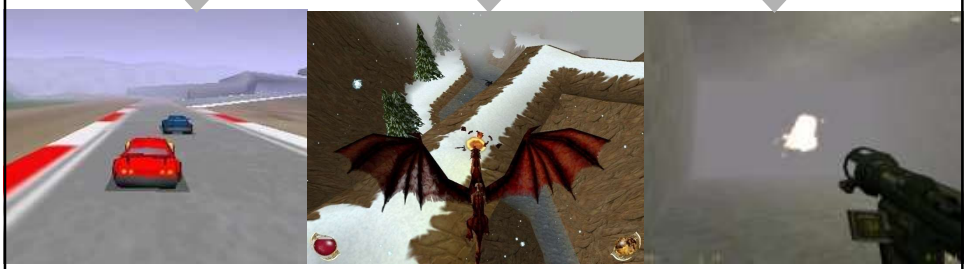
Utilità dell'effetto fog in CG 2/2

3. Suggerire visivamente la profondità degli oggetti:
   - ⇒ Nel contesto della visualizzazione scientifica (e altri)
   - ⇒ Il fog consente di leggere la profondità relativa degli oggetti nei rendering 3D, e produrre immagini intuitive e facili da interpretare
   - ⇒ Particolarmente utile in assenza di altri indizi, come la prospettiva (cioè quando è usata proiezione ortografica)
   - ⇒ Particolarmente utile in presenza di forme 3D complesse e non intuitive
   - ⇒ Il fog usato per questo scopo è detto «**depth cueing**» («dar spunti di profondità»)

9

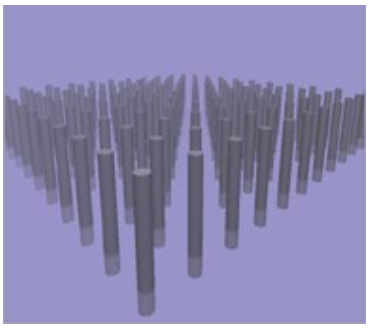
Esempi

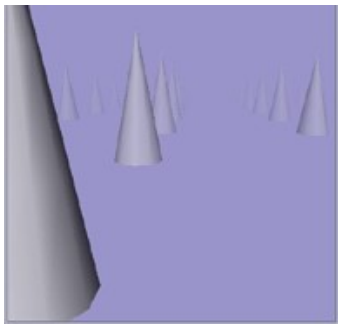
spesso usato nei videogames per mascherare il popping dovuto al clipping contro il far-clipping-plane



10

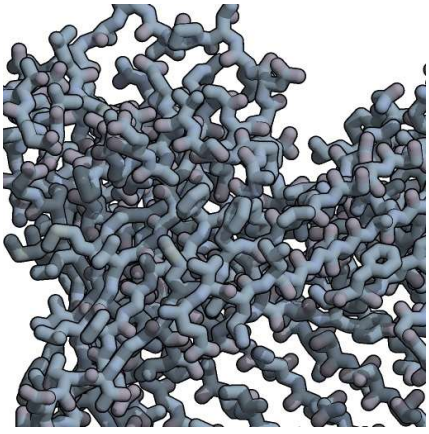
Esempi



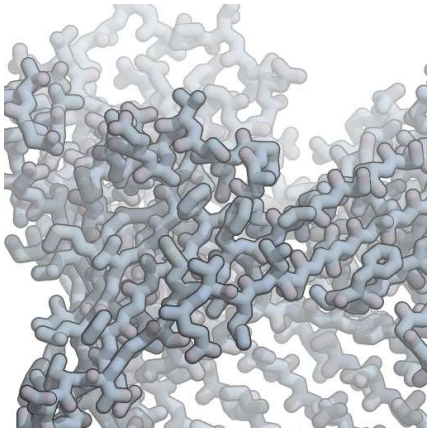


11

Esempio: il depth cueing può essere utile nella visualizzazione molecolare



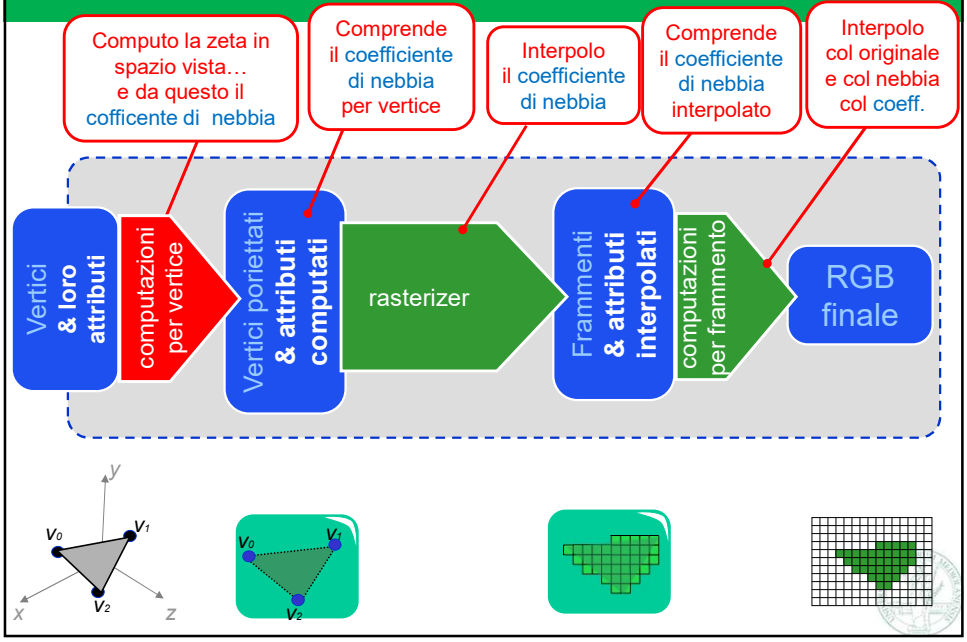
senza
(minore leggibilità)



con
(maggiore leggibilità)

12

Esempio di computazione del fog nel pipeline



13

Implementare l'effetto fog 1/2

- ✓ Il computo del fog è implementato nelle computazioni per vertice e per frammento
  - ⇒ Nessun particolare supporto HW è necessario
  - ⇒ (a differenza di meccanismi come depth-test o back-face culling che sono implementati in HW, automaticamente)
- ✓ A basso livello (in API come OpenGL o WebGL):
  - ⇒ l'effetto fog è implementato programmandolo nel vertex shader (il programma utente eseguito su ogni vertice) e nel fragment shader (il programma utente eseguito su ogni frammento)
- ✓ Nelle librerie ad alto livello (come three.js o Unity)
  - ⇒ l'effetto fog è già implementato dalla libreria, e deve solo essere abilitato
- ✓ (le stesse considerazioni varranno anche per il lighting)

14

Implementare l'effetto fog 2/2

- ✓ Le librerie ad alto livello, come **`three.js`**, implementano per noi l'effetto fog.
- ✓ Dobbiamo solo settarne i parametri e abilitarlo
  - ⇒ Vedi anche cgLab05.html e .js

```
var colorNebbia = 0x00FFFF; // qui: un azzurro cielo
var near = 0.5; // espresso in spazio vista
var far = 4.0;  // espresso in spazio vista
var nebbia = new THREE.Fog(colorNebbia, near, far);

scena = new THREE.Scene();
// ...
scena.fog = nebbia;
```

- ⇒ Nota: conviene usare `colorNebbia` anche come colore di sfondo (il clear color), e `far` anche come distanza del far plane (il parametro intrinseco della macchina fotografica)

15