

Costruzione di Interfacce
Lezione 22
Texturing

cignoni@iei.pi.cnr.it
<http://vcg.iei.pi.cnr.it/~cignoni>

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

1

Texture Mapping

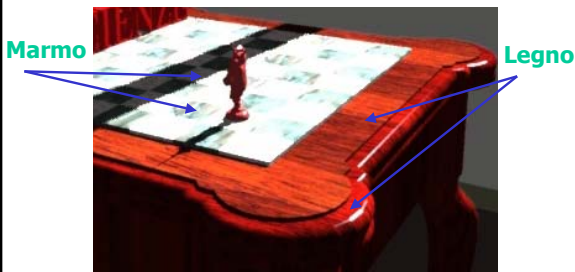
- ❖ Data un'immagine bidimensionale (ad es. una foto) viene ritagliata, stirata o compressa per adattarla esattamente alla forma di un poligono o di una superficie curva e di far sì che vi aderisca sopra come una decalcomania
- ❖ Colorare una primitiva (triangolo) secondo i colori di una bitmap
- ❖ Aggiungere dettagli senza aumentare la complessità della geometria dei modelli

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

2

Texture Mapping



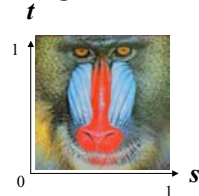
22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

3

Coordinate di texture

- ❖ Per specificare **come** si colora un porzione di superficie con una texture si definiscono le **coordinate di texture** che indicano dove ritagliare la bitmap che ci interessa



22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

4

Coordinate Texture

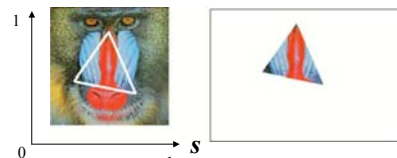
- ❖ Per ogni vertice si specifica quindi
- ❖ Le sue coordinate 3d effettive:
 - ❖ In opengl
 - ❖ `glVertex3f(x,y,z)`
- ❖ e le corrispondenti coordinate di texture
 - ❖ In opengl
 - ❖ `glTexCoord2f(s,t)`

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

5

Esempi



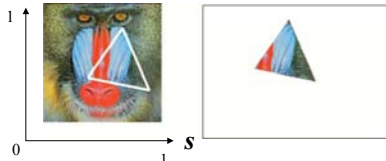
- ❖ Ad ogni vertice del triangolo è assegnato un punto sulla texture

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

6

Esempio



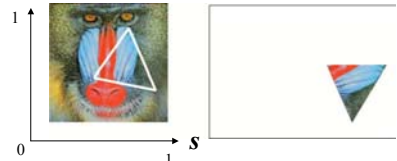
- ❖ Modificando le coordinate di texture cambia che cosa viene disegnato sul triangolo

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

7

Esempio



- ❖ Modificando la matrice di modelview, l'oggetto si sposta ma la texture rimane ferma sull'oggetto

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

8

Texture mapping in opengl

- ❖ Per ogni **rendering context**
Caricare le texture
 - ❖ creare un nome (glGenTexture)
 - ❖ scegliere il nome di texture (glBind)
 - ❖ caricare un'immagine (glTexImage2d)
- ❖ Per ogni **frame**:
Scegliere una texture corrente
 - ❖ glBind(...)
- ❖ Per ogni **Vertex**:
specificare le coordinate di texture
 - ❖ glVertexCoord(...)

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

9

Texture Objects

- ❖ Ogni texture object ha un *nome* con cui puo' essere richiamata velocemente
- ❖ lo spazio dei nomi delle texture e quello degli unsigned int
 - ❖ glGenTextures(*n*, int *names)
 - ❖ crea *n* nomi di texture memorizzandoli in names[]
- ❖ Per scegliere la texture corrente
 - ❖ glBind(GL_TEXTURE2D, texturename)

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

10

Loading an image

- ❖ Si passa ad opengl il blocco di mem che rappresenta la texture. Opengl lo copia nella memoria della scheda e lo *formatta* come meglio crede. Operazione piuttosto lenta.

```
void glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D
GLint level, // the mipmap level
GLint components, // number of color component (1..4)
GLsizei width, // must be 2^n
GLsizei height, // must be 2^n
GLint border, // width of border
GLenum format, // GL_RGB, GL_RGBA, GL_ALPHA ecc
GLenum type, // data type of pixel (GL_BYTE, ecc)
const GLvoid *pixels // a pointer to the image
);
```

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

11

Loading a Texture

- ❖ Il problema piu' comune e' come caricare un'immagine:
 - ❖ Generarsi la texture da soli (facile per scacchiere e affini)
 - ❖ Scriversi un lettore per un formato di immagini molto semplice (.pbm)
 - ❖ Utilizzare una lib tipo glpng, devil o affidarsi a QT.

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

12

glPng

- ❖ Libreria free che permette di caricare come texture un'immagine in formato png

```
#include <gl/png.h>
...
pngInfo info;
GLuint texture;
glGenTextures(1, &texture);
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, texture);
pngLoad(filename, PNG_NOMIPMAP, PNG_SOLID, &info)
```

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

13

Parametri Texture

- ❖ glTexParameter permette di settare di come si sceglie quali texel usare per il texturing

- ❖ GL_TEXTURE_MIN_FILTER
- ❖ GL_TEXTURE_MAG_FILTER
- ❖ GL_TEXTURE_WRAP_S
- ❖ GL_TEXTURE_WRAP_T

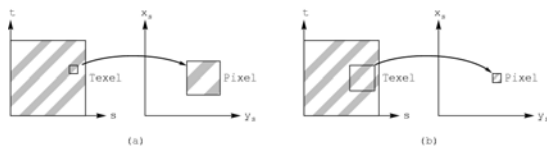
22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

14

Mipmapping

- ❖ Texel e pixel non corrispondono:
 - ❖ Quando si guarda un oggetto textured da vicino si hanno molti pixel per un texel (oversampling della texture)
 - ❖ Quando si guarda un oggetto textured da lontano si hanno molti texel che cadono in uno stesso pixel (subsampling texture)



22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

15

Mipmapping

- ❖ L'oversampling puo' essere gestito

- ❖ Nearest texel



- ❖ Interpolazione lineare texel

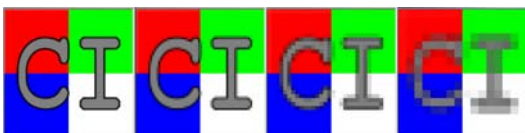
22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

16

MIPMAPPING

- ❖ Il subsampling puo' essere gestito
 - ❖ Nearest texel
 - ❖ Nearest texel in un'altra texture grande la metà e filtrata bene (mipmapping)
- ❖ Per ogni texture si tiene un insieme di texture prefiltrate ognuna grande la metà della precedente
- ❖ gluBuild2DMipmaps(GL_TEXTURE_2D,...)



22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

17

MipMapping

3.8.7 Texture N Applying a texture framebuffer image the sampled texture

3.8.7 Texture N Applying a texture framebuffer image the sampled texture

3.8.7 Texture N Applying a texture framebuffer image the sampled texture

3.8.7 Texture N Applying a texture framebuffer image the sampled texture

❖ Non filtrata

❖ Filtrata

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

18

Utilizzare una texture

- ❖ Texture environment:
- ❖ Specificare come si vuole combinare il colore della texture con il colore corrente
- ❖ `glTexEnvf(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_MODE, ????)` ;
 - ❖ **GL_MODULATE** moltiplica il colore della texture per il colore dell'oggetto dopo lo shading (in questo modo la texture viene ombreggiata)
 - ❖ **GL_REPLACE** il colore viene applicato esattamente.
 - ❖ **GL_DECAL** il colore viene applicato modulato con l'alpha.
- ❖ Ci sono anche altri modi supportati un po' meno (fanno parte dello standard 1.3 e seg)
 - ❖

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

19

Coordinate di texture

- ❖ Esplicite
 - ❖ Occorre salvare nel modello, per ogni vertice, dove va a finire sulla texture
 - ❖ Fa parte del lavoro di modellazione fatto dall'artista di turno
 - ❖ Notare come sono impaccate bene le varie porzioni in cui è suddivisa la mesh.



22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

20

Coordinate di texture

- ❖ Implicite
- ❖ Generate automaticamente da OpenGL in base alle coordinate dei vertici e alla matrice di modellazione corrente
 - ❖ Object_linear
 - ❖ Eye_linear
 - ❖ Sphere_map
 - ❖ Reflection_map*
 - ❖ Normal_map*

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

21

Object Linear

- ❖ Si può generare ogni texture coordinate (s,t,...) come funzione lineare delle sue coordinate
- ❖ Ad esempio

```
glTexGeni(GL_S, GL_TEXTURE_GEN_MODE, GL_OBJECT_LINEAR);
glTexGeni(GL_T, GL_TEXTURE_GEN_MODE, GL_OBJECT_LINEAR);
float planevs[4]={1.0,0,0,0};
float planevt[4]={0,1.0,0,0};
glTexGenfv(GL_S, GL_OBJECT_PLANE, planevs);
glTexGenfv(GL_T, GL_OBJECT_PLANE, planevt);
```
- ❖

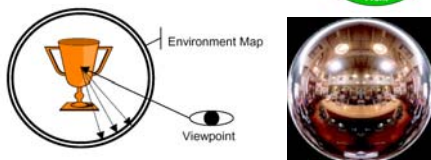
22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

22

Sphere map

- ❖ Si generano coordinate texture, per vertice, in base a dove la normale dell'oggetto colpisce una sfera intorno all'oggetto stesso.
- ❖ La superficie della sfera è mappata nello spazio di texture come in figura



22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

23

Texture

- ❖ Non solo colore
- ❖ Texture mapping è utilizzato anche per *spargere* altri tipi di attributi sulla superficie di un oggetto:
 - ❖ Normali (bump/normal mapping)
 - ❖ Posizione (displacement mapping)
 - ❖ Trasparenza (alpha)
 - ❖ Shininess
 - ❖ Ombre portate.

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

24

Bump Mapping

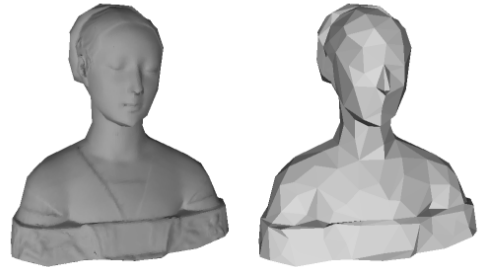


22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

25

Bump Map



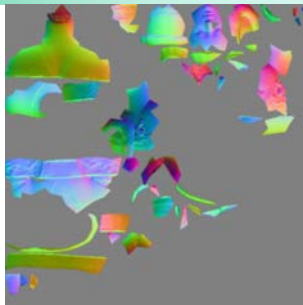
22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

26

Bumpmapping

- ❖ Le normali sono codificate nello spazio rgb signed
- ❖ Esiste un texture environment DOT3_RGB
- ❖ La direzione della luce viene passata come colore corrente della mesh



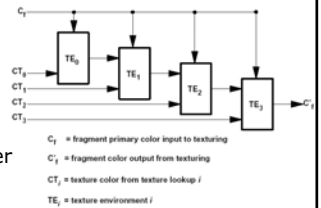
22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

27

MultiTexture

- ❖ È possibile specificare più di una texture per una singola primitiva
- ❖ Le varie texture sono applicate in sequenza usando il risultato del precedente texturing per mixarlo con la texture corrente secondo un proprio texture environment



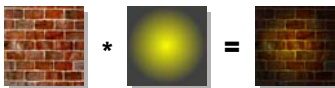
22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

28

MultiTexturing

- ❖ Light maps



```

glActiveTexture(GL_TEXTURE0_ARB);
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, BASE_TEX_NAME);
glTexEnvf(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_MODE, GL_REPLACE);
glEnable(GL_TEXTURE_2D);
    
```

```

glActiveTexture(GL_TEXTURE1_ARB);
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, LIGHT_TEX_NAME);
glTexEnvf(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_MODE, GL_MODULATE);
glEnable(GL_TEXTURE_2D);
    
```

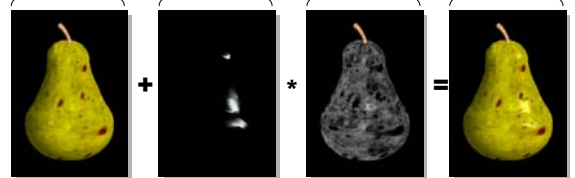
22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

29

Gloss mapping

Base * Diffuse Light + Environment Map * Gloss Map = Result



Gouraud * Base Texture

Environment or
Specular Map

Gloss Map

Gloss Mapped Object

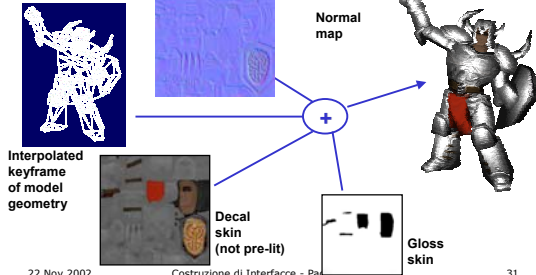
22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

30

Per pixel lighting

- ❖ Bump-map model with bump, gloss, & decal skin



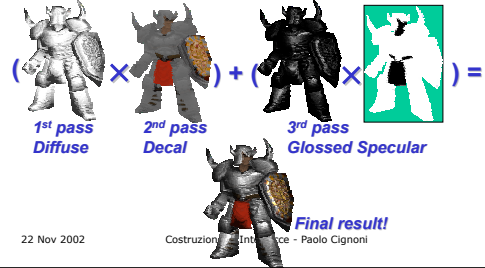
22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

31

Per pixel lighting

- ❖ Three passes generated diffuse & specular bump mapping



22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

32

In Pratica

- ❖ Prendiamo la classe moebius
 - ❖ aggiungiamo coordinate texture per vertice
 - ❖ passiamo tutto a float...

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

33

myVertex

```
class myVertex
{
public :
    myVertex() {}
    myVertex(Point3f &pp, Point4f &nn, Point3f &tt)
        {p=pp; n=Point3f(nn[0],nn[1],nn[2]); t=tt;}

    Point3f p;
    Point3f n;
    Point3f t;

    Point4f n4() {return Point4f(n[0],n[1],n[2],0);}
};
```

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

34

myMesh::Draw()

```
void CIMoebius::myMesh::Draw()
{
    glBegin(GL_TRIANGLES);
    vector<myFace>::iterator fi;
    for(fi=face.begin(); fi!=face.end(); ++fi){
        glNormal( (*fi).v[0]->n);
        glTexCoord( (*fi).v[0]->t);
        glVertex( (*fi).v[0]->p);
        glNormal( (*fi).v[1]->n);
        glTexCoord( (*fi).v[1]->t);
        glVertex( (*fi).v[1]->p);
        glNormal( (*fi).v[2]->n);
        glTexCoord( (*fi).v[2]->t);
        glVertex( (*fi).v[2]->p);
    }
    glEnd();
}
```

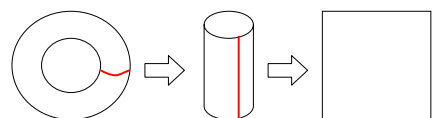
22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

35

CIMoebius::GenerateRing

- ❖ la parte difficile e' generare le coord texture dell'anello.
- ❖ in realta' un anello e' un toro che ha un unwrapping semplice in un rettangolo
- ❖ genero le coord di texture mentre genero l'anello
 - ❖ u = rotazione intorno alla sezione
 - ❖ v = rotazione intorno all'asse dell'anello



22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

36

CI Moebius::GenerateRing

```
float angle=-360.0f/step; float angletwist=(twistDeg)/step;
perimeter=0;
for(j=0;j<s.poly.size();++j)
    perimeter+=Distance(s.poly[j].p, s.poly[(j+1)%s.poly.size()].p);
for(i=0;i<=step;++i)
{
    Matrix44f mm,rr,tt,tw;
    rr.Rotate(i*angle,Point3f(0,1,0));
    tt.Translate(r,0,0);
    tw.Rotate(i*angletwist,Point3f(0,0,1));
    mm=rr*tt*tw;
    float curlen=0;
    for(j=0;j<s.poly.size();++j){
        m.vert.push_back(myVertex(mm*s.poly[j].p, mm*s.poly[j].n4(),
            Point3f(float(i)/step, curlen/perimeter, 0)));
        curlen+=Distance(s.poly[j].p,s.poly[(j+1)%s.poly.size()].p);
    }
}
...
```

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

37

CIWidget::initializeGL()

```
...
QImage tt; tt.load("Texture.png");
QImage tx = QGLWidget::convertToGLFormat ( tt);

int texName;
glGenTextures(1, &texName);
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, texName);
glTexImage2D( GL_TEXTURE_2D, 0, 3, tx.width(), tx.height(), 0,
             GL_RGBA, GL_UNSIGNED_BYTE, tx.bits() );
glEnable(GL_TEXTURE_2D);
glTexEnvf(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_MODE, GL_MODULATE );
glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MIN_FILTER, GL_NEAREST);
glTexParameterf(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MAG_FILTER, GL_NEAREST);
...
```

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

38

CIWidget::paintGL()

```
void CIGLWidget::paintGL()
{
    glMatrixMode (GL_TEXTURE);
    glLoadIdentity();
    glScalef(4,4,1);
    glMatrixMode (GL_MODELVIEW);
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT |GL_DEPTH_BUFFER_BIT );
    glLoadIdentity();
    gluLookAt(2,5,12,0,0,0,0,1,0);
    glColor3f(1,.4,.4);
    glMultMatrix(rot);
    ring->m.Draw();
}
```

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

39