Dokumentace projektu PGP

Vít Hodes
xhodes00@stud.fit.vutbr.cz

Zdeněk Biberle
xbiber00@stud.fit.vutbr.cz

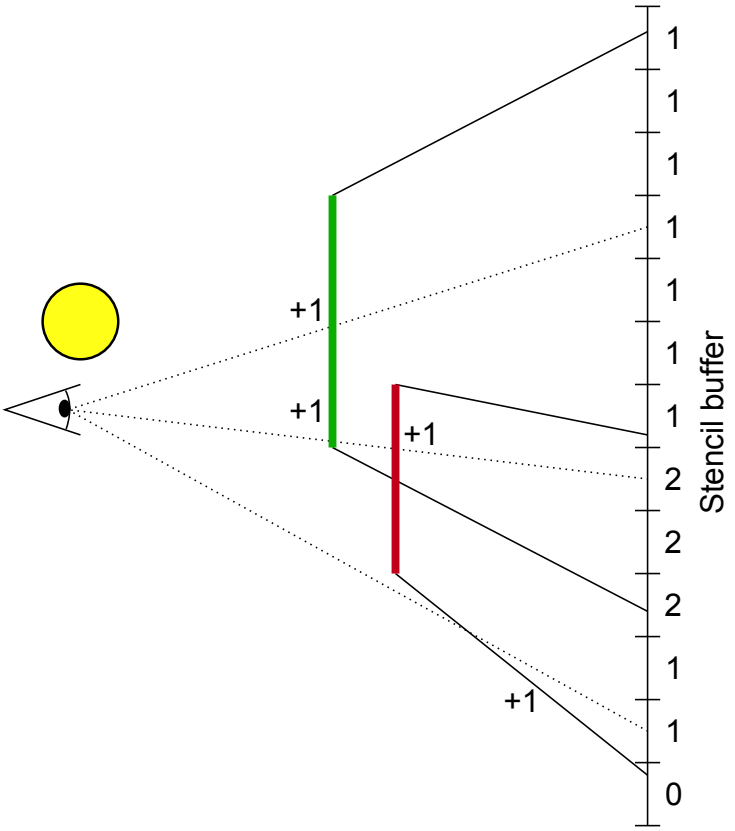
4. ledna 2016

1 Úvod

Tato práce se zabývá implementací algoritmu Real Time Shadow of Transparent Casters Using Shadow Volume popsaný v [1]. Tento algoritmus, jak již jeho název naznačuje, popisuje způsob řešení stínů pomocí objemových těles, aplikovatelný i na neuzavřené modely a tedy i obecné trojuhelníky - tzv. triangle soup. Dále algoritmus popisuje postup tvorby stínů průhledných casterů a jejich nedokonalosti a možná řešení.

2 Teorie

Klíčovou částí algoritmu popsaného v [1] je zjištění intenzity světla po průchodu stínícím tělesem. Naivní způsob, kterým lze toto provést, je vytvoření stínového tělesa pro každý trojúhelník stínícího tělesa a následná aplikace typického shadow-volume algoritmu z-pass či z-fail.



Obrázek 1: Základní myšlenka více stínových těles

Po této operaci získáme stencil buffer, jehož hodnoty pro každý pixel framebufferu určují počet ploch, skrz které prošel světelný paprsek.

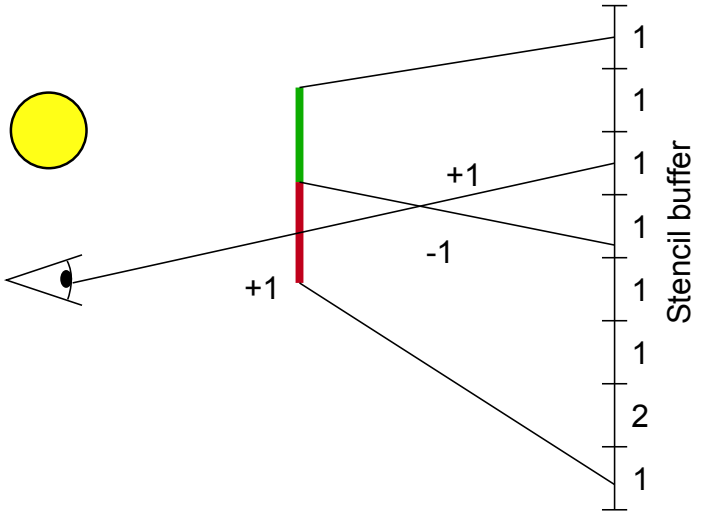
Pokud předpokládáme, že každá z těchto ploch propouští stejné množství světla, tak můžeme intenzitu světla dopadajícího na objekty následujícím způsobem:

$$I_{out} = f^s * I_{in} \tag{1}$$

kde I_{out} je celková intenzita světla, I_{in} je intenzita zdroje světla, f je faktor propustnosti stínícího objektu a s je hodnota stencil bufferu na patřičné pozici. Tento postup lze jednoduše rozšířit na všechny barevné kanály.

Nevýhodou tohoto naivního přístupu je značné množství vykreslovaných stínových těles a mnoho operací se stencil bufferem. Omezení počtu stínových těles je možné provést na základě myšlenky je demonstrováno na obrázku 2. Obecně lze říci, že z hrany je nutné protáhnout stěnu stínového tělesa pouze v případě, že na obou stranách protažené hrany je stejný počet trojúhelníků,

které tuto hranu sdílí. Pokud je tento počit odlišný, tak hranu protáhneme a přiřadíme jí tzv. multiplicitu, tedy rozdíl počtu trojúhelníků na obou stranách.



Obrázek 2: Ukázka nadbytečných stěn stínových těles

3 Popis řešení

Bylo implementováno referenční CPU řešení, které bylo převáděno do compute a geometry shaderů. Řešení se skládá prakticky ze dvou částí - spočítání objemových těles zvolenou metodou a poté samotný proces vygenerování stínů a vykreslení.

Na začátku se předzpracují modely tak, že se odstraní duplikované vrcholy a vygenerují se nové vertex a element vektory. Pak se vygeneruje tzv. edgeLookup vektor, ve kterém se z trojuhelníků vytvoří seřazená množina hran s třetím nehranovým vrcholem a id trojuhelníku. Hrany jsou seřazeny podle vrcholu 1, pak vrcholu 2 a nakonec podle id trojuhelníku. Takto seřazený vektor umožňuje vyhledání všech trojúhelníků náležících k dané hraně v logaritmickém čase.

Implementace algoritmu se v jednotlivých implementacích příliš neliší. Ve všech případech jsou na vstupu vrcholy modelu, element vektor definující jednotlivé trojühelníky, edgeLookup, pozice světla a požadovaná délka extrudovaného stínu. V compute a geometry shaderech jsou tyto data v SSBO bufferech (kromě pozice světla a délky stínu - ty jsou obyčejné uniformy).

Pro každý trojúhelník, pokud je přivrácený ke světlu, se vygeneruje nový

extrudovaný o příslušnou vzdálenost od světla. Pro každou jeho hranu se naleznou všechny trojúhelníky, které tuto hranu sdílí, a podle jejich orientace se nastaví multiplicita hrany (tj. zda stín generuje či nikoliv). Pokud je výsledná multiplicita nenulová, vytvoří se z příslušné hrany stěna objemového tělesa.

Postup kreslení začíná vykreslením stíněných povrchů do hloubkového bufferu, který je použitý při z-fail generování "stencil" textury stínů. Při z-fail algoritmu je zápis do hloubkového bufferu vypnutý a pro každý fragment, který má hloubku větší než je aktuální v hloubkovém bufferu, atomicky zapíše negativní hodnotu své multiplicity (pro fragmenty orientované od kamery je tato hodnota ve výsledku kladná a pro fragmenty orientované ke kameře záporná) do celočíselné "stencil" textury. Je také zapnutý early fragment test, jinak by atomické operace proběhly i pro fragmenty, které se budou zahazovat.

Se získanou texturou se stínem už stačí vykreslit znovu stíněné předměty a poté stínící předměty bez ní.

3.1 Zajímavé řešené problémy

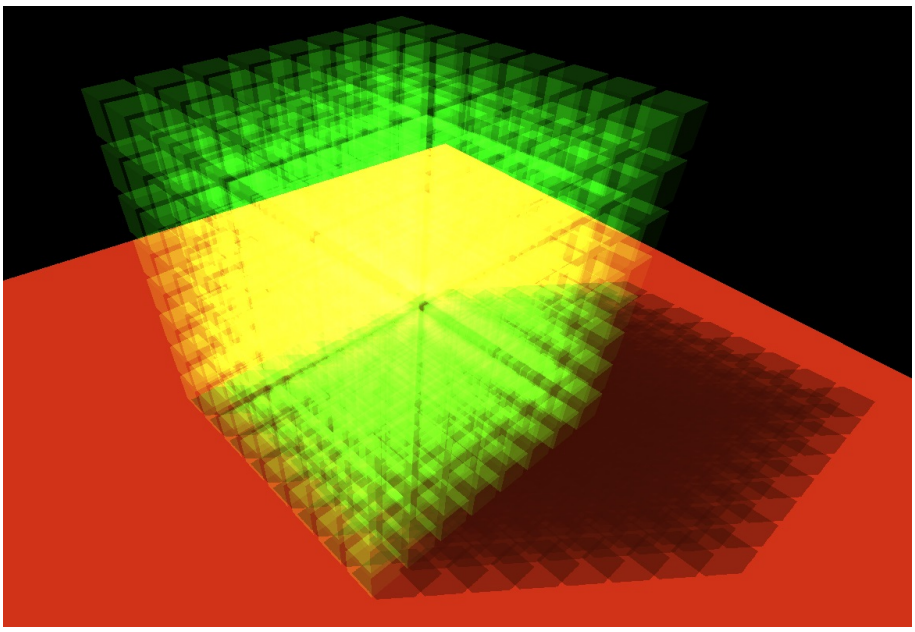
Pro atomické load/store operace jsou podporovány pouze celočíselné formáty textur r32i a r32ui. AMD má opravdu problém s přímým využitím hodnot ze SSBO pole, ale zkopírování do pomocné proměnné tento problém obejde. Padding vstupních dat je opravdu potřeba. Dlouho nás ani nenapadlo tam hledat chybu a vůbec se tím zabývat.

4 Ovládání

- T - zapne vykreslování objemových těles
- C - přepíná mezi metodami generování objemových těles
- I - zapne zobrazení statistik běhu programu
- R - zastaví rotaci scény
- B - přepnutí stínícího modelu
- Myš - rotace okolo počátku scény
- Kolečko - přiblížení/oddálení pohledu ve scén?
- Esc - ukončí běh openGL programu, Enter potom celé aplikace

5 Vyhodnocení

I přes problémy s AMD hardwarem se nakonec podařilo implementaci v compute i geometry shaderech zprovoznit. Problémy byly v paddingu vstupních struktur i samotné implementaci algoritmu, kde se počítaly některé trojuhelníky navíc.

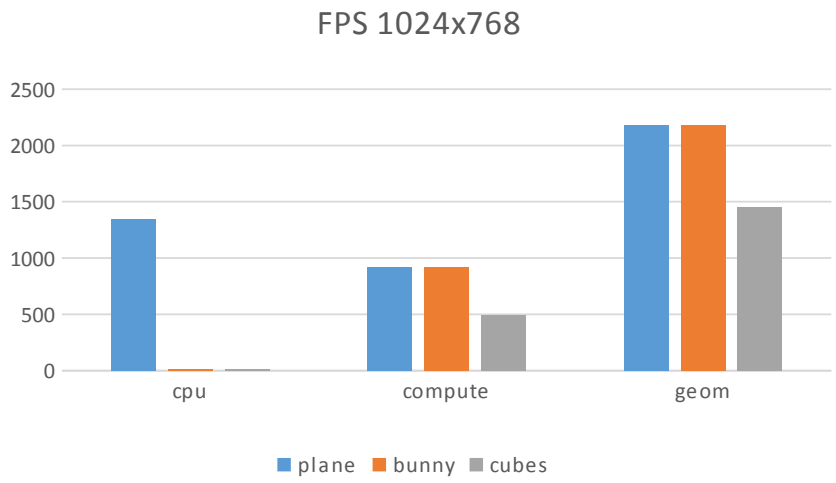


Obrázek 3: Screenshot aplikace

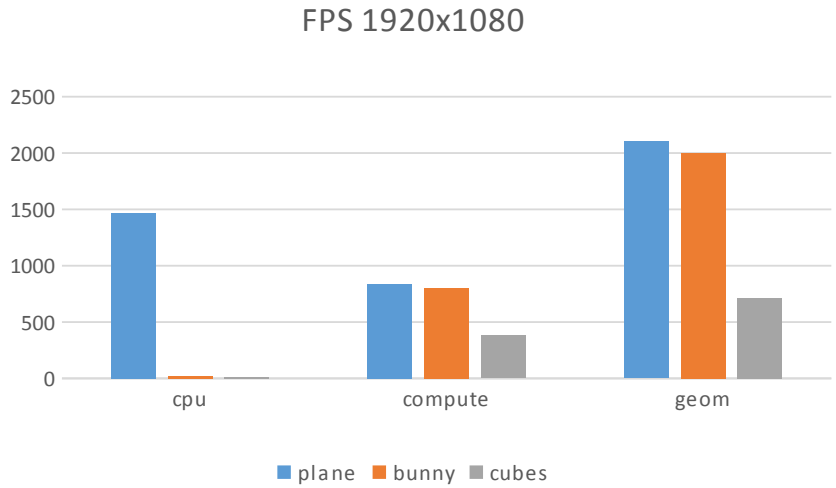
Měření výkonu bylo prováděno na počítači s procesorem Intel i5 4670K a grafickou kartou AMD Radeon 280X. Měření byla provedena se všemi metodami ve dvou různých rozlišeních s následujícími modely:

- plane - Jednoduchá rovina tvořená ze dvou trojúhelníků.
- bunny - Běžný Stanford Bunny, 4968 trojúhelníků.
- cubes - 512 krychlí, 6144 trojúhelníků.

Výsledky měření jsou v grafech 4 a 5.



Obrázek 4: Výsledky měření při rozlišení 1024×768



Obrázek 5: Výsledky měření při rozlišení 1920×1080

6 Závěr

Výsledky jsou v mnoha případech dle očekávání – korektně funguje stínování závislé na počtu stěn, kterými světlo prochází. Algoritmus z-fail taktéž funguje.

Zajímavý je ovšem podstatně nižší výkon compute shaderů oproti geometry shaderům.

Reference

[1] Byungmoon Kim, G. T., Kihwan Kim: Real Time Shadow of Transparent Casters Using Shadow Volume. In *Tech Report*, 2007, str. 5. URL `ftp://ftp.cc.gatech.edu/pub/tech_reports/iic/2007/GIT-IC-07-04.pdf`