Bump mapping

Mihai-Sorin Stupariu

Sem. I, 2021 - 2022

Problematizare

- Reprezentarea cât mai eficientă a unor suprafețe cu rugozitate mare.

Problematizare

- Reprezentarea cât mai eficientă a unor suprafețe cu rugozitate mare.
- Articol de referință: [Blinn, 1978]
  Alte referințe: [Kautz et al., 2001], [Heidrich & Seidel, 1999]

Problematizare

- Reprezentarea cât mai eficientă a unor suprafețe cu rugozitate mare.
- Articol de referință: [Blinn, 1978]
  Alte referințe: [Kautz et al., 2001], [Heidrich & Seidel, 1999]
- **Principiu: nu este necesar ca suprafețele propriu-zise să aibă o geometrie complicată, este suficient să fie controlat modul în care este reflectată lumina.**

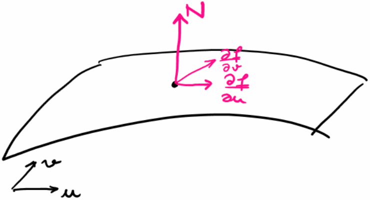
Problematizare

- Reprezentarea cât mai eficientă a unor suprafețe cu rugozitate mare.
- Articol de referință: [Blinn, 1978]
  Alte referințe: [Kautz et al., 2001], [Heidrich & Seidel, 1999]
- **Principiu: nu este necesar ca suprafețele propriu-zise să aibă o geometrie complicată, este suficient să fie controlat modul în care este reflectată lumina.**
- OpenGL nou permite implementarea metodei în *shader*.

Context

Fie $f : \underset{\subset \mathbb{R}^2}{U} \longrightarrow \mathbb{R}^3$ o suprafață parametrizată

$$\begin{aligned} f : U &\longrightarrow \mathbb{R}^3 \\ (u,v) &\longmapsto f(u,v) \end{aligned}$$



$$N = \frac{\partial f}{\partial u} \times \frac{\partial f}{\partial v}$$

pp. $N \neq 0$

$$\boxed{n = \frac{N}{\|N\|}}$$

↓ vector normal la suprafață

Ideea de lucru

Se consideră o funcție $\varphi : U \to \mathbb{R}$ care realizează o "distorsionare" cu "valori mici" în direcția normalei (în fiecare punct):

$$\underline{\tilde{f} = f + \varphi \cdot n}$$

Estimare pentru vectorii tangenți după distorsionare

$$\tilde{f} = f + \varphi \cdot n$$

$$\frac{\partial \tilde{f}}{\partial u} = \frac{\partial f}{\partial u} + \frac{\partial \varphi}{\partial u} \cdot n + \underbrace{\varphi \cdot \frac{\partial n}{\partial u}}_{\equiv 0 \text{ (neglijat)}}$$

$$\frac{\partial \tilde{f}}{\partial v} = \frac{\partial f}{\partial v} + \frac{\partial \varphi}{\partial v} \cdot n + \underbrace{\varphi \cdot \frac{\partial n}{\partial v}}_{\equiv 0 \text{ (neglijat)}}$$

Estimare pentru vectorul normal după distorsionare

$$\tilde{N} = \frac{\partial \tilde{f}}{\partial u} \times \frac{\partial \tilde{f}}{\partial v} \cong \left(\frac{\partial f}{\partial u} + \frac{\partial \varphi}{\partial u} n \right) \times \left(\frac{\partial f}{\partial v} + \frac{\partial \varphi}{\partial v} n \right) =$$

$$= \overbrace{\frac{\partial f}{\partial u} \times \frac{\partial f}{\partial v}}^{N} + \underbrace{\frac{\partial f}{\partial u} \times \frac{\partial \varphi}{\partial v} n + \frac{\partial \varphi}{\partial u} \cdot n \times \frac{\partial f}{\partial v}}_{\text{// rotație} \; D} +$$

$$+ \underbrace{\frac{\partial \varphi}{\partial u} n \times \frac{\partial \varphi}{\partial v} n}_{\text{//} \; 0}$$

$$\boxed{\tilde{N} = N + D}$$

D: "displacement vector"

De la teorie la implementare

- **Inițial:** f (obiectul) și φ (*bump function*) definite pe același domeniu ([Blinn, 1978])

De la teorie la implementare

- **Inițial:** f (obiectul) și φ (*bump function*) definite pe același domeniu ([Blinn, 1978])
- **Idee:** "separarea" *bump function* de suprafața pe care este randată

De la teorie la implementare

- **Inițial:** f (obiectul) și φ (*bump function*) definite pe același domeniu ([Blinn, 1978])
- **Idee:** "separarea" *bump function* de suprafața pe care este randată
- **Practic:** cum se reține *bump function*? - folosirea texturilor
  Tutoriale: learnopengl, opengl-tutorial

Obținerea *normal maps*

textură → texeli : rgb — pe fiecare componentă avem valori în [0.0, 1.0]

normală — normal : pe fiecare componentă avem valori [−1.0, 1.0]

schimbare de valori : rgb ⟷ normal

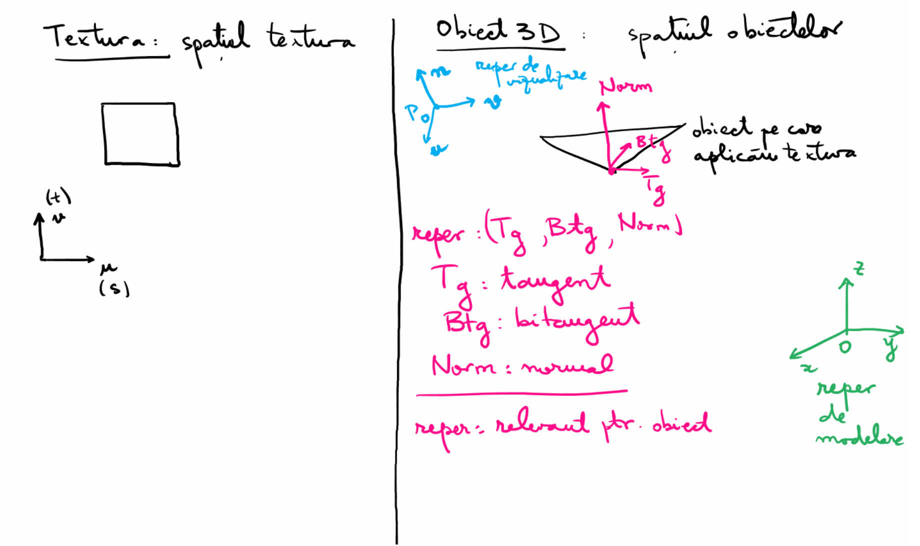
$$\boxed{\begin{aligned} rgb &= 0.5\ normal + 0.5 \\ normal &= 2 \cdot rgb - 1 \end{aligned}}$$

(+) normalizare!

(0.5, 0.4, 0.3) → rgb

(0.0, −0.2, −0.4)

Schimbare de coordonate



Schimbare de coordonate

Ptr. vârfuri: input $\left(\begin{array}{l} \text{coordonate (Pos)} \\ \text{normale (Norm)} \\ \text{UV} \end{array} \right) \xrightarrow[\text{de schimbare de reper}]{\text{cf. ideii}}$ Tg, Btg

Se mai poate aplica matricea de modelare/vizualizare (Modelview)

$$\begin{cases} T = \text{Modelview} \cdot Tg \\ B = \text{Modelview} \cdot Btg \\ N = \text{Modelview} \cdot \text{Norm} \end{cases}$$

apoi mecanismul "standard" de iluminare.

Despre examen

Lucrare scrisă (test): la ultimul curs

Miercuri, 12.01.2022, ora 8:30

Structura:

I. Întrebări scurte, cu răspuns deschis, atât despre OpenGL, cât și despre partea teoretică (25p)

5 întrebări cu 1p

10 —"— cu 2p

II. Probleme cu rezolvări complete (trei probleme) (15p)

Despre examen

Pentru I : exemple

1. Dacă a fost indicat codul RGB (α, β, γ) (alegeți (α, β, γ)), atunci culoarea reprezentată este ....

2. În funcția glDrawArrays poate fi apelată constanta simbolică ...., având ca efect desenarea ....

3. În planul proiectiv $\mathbb{P}^2\mathbb{R}$, punctul $[3:4:-1]$ coincide cu punctul ....

4. Suma elementelor matricei 4×4 asociate translației glm::translate (α, β, γ) (alegeți $\alpha, \beta, \gamma \neq 0$) este ....

Despre examen

II. 3 subiecte cu justificări / rezolvări complete.

- Fața / spatele poligoanelor (puteți folosi și justificări geometrice și algebrice!)

<u>Exemplu</u> Fie punctele $A = (0, 1, 0)$; $B = (0, 1, 1)$; $C = (0, 0, 1)$; $D = (0, 0, 0)$. Alegeți un punct P în spatele poligonului $ABCD$. Justificați!

Despre examen

II.

- Transformări.

Sunt indicate vârfurile (0,0); (2,0), (2,2); (0,2).

Este apelată secvența

```
glm::scale (0.5, 2.0, 0.0);
glm::translate (20.0, 10.0, 0.0);
```

Care este poziția vârfului din dreapta sus?

Schiță soluție

Inițial:

$(2,2) \xmapsto{\text{translație}} (22,12) \xmapsto{\text{scalare}} (11,24)$

(2, 2)

Despre examen

- Aplicarea modelului de iluminare Phong (formula de calcul).

Despre examen

II (sinteză)

contimut

- fața /spatele poligoanelor
- transformări
- modelul de iluminare

enunțurile

- alegerea unor valori
- "dați exemple"
- fragmente de cod sursă