

Kapitola 26

2D počítačová grafika, komprese obrazu a videa

26.1 Rozsah látky

Seznam oficiálních státnicových otázek:

Výstupní grafická zařízení, plošné útvary — jejich reprezentace a množinové operace s nimi, kreslicí a ořezávací algoritmy v rovině, anti-aliasing, barevné vidění a barevné systémy, reprodukce barevné grafiky, rozptylování a půltónování, kompozice poloprůhledných obrázků, geometrické deformace rastrových obrázků, morphing, základní principy komprese rastrové 2D grafiky, skalární a vektorové kvantování, prediktivní komprese, transformační kompresní metody, hierarchické a progresivní metody, waveletové transformace a jejich celočíselné implementace, kódování koeficientů, komprese videosignálu, časová predikce — kompenzace pohybu, standardy JPEG a MPEG, snímání obrazu v digitální fotografii.

26.2 Výstupní grafická zařízení

- podľa trvanlivosti zobrazenia
 - zobrazovacie zariadenie (display, projector)
 - tiskové zariadenia (tiskárna, plotter, osvitová jednotka)
- podle barevných schopností
 - Č/B zobrazenie (2 barvy)
 - monochromaticke zobrazení (256 odstínů šedi)
 - Barevná paleta (pevná nebo nahrávaná: 16-1024)
 - plná barevnost (“true-color” — maximální barevné využití zobrazovací technologie: 16.7 mil. i více)
- rastrový/vektorový výstup
 - rastrový
 - * jsou přímo adresovány jednotlivé pixely
 - * data jsou závislá na rozlišení (a nelze je jednoduše škálovat)
 - vektorový
 - * zobrazují se přímo složitější objekty (čáry, křivky, písmo)
 - * data nejsou závislá na rozlišení (lze je škálovat až v zobrazovacím zařízení)
- podľa technologie výstupu:
 - vektorový výstup (staré displeje, plotter, některé osvitové jednotky)
 - rastrový výstup (displeje, tiskárny)
- podle komunikace:
 - vektorové zařízení (urychlované video-adaptéry, plottery, PostScript)
 - rastrové zařízení (běžné video-adaptéry, tiskárny v grafickém režimu)

26.3 Plošné útvary — jejich reprezentace a množinové operace s nimi

26.4 Kreslicí a ořezávací algoritmy v rovině

Kreslení

Kreslení čar

- Kreslení čáry — DDA algoritmus (celočíslní)
 - vyhoda — snadná implementace
 - nevýhody — nutno počítat s velkou přesností (real, fixed point), jedno dělení, v cyklu zaokrouhlování

```
input: x_1, x_2, y_1, y_2, color : integer
1. \ (x=x_1, y=y_1\ )
2. \ (dx=1; dy=\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}\ ) (předpokládáme |y_2 - y_1| < |x_2 - x_1| )
3. while (x<=x_2) \ (x_{n+1}=x_n+dx, y_{n+1}=y_n+dy\ ); PutPixel(x, round(y), color);
```

- Kreslení čáry — Bresenhamův algoritmus
 - vyhody — rychlost, iba násobenie a sčítaní, dá se implementovat bez if-ů
- Kreslení kružnice — Bresenhamův algoritmus
 - kreslí se jen $\frac{1}{8}$ kružnice (tj. while $y > x$) — zbytek se řeší symetrií

Odvození Bresenhamových algoritmů

- Rozkreslení pixelů, jejich polovin
- Určení základních vztahů pro dané tvary
 - Úsečka — $E' = E - \frac{dy}{dx} \leq M = \frac{1}{2}$
 - Kružnice — $F(M) = M_x^2 + M_y^2 - R^2 > 0$
 - Elipsa — kreslí se po čtvrtinách, pozor, od chvíle, kdy $dy=dx$ se posouvá v každém kroku y a ne x!!!
 - * $F(M) = b^2 M_x^2 + a^2 M_y^2 - a^2 b^2 > 0$
- Odstranění zlomků, odvození inkrementů (resp. dekrementů)

Vyplňování n-úhelníka

- Seznam hran, dy, dxy (změna x při změně y o 1)
- Hrany orientované shora dolů, setříděné podle y, x, dxy
- Udrží se seznam aktivních hran při vyplňování
- Zjednodušeně se vyplňují jen liché body

Vyplňování souvislé oblasti

Více druhů:

- Hraniční
- Stejně barvy (záplavové)
- 4-souvislé, 8-souvislé

Lépe využít frontu než zásobník — menší spotřeba paměti.

Řádkový algoritmus

Kreslení písma

Písmo zadáno dvěma různými způsoby:

- Vektorově
 - Pomocí úseček, oblouků, kružnic,...
 - Snadné neprofesionální škálování
 - Při kreslení je nutno rasterizovat
- Rastrově
 - Zadáno v bitmapě
 - Snadné vykreslení pomocí BitBlt

Při vykreslování vhodné využití vzoru Flyweight. (Vektorové písmeno se převede jen jednou pro danou velikost, nechá se uloženo v cache)

Ořezávání

26.5 Anti-aliasing

Alias

Alias vzniká při rekonstrukci vzorkovaného singálu. Jedná se o dodatečnou (nežádanou) nízkofrekvenční informaci, která vzniká ve dvou případech:

1. Pokud je původní funkce frekvenčně neomezená — neexistuje maximální frekvence. => při diskretním zobrazení spojitě funkce nikdy nedostaneme přesnou reprezentaci.
2. Pokud je původní funkce frekvenčně omezená, tj. pokud existuje v jejím Fourierovském spektru maximální frekvence f_{max} . Pokud se taková funkce vzorkuje s frekvencí menší než tzv. Nyquistův limit $\rightarrow f_{nyq} = 2 * f_{max}$, vzniká alias.

Typický příklad — vykreslování šachovnice.

Antialiasing

Problém aliasu se typicky řeší zvýšením prostorového rozlišení na úkor barevného — použitím více odstínů té samé barvy. Pixely i kreslené útvary jsou plošné objekty => pixely rozsvítím s intenzitou úměrnou jejich pokrytí.

Provádí se pomocí supersamplingu — převzorkováním na vyšší rozlišení a následným průměrováním hodnot. Nevýhodou je ztráta informace u vysokofrekvenčních částí — ostré hrany se rozmazou.

- Pravidelné vzorkování — jen přeneseme problém o řád dál
- Stochastické vzorkování — problém se řeší umělým přidáním šumu
 - Poisson disc
 - Jittering (roztřesení)
 - N-věží

26.6 Barevné vidění a barevné systémy, reprodukce barevné grafiky

Barevné vidění

oko — rohovka, duhovka, panenka, čočka, sklivec, sítnice. Žlutá skvrna

Tyčinky — intenzita světla — vnímání kontrastů, vidění za šera, v oku cca $120e6$

Čípky — tři typy (r, g, b) — vnímání barev, soustředěny ve slepé skvrně, v oku cca $8e6$

Barevné systémy

- RGB
- CMY(K) = 1 — RGB
- HSV (barvy na šestibokém jehlanu), HLS (barvy na dvou kuželech)
 - převod není prosté zobrazení, používá se algoritmus. viz Pelikánovy slidy

- YC_bC_r — používán při kódování JPEG
 - $Y = 0.3 * R + 0.6 * G + 0.1 * B$
 - $C_b = 0.56 * (B - Y)$
 - $C_r = 0.71 * (R - Y)$
- různé barevné palety s různými počty barev

Konstrukce adaptované palety

Paleta se může adaptovat pro daný obrázek (např. v GIFu). Metody:

- shora dolů
 - množinu použitých barev dělím tak dlouho, dokud nedostanu požadovaný počet
- zdola nahoru
 - sdružuji příbuzné barvy
- metoda shlukové analýzy
 - využívá se histogram
- Heckbertova metoda
 - opět histogram
 - dělí se nejdelsí vážená hrana kvádrů v místě těžiště

Reprodukce barevné grafiky

Pokud někdo tušíte, co spadá pod tuhle otázku, prosím doplňte.

26.7 Rozptylování a půltónování

Napodobení vjemu neexistujících barevných odstínů pro dané zařízení. Zvyšují barevné rozlišení na úkor prostorového.

- Rozptylování
 - zobrazuje se bez zvětšení rozlišení (1:1)
- Půltónování
 - zobrazuje se se zvětšeným rastrovým rozlišením (1:N)

Typické příklady:

- černobílé tiskárny
- displaye s malou paletou barev
- obrázky s omezenou paletou

Půltónování

Jeden zdrojový pixel (rozsah hodnot $0-N^2$) nakreslím jako čtverec $N \times N$

- Inkrementální rastry
 - odstín hodnoty k obsahuje právě k černých teček
 - lze uložit do matice
- Pravidelný rastr
- Tečkový rastr
- Nutno předcházet pravidelnosti a aliasu — rastry se často otáčejí

Rozptylování

- Maticové rozptylování
 - libovolná pŕltónovací matice
 - nejčastěji matice pravidelného rastru
 - několik sousedních pixelů sdílí jednu matici
 - ztráta drobných detailů
 - zvýraznění vedlejších odstínů
- Náhodné rozptylování
 - pro lidské oko mnohem přirozenější
 - černobílé obrázky příliš zašumělé — lepší výsledky u více výstupních odstínů
- Distribuce chyby
 - zaokrouhlím hodnotu pixelu na nejbližší zobrazitelnou
 - rozdíl distribuují mezi sousední pixely
 - * různé způsoby distribuce
 - * je třeba pomocný buffer
 - výhody
 - * příjemné pro oko
 - * dobrá kvalita
 - nevýhody
 - * nutnost kreslit po řádkách
 - * nemožnost vrátit ze zpátky
 - * pomalé

26.8 Kompozice poloprůhledných obrázků

26.9 Geometrické deformace rastrových obrázků

26.10 Morphing

26.11 Základní principy komprese rastrové 2D grafiky

26.12 Skalární a vektorové kvantování

26.13 Prediktivní komprese

26.14 Transformační kompresní metody

26.15 Hierarchické a progresivní metody

26.16 Waveletové transformace a jejich celočíselné implementace

Jak funguje JPEG 2000

26.17 Kódování koeficientů

26.18 Komprese videosignálu, časová predikce – kompenzace pohybu

26.19 Standardy JPEG a MPEG

MPEG-1; MPEG-2; MPEG-3; MPEG-4;

Chroma subsampling

Macroblock

26.20 Snímání obrazu v digitální fotografii

26.21 Materiály

- Počítačová grafika I – stránka předmětu
- Pokročilá 2D počítačová grafika – stránka předmětu
- Speciální funkce a transformace ve zpracování obrazu – stránka předmětu