

Základy počítačové grafiky

Antialiasing

Michal Španěl
Tomáš Milet



Ústav počítačové grafiky a multimédií

Brno 2021

Cíl přednášky

Cílem této přednášky je seznámit se s příčinami vzniku artefaktů v rastrovém obraze a metodami jeho odstraňování.



Obsah

1

Alias a jeho příčiny

- Vznik aliasu
- Vzorkovací teorém

2

Anti-aliasingové metody

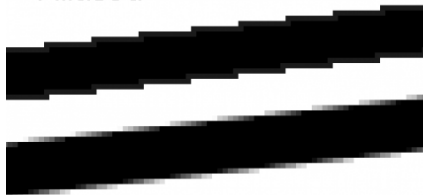
- Řešení problému aliasu
- Supersampling
- Multisampling
- MIP Mapping textur

Co je to Alias?

Nechtěný (rušivý) artefakt při snímání (generování) signálu či obrazu

- Vzniká při rasterizaci (vzorkování) spojitého signálu/obrazu
- Nejčastější projevy: "zubaté" hrany, poruchy textur, atd.

Aliased

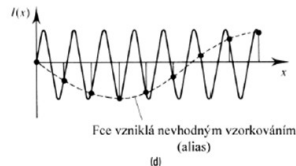
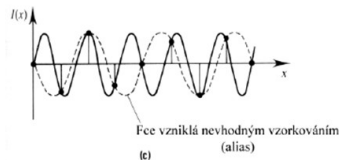
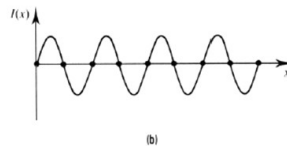


Anti-Aliased

Alias signálu

Definice

Alias je jev, který vzniká nízkofrekvenčním vzorkováním signálu, který má relativně vysokou frekvenci.



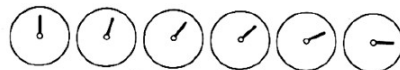
Alias textury

Vzorkujeme rastrový (pravidelný) vzor (rastrovou texturu)!



Alias času

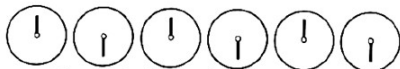
- Vzorkujeme periodický děj (stroboskopie)!
- Tzv. wagon-wheel effect
(<https://youtu.be/VNftf5qLpiA>,
<https://youtu.be/yr3ngmRuGUc>)



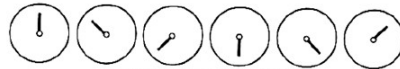
Správné vzorkování



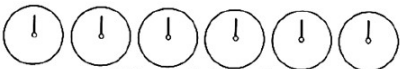
Aliasing při nižší rychlosti



Alias: ručička skáče z jedné pozice na druhou

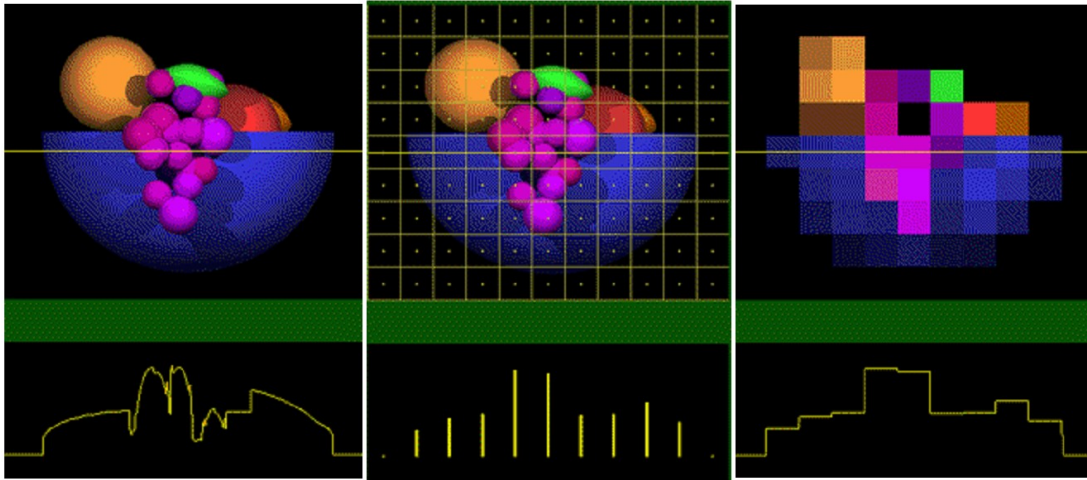


Alias: ručička se otáčí opačně



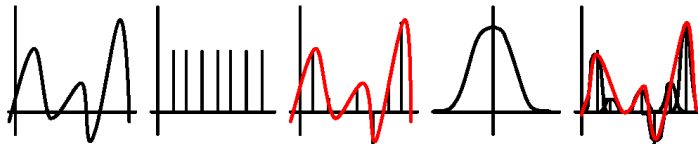
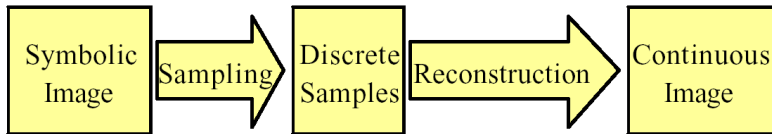
Bliká nebo zůstává statická

Alias 3D scény – degradace obrazu



Podstata vzniku aliasu

Vzorkování a rekonstrukce signálu



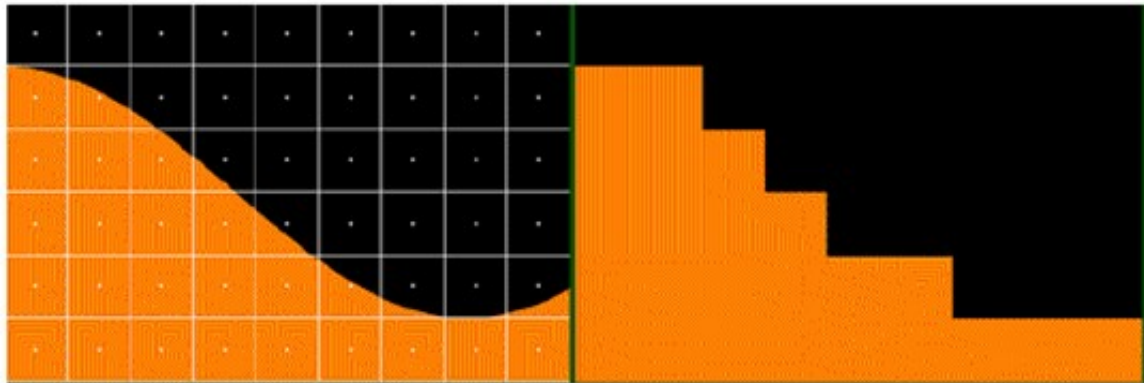
Podstata vzniku aliasu

Proč vzniká alias?

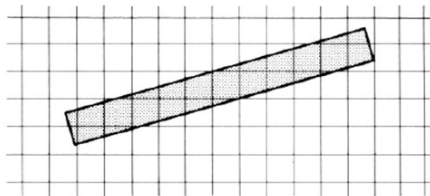
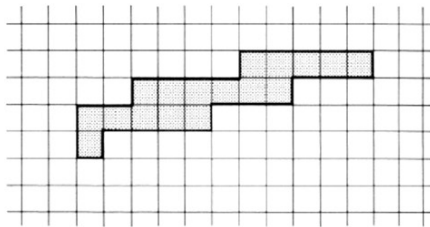
- Vznik aliasu souvisí se způsobem vzorkování vstupní informace (model) pro získání výstupních dat (obraz)
- Vzorkujeme s příliš malou vzorkovací frekvencí
- Vzorkujeme příliš přesně a pravidelně (ostře, deterministicky)

Alias spojitě oblasti – zubaté hrany

Problém příliš přesného a pravidelného vzorkování!



Alias vektorové entity – zubaté hrany



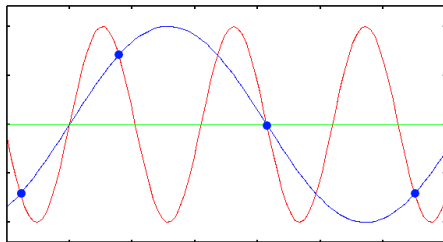
Alias v herních enginech



Shannonův vzorkovací teorém

Definice

Přesná rekonstrukce spojitého, frekvenčně omezeného, signálu z jeho vzorků je možná tehdy, pokud byl vzorkován frekvencí alespoň dvakrát vyšší než je maximální frekvence rekonstruovaného signálu.



Obsah

1

Alias a jeho příčiny

- Vznik aliasu
- Vzorkovací teorém

2

Anti-aliasingové metody

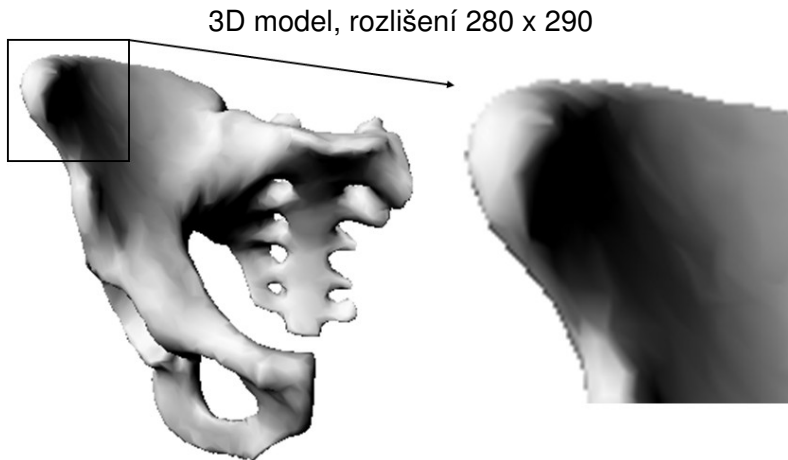
- Řešení problému aliasu
- Supersampling
- Multisampling
- MIP Mapping textur

Možnosti řešení problému aliasu

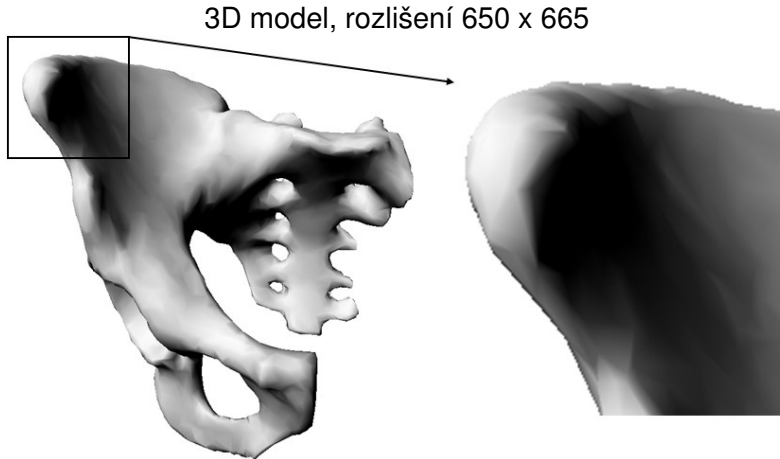
Zvýšení vzorkovací frekvence

- Zvětšení rozlišení výstupních dat – obrazu
- Přímou to odpovídá závěrům Shannonova vzorkovacího teorému
- Dostáváme lepší výsledky, ale problém zůstává - nemůžeme zvětšit rozlišení displeje

Zvýšení vzorkovací frekvence



Zvýšení vzorkovací frekvence



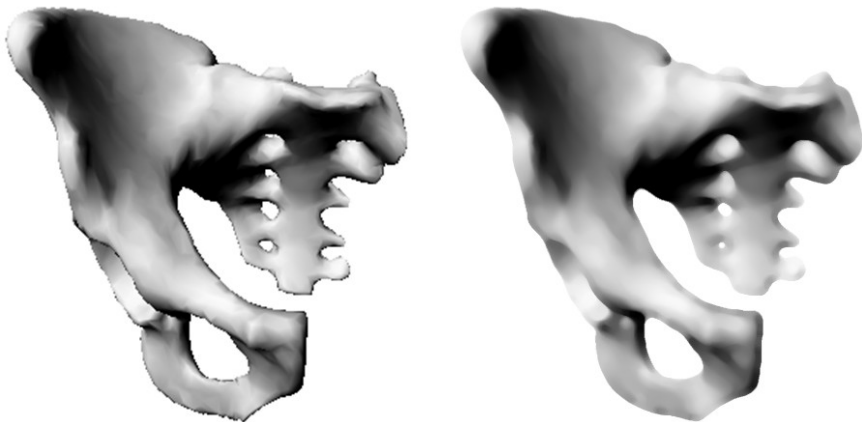
Možnosti řešení problému aliasu

Přefiltrování výstupních dat

- Vyhlazení, rozmazání výstupních dat – obrazu
- Provádí se až na konec celého procesu – postprocessing
- Cenou je ztráta detailů v obraze

Přefiltrování výstupních dat

3D model, rozlišení 280 x 290 + vyhlazený výstupní obraz

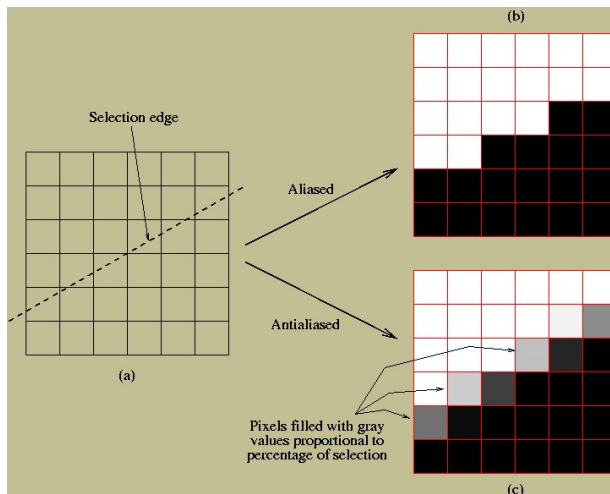


Možnosti řešení problému aliasingu

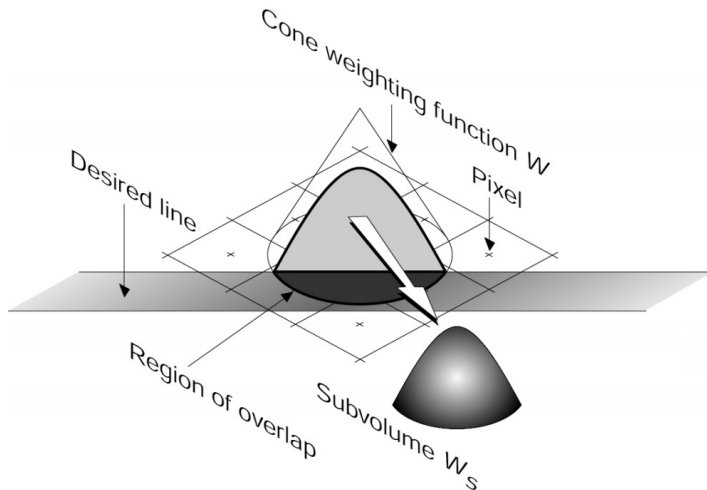
Před-filtrování (vyhlazení) vstupních dat

- Zachovává rozlišení výstupních dat – obrazu
- Zvyšujeme však vzorkovací frekvenci – více vstupních vzorků na jeden výstupní
- Probíhá během vlastního zpracování vstupních dat
- Cenou je ztráta výkonu (rychlosti) zpracování dat

Vyhlazení vstupních dat



Vyhlazení vstupních dat – průměrování sousedních vzorků

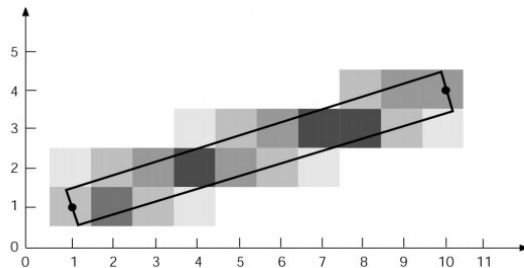
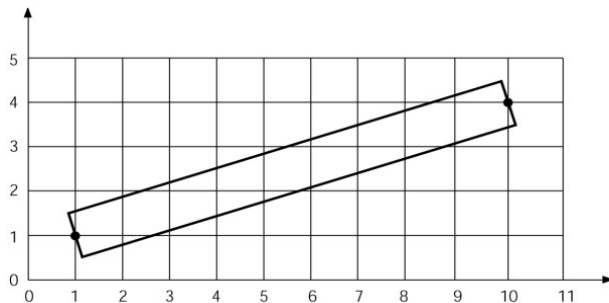


Vyhlazení vstupních dat - 1 pixel z několika vzorků

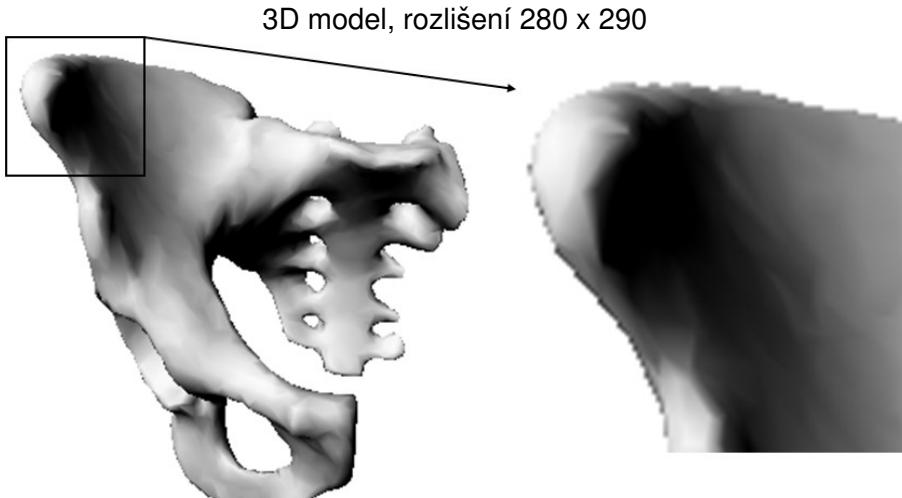
$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$

$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$

Vyhlazení vstupních dat - příklad

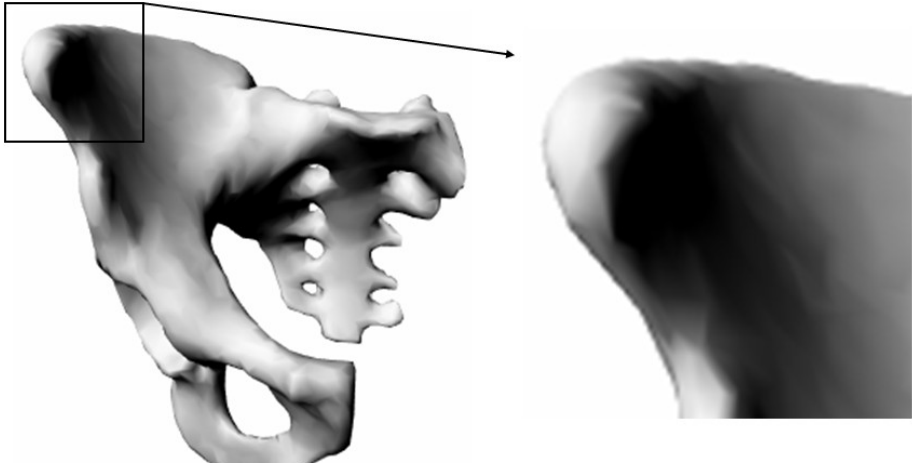


Vyhlazení vstupních dat



Vyhlazení vstupních dat

3D model, rozlišení 280 x 290 + antialiasing



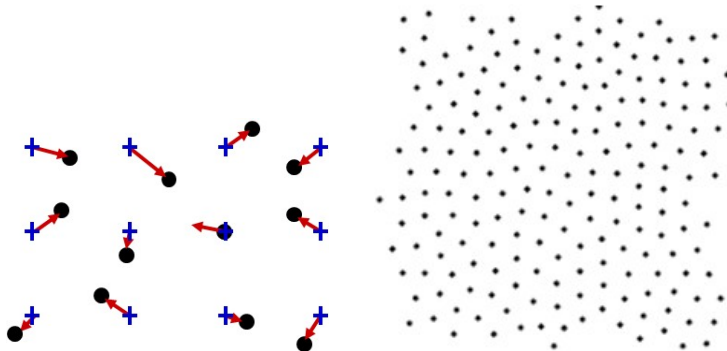
Další možnosti řešení problému aliasingu

Nepravidelné vzorkování vstupních dat

- Zachovává rozlišení výstupních dat – obrazu
- Zachováváme vzorkovací frekvenci – jeden vstupní vzorek na jeden výstupní
- Náhodně drobně posouváme pozice vstupních vzorků (na úrovni rozlišení vstupních dat)
- Probíhá během vlastního zpracování vstupních dat
- Používá se v kombinaci s ostatními metodami
- Jittering, Poisson disk

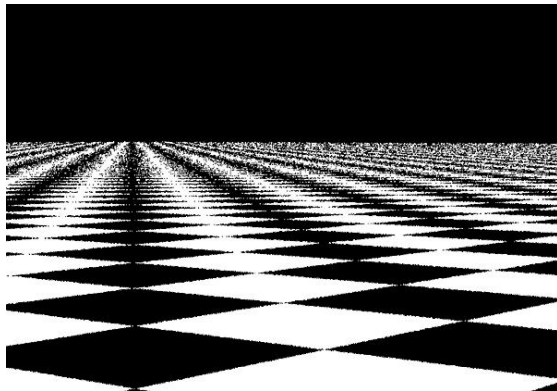
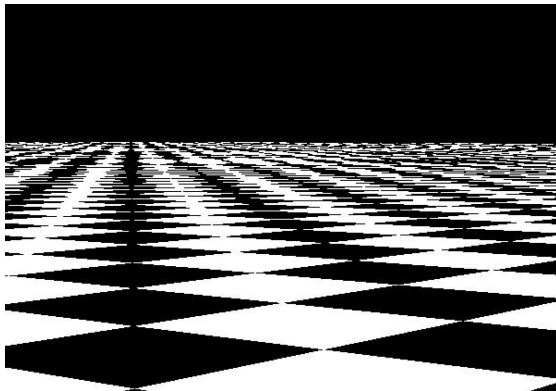
Nepravidelné vzorkování vstupních dat

Jittering (vlevo) a rozmístění vzorků
na obraze (vpravo)



Nepravidelné vzorkování vstupních dat

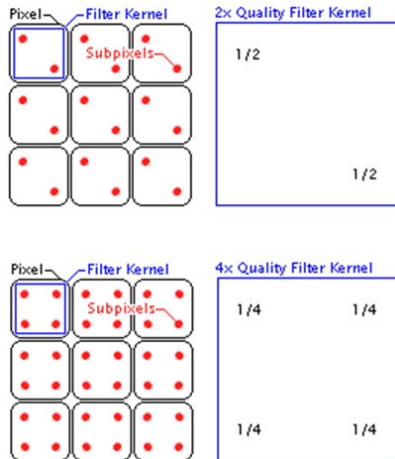
Uniformní vzorkování (vlevo) a jittering (vpravo)



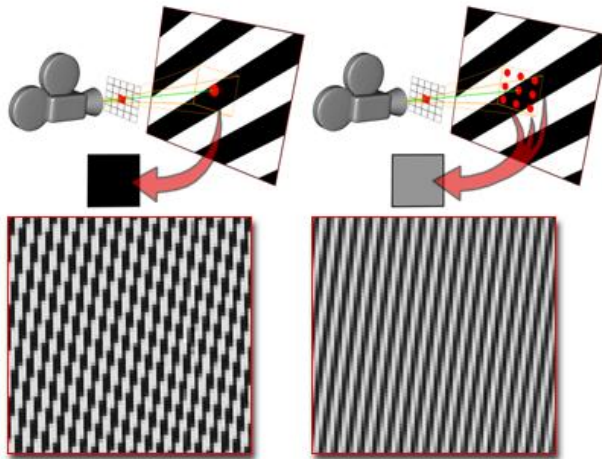
SSAA - Supersampling Anti-Aliasing

Charakteristika

- Vyhlazení vstupních dat
- Každý pixel je rozdělen na několik vzorků
- Výsledná hodnota pixelů je složena z hodnot vzorků
- Složení vzorků zajistí průměrovací filtr
- Vyhlazuje celý výsledný obraz, hrany i textury
- Výrazný pokles výkonu zobrazení



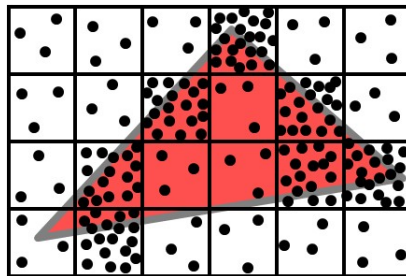
Supersampling



MMSA - Multisampling Anti-Aliasing

Charakteristika

- Adaptivní Supersampling
- Hustější vzorkování pouze v oblasti hran trojúhelníků
- Uvnitř řidší vzorkování
- Výrazně vyhlazuje hrany objektů (hrany troj.), méně textury
- Menší pokles výkonu

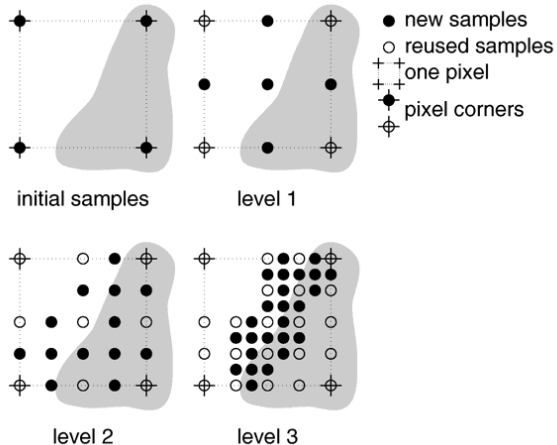


Multisampling



Rekurzivní Supersampling

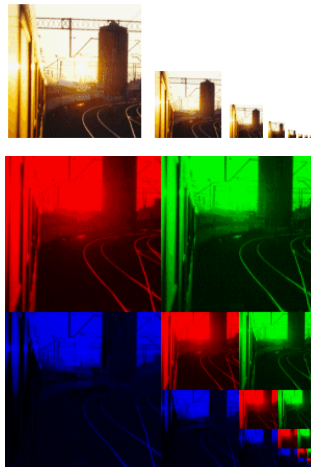
- Při gradientech vzorků se zahustí vzorkování



MIP ("multum in parvo") Mapping textur

Uložení hierarchie rozlišení textury do jedné matice

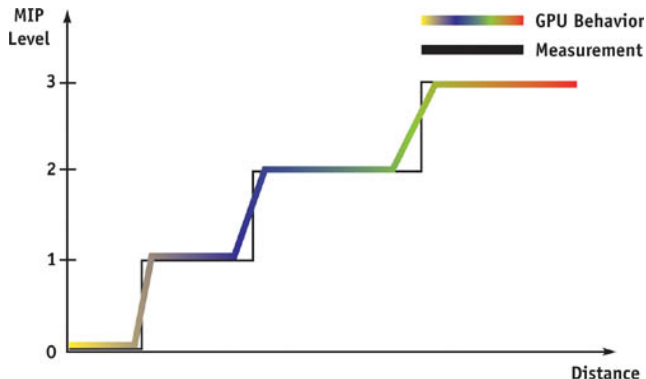
- Použití vhodného rozlišení podle jejího aktuálního vzorkování při zobrazení
- Předzpracování textur
- Vzorkování pro různá rozlišení s pokročilou interpolací hodnot



MIP Mapping textur

Kdy se přepíná úroveň/rozlišení?

- V zásadě podle vzdálenosti textury od kamery (velikosti obrazu textury)
- Viz. přednáška o texturování



Příklad MIP textur

