Računarska grafika (i svašta još nešto)

Stefan Nožinić stefan@lugons.org

Agenda

- Reprezentacija 2D slike u računaru
- transformacije 2D slike
- vektorska grafika i rendering 2D slike
- uvod u 3D grafiku
- transformacije u 3D grafici
- arhitektura GPU
- fizika u video igrama

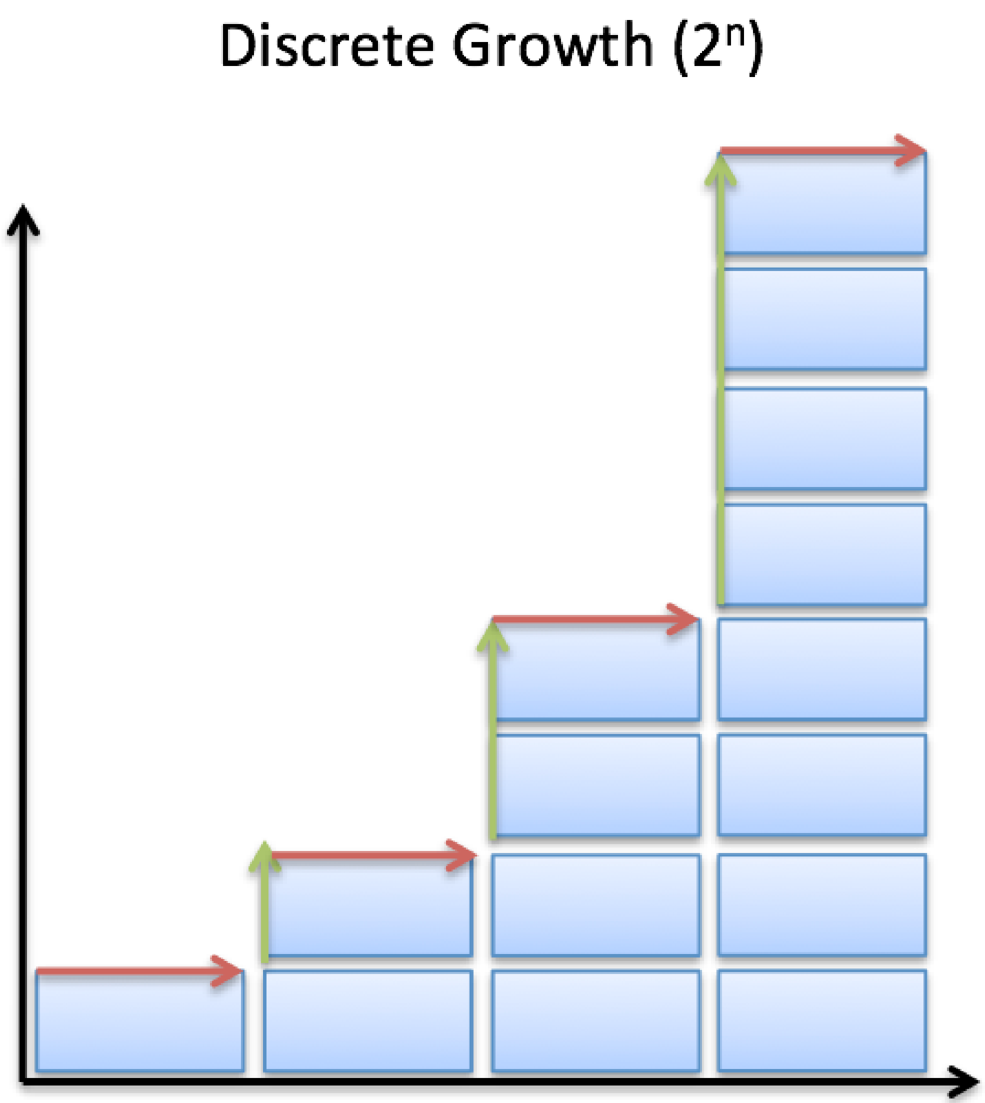
Slika i RGB sistem boja

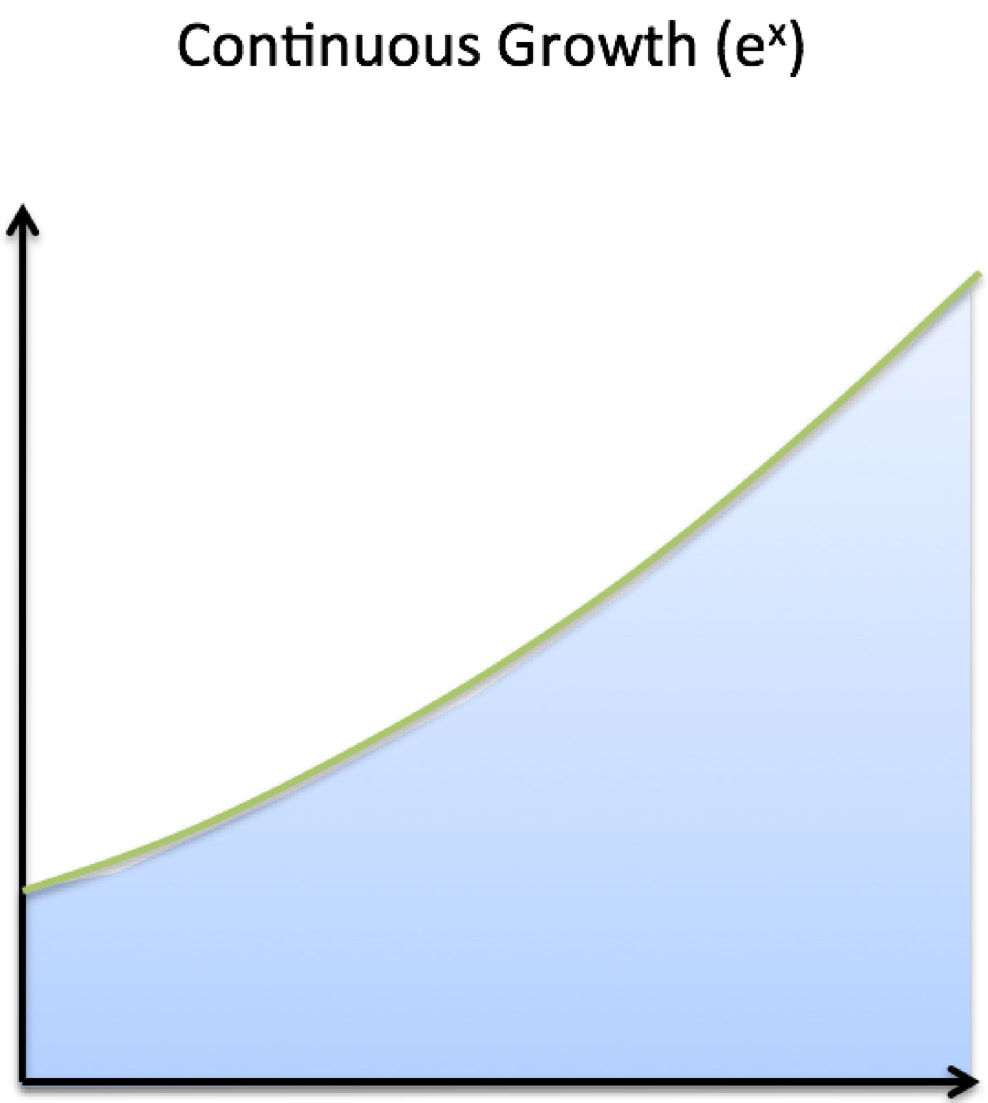
- sliku predstavljam kao 2D matricu gde svaka ćelija sadrži trojku (r,g,b)
- brojevi u trojci reprezentuju količinu crvene, zelene i plave boje (3 bajta)
- Razlog za izbor RGB je aditivnost boja (ekran računara radi tako što meša crvenu, zelenu i plavu svetlost da napravi ceo spektrum boja)
- RYB nije moguće koristiti kada radimo sa svetlošću jer, na primer, ne možemo dobiti zelenu boju (za razliku od mastila)

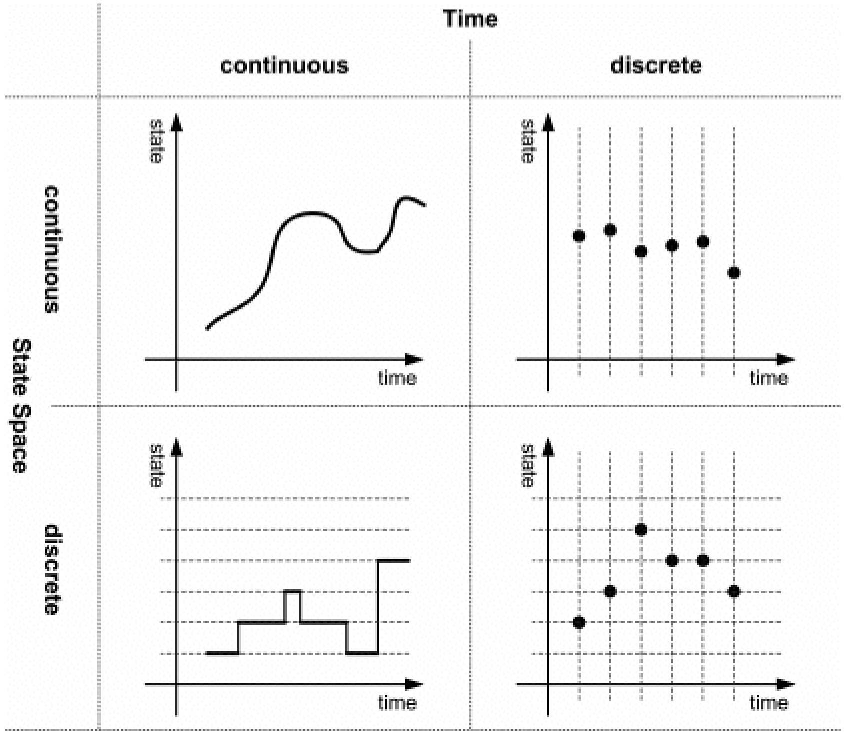
Transformacije nad slikom

- kako možemo posmatrati sliku
- translacija
- skaliranje
- rotacija

Slika kao signal






Time
continuous
discrete
State Space
continuous
discrete
state
time
state
time
state
time
state
time

Slika kao signal

- model
- $$I(i,j)$$
- $$f(x,y) = f(idx, jdy)$$

Interpolacija

Translacija

- svaku tačku pomerimo za (wx, wy)

Skaliranje

- računamo vrednost signala između tačaka
- nearest neighbour interpolacija
- bilinearna interpolacija

Rotacija

- rotacija oko tačke (0,0)

$$x' = \cos\theta x - \sin\theta y$$

$$y' = \sin\theta x + \cos\theta y$$

- rotacija oko centra?

Vektorska grafika

- ne čuvamo piksele već informacije o oblicima
- linija
- luk
- ostali oblici

3D grafika

- verteksi (x,y,z)
- objekti se reprezentuju trouglovima
- svaki trougao čine 3 verteksa

Algebarska definicija vektora

- predstava vektora
- apsolutna vrednost vektora
- skalarni proizvod algebarski i geometrijski
- vektor kroz dve tačke
- radius vektor
- ortogonalni vektori (normalni)
- vektorski proizvod
- jedinični vektor
- Za nas, niz od 3 ili 4 broja, najčešće tipa float

Matrice

- množenje matrice vektorom
- množenje matrica
- jedinična matrica
- inverzna matrica

Vektorski prostori

- linearna kombinacija vektora
- linearna (ne)zavisnost
- definicija vektorskog prostora
- baza vektorskog prostora

Vektorska notacija

- verteks možemo predstaviti kao vektor (x,y,z, w) gde je w=1 uvek
- sve linearne transformacije (rotacija i skaliranje) možemo predstaviti u matričnom obliku

Matrični oblici transformacija

- rotacija
- skaliranje

Skaliranje

$$S(s_x, s_y, s_z) = \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Rotacija oko x-ose

$$R_x(\theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ 0 & \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Translacija

- translacija

$$T(t_x, t_y, t_z) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & t_x \\ 0 & 0 & 0 & t_y \\ 0 & 0 & 0 & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Različiti pogledi na objekat

- $$x' = TRSx$$
- model space
- camera space
- perspektivna projekcija

Camera space

- $$C = R_C T_C$$
- imamo up vektor i normalni vektor ravni kamere
- dobijamo novi vektor iz normalnog i up vektora
- pravimo matricu A od vektora u,v,n
- $$C = A^T T$$
- $$T = (-x_c, -y_c, -z_c)$$

perspective transform

- *perspektiva* - bliže stvari su veće
- blize stvari zaklanjaju dalje
- *frustrum* - deo sveta koji vidimo
- FoV, aspect ratio, ...

perspective transform

- od $[-afz, afz] \times [-fz, fz] \times [-z_n, -z_f]$
- do $[-a, a] \times [-1, 1] \times [-1, 1]$, ali pazeći na perspektivu

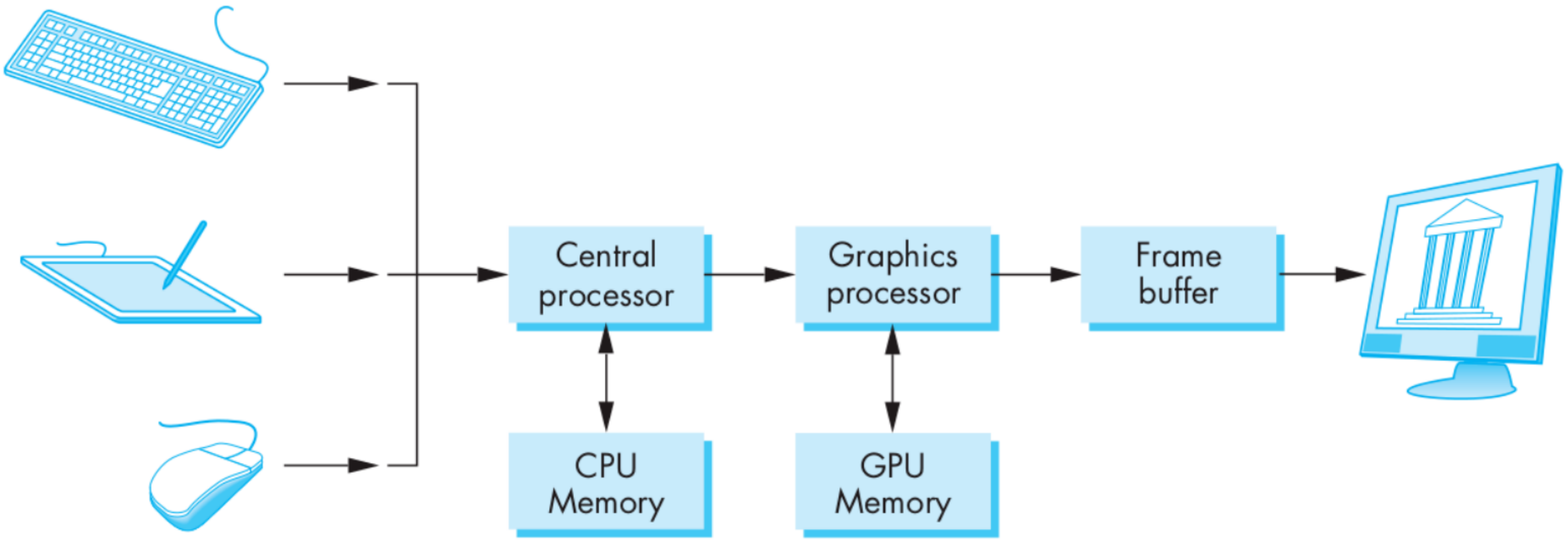
perspective transform

- delimo x i y sa z
- homogenous divide: $\mathrm{hdiv}(x, y, z, w) = (\frac{x}{w}, \frac{y}{w}, \frac{z}{w}, 1)$
- stavimo $w = -z$

Clipping

- skaliranje na prostor (-1, 1)

GPU arhitektura



GPU pipeline

- vertex shader
- generisanje primitiva i clipping
- rasterizacija - izlaz je skup fragmenata
- fragment shader

Verteks shader

```
in vec4 vPosition;

void main()
{
  gl_Position = vPosition;
}
```

Fragment shader

```
void main()
{
  gl_FragColor = vec4(1.0, 0.0, 0.0, 1.0);
}
```

Načini iscrtavanja

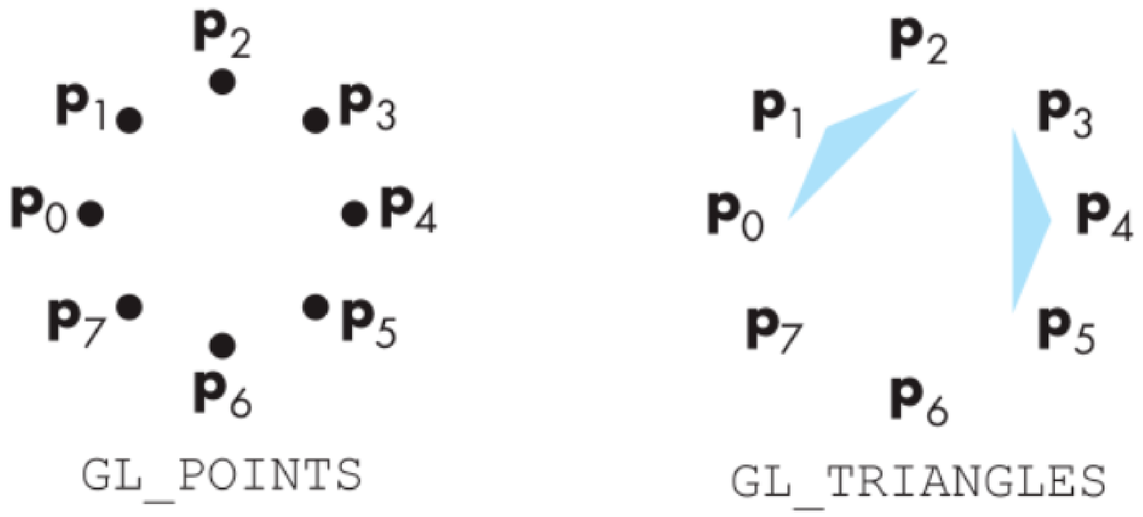


FIGURE 2.13 Triangle types.

Komunikacija sa GPU

- shaderi se kompajliraju i salju na GPU gde se izvrsavaju
- vertex buffer - buffer u koji stavljamo sve vertekse koje saljemo na GPU u njihovom model prostoru
- index buffer - po kom redosledu zelimo da iscrtavamo vertekse
- color buffer - boje svakog verteksa
- texture - koordinate na teksturi, teksturu saljemo posebno
- transformacije

Teksture u fragment shaderu

```
in vec2 st;
in vec4 color;

uniform sampler2D texMap;

void main()
{
  gl_FragColor = color * texture2D(texMap, st);
}
```

Svetlo

- podešava se u fragment shaderu jer on određuje boju
- ambijentalno svetlo
- Tačkasti izvor
- $$I(p) = \frac{1}{|p - p_0|^2} I(p_0)$$
- reflektor
- $$I_R = I_0 \cos^d \theta$$

Svojstva materijala

- ambijentalno svojstvo
- difuzija
- tačkasto svetlo
- $$I_a = K_A I_A$$
- $$R_d = \frac{k_d}{\alpha + \beta d + \gamma d^2}(I \cdot n) L_d$$
- $$I_s = k_s L_s \max\left((r \cdot v)^\alpha, 0\right)$$

Verteks shader za Fongov model

```
in vec4 vPosition;
in vec4 Normal;

uniform mat4 ModelView;
uniform vec4 LightPosition;
uniform mat4 Projection;

out vec3 N;
out vec3 L;
out vec3 E;

void main()
{
  gl_Position = Projection*ModelView*vPosition;
  N = Normal.xyz;
  L = LightPosition.xyz - vPosition.xyz;
  if (LightPosition.w == 0) L = LightPosition.xyz;
  E = vPosition.xyz;
}
```

Fragment shader

```
uniform vec4 ambientProduct, diffuseProduct, specularProduct;
uniform mat4 ModelView;
uniform vec4 LightPosition;
uniform float shininess;

in vec3 N;
in vec3 L;
in vec3 E;

void main()
{
  vec3 NN = normalize(N);
  vec3 EE = normalize(E);
  vec3 LL = normalize(L);
  vec4 ambient, diffuse, specular;

  vec3 H = normalize(LL+EE);
  float kd = max(dot(LL,NN), 0.0);
  float ks = pow(max(dot(NN, H), 0.0), shininess);

  ambient = ambientProduct;
  diffuse = kd*diffuseProduct;
  specular = ks*specularProduct;
  gl_FragColor = vec4((ambient + diffuse + specular).xyz, 1.0);
}
```

Strukture podataka u 3D grafici

- vokseli
- quadtree, octree,
- parametarskka reprezentacija

Fizika u video igrama

- kretanje (pozicija, brzina, ubrzanje)
- sile

Pitanja?