Efekty dodatkowe w rasteryzacji

Opracowanie:
dr inż. Grzegorz Szwoch
Politechnika Gdańska
Katedra Systemów Multimedialnych

Efekty dodatkowe

- Cieniowanie i teksturowanie pozwala uzyskać wyrenderowany obraz sceny 3D.
- Dla poprawy realizmu, stosuje się dodatkowe efekty nakładane na wynik, np.:
  - mapowanie nierówności,
  - rysowanie cieni,
  - odbicia lustrzane,
  - antyliasing,
  - inne efekty specjalne.

Odwzorowanie nierówności powierzchni

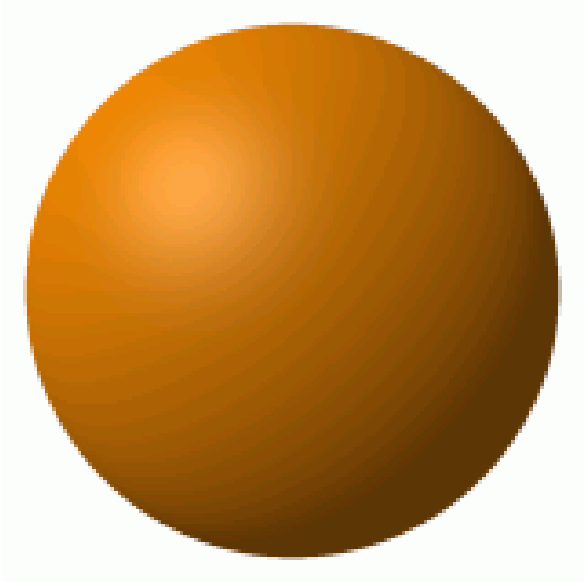
Tekstury są zawsze gładkie. Nałożenie na obiekt tekstury przedstawiającej np. mur z cegły nie da realistycznego efektu. Kierunek oświetlenia przy tworzeniu tekstury jest inny niż w końcowej scenie.

Mapowanie nierówności (*bump mapping*) – technika pozwalająca uzyskać wrażenie nierówności powierzchni poprzez symulację przesunięcia wybranych pikseli na osi *z* do przodu lub do tyłu przy pomocy mapy przesunięcia (mapy nierówności).

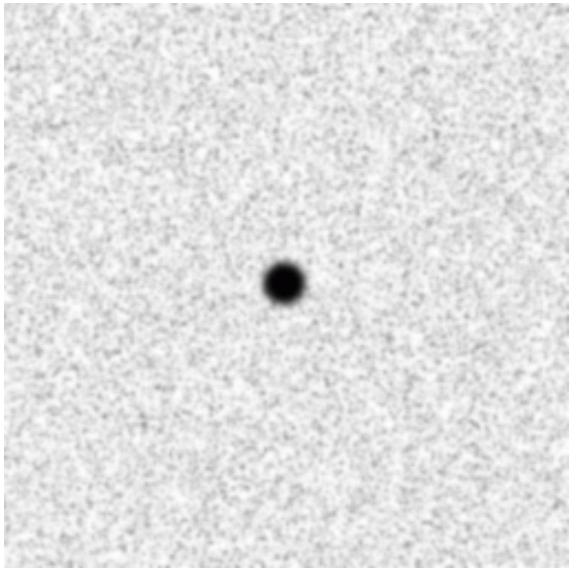
Odwzorowanie nierówności powierzchni

Mapa nierówności tekstury: dodatkowa tekstura, jednokanałowa. Wartość teksela mapy odpowiada „wypukłości” teksela tekstury.

Bez mapowania



Mapa nierówności



Wynik

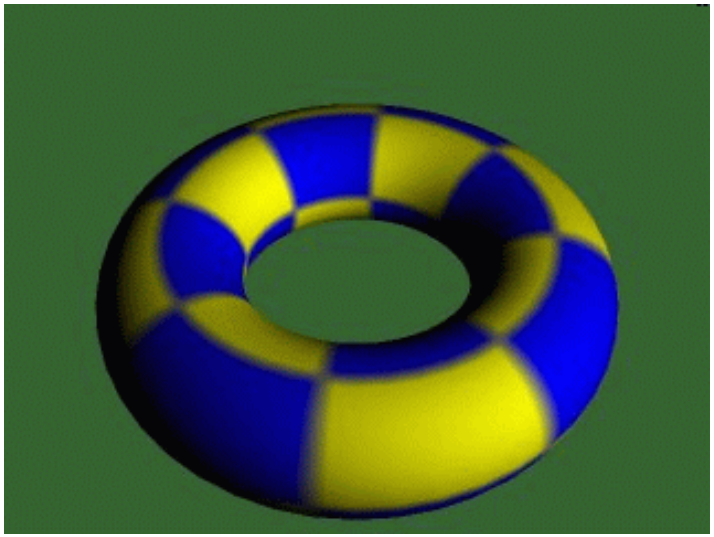
Bump mapping

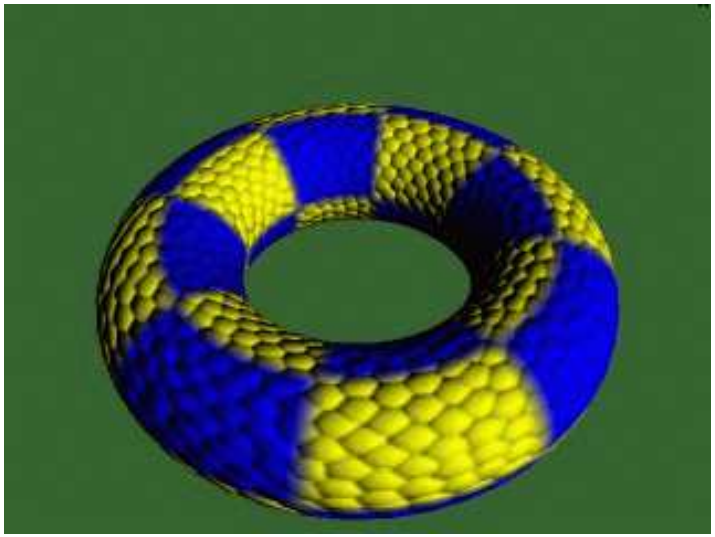
Przykład zastosowania *bump mapping*:

- obliczane są wektory normalne dla każdego fragmentu,
- kierunki wektorów normalnych są modyfikowane („odchylane”) na podstawie mapy nierówności,
- zmodyfikowane wektory normalne są używane do cieniowania metodą Phonga.

Bump maping – przykład

Torus bez odwzorowania powierzchni
i z wykorzystaniem techniki *bump mapping*



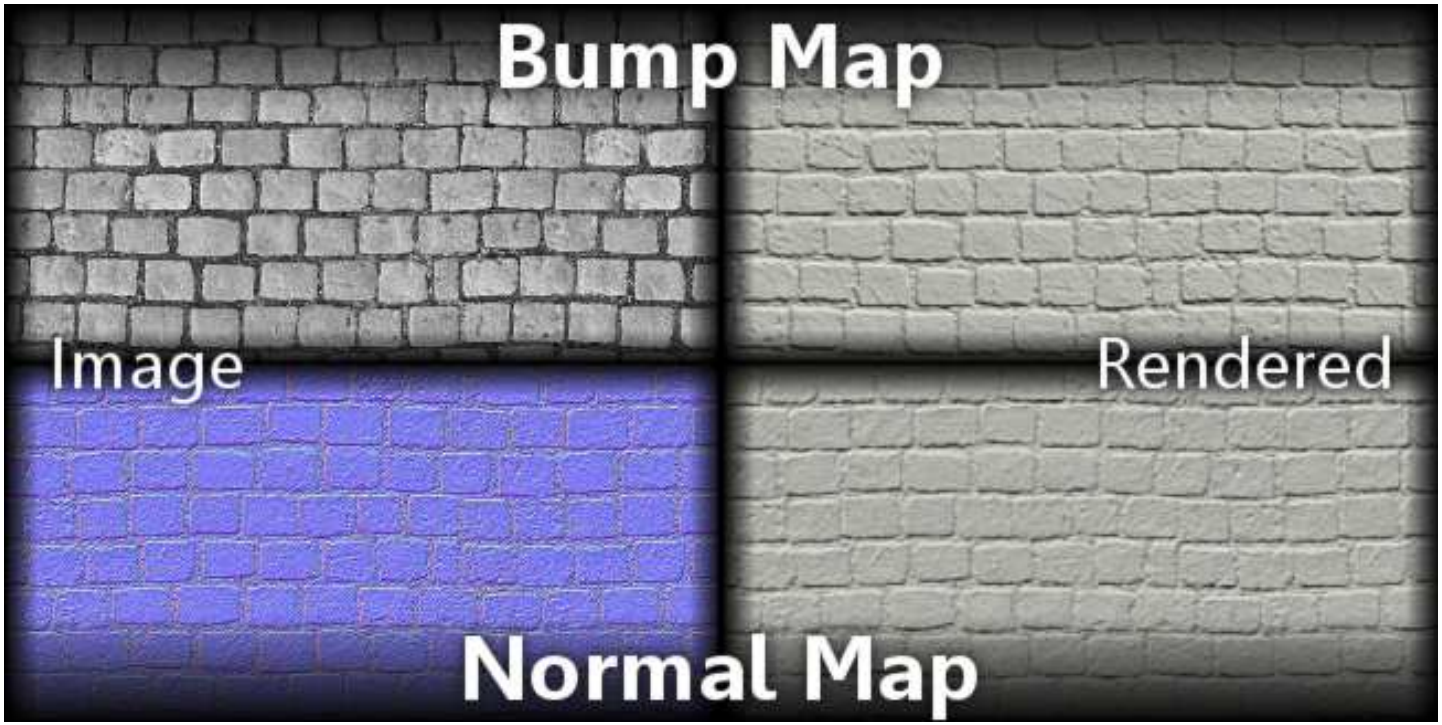


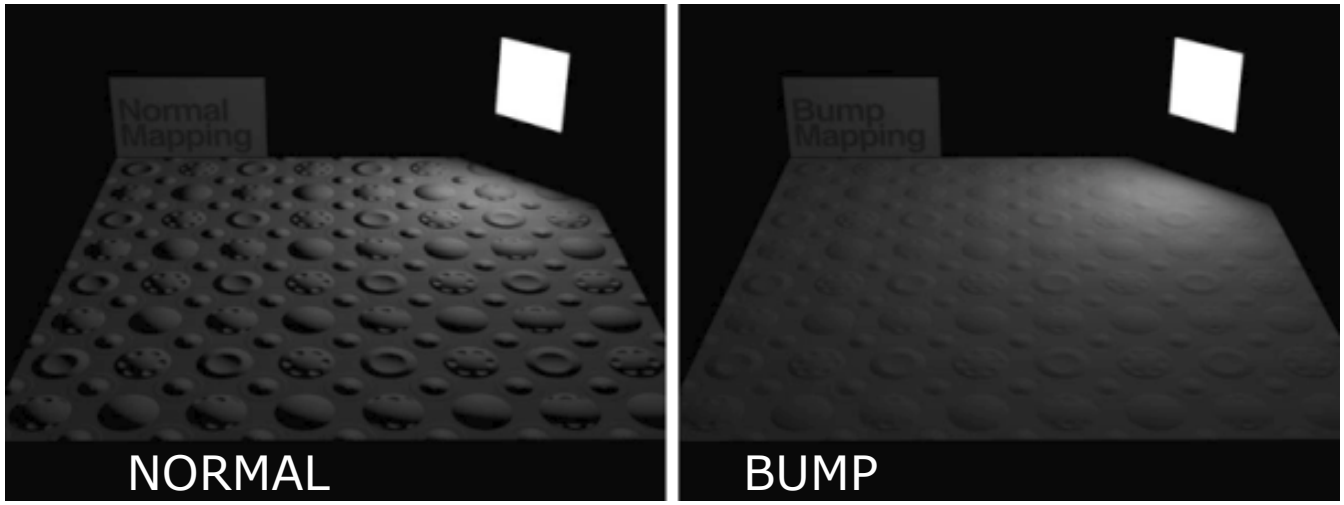
Normal mapping

Normal mapping, nazywane też *Dot3 bump mapping*, to odmiana metody mapowania nierówności powierzchni:

- mapa normalnych jest teksturą trójkanałową
- zawiera ona zapisane kierunki wektorów normalnych dla każdego teksela mapy,
- rasteryzer próbkuje wektory normalne z mapy zamiast interpolować je z werteksów.
- Metoda bardziej dokładna, wymaga więcej pamięci.

Normal mapping vs. Bump mapping





Displacement mapping

Displacement mapping – odwzorowanie przemieszczeń – zamiast imitować nierówności, metoda tworzy prawdziwe nierówności:

- siatka trójkątów dzielona jest na mniejsze trójkąty,
- siatka jest deformowana zgodnie z mapą przemieszczeń,
- na zdeformowaną siatkę nakładana jest tekstura, która „układa się” na wygiętej powierzchni.

Metoda bardzo złożona, wymaga operacji bezpośrednio na werteksach siatki.

Parallax mapping

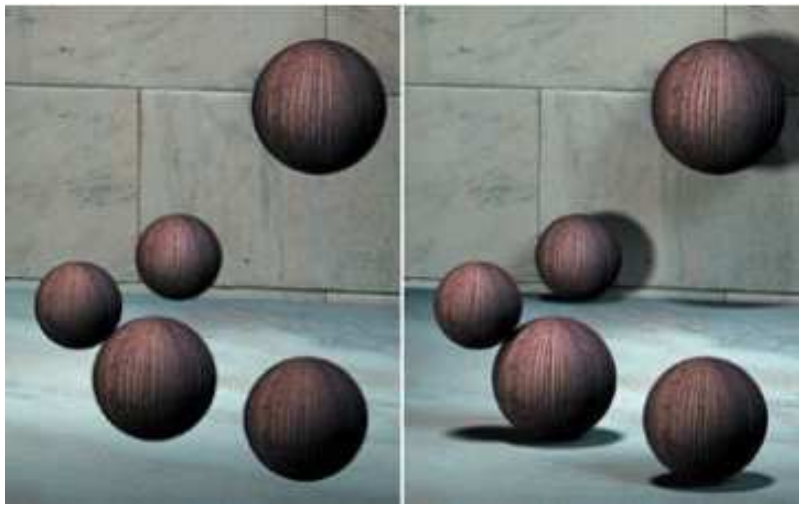
Parallax mapping odwzorowuje nierówności biorąc pod uwagę kąt patrzenia na płaszczyznę.

Polega na przekształcaniu tekstury zależnie od informacji zapisanej w mapie wysokości i od kierunku obserwacji.

Inne nazwy: *Photonic Mapping*,
Offset Mapping,
Virtual Displacement Mapping

Cienie obiektów

Cienie dodają realizmu i pozwalają ustalić położenie obiektów.



Uwaga: operacja cieniowania nie rysuje cieni!

Tworzenie cieni

- Rysowanie cieni wymaga sprawdzenia czy promienie światła „przechodzą” przez powierzchnie obiektów.
- Rasteryzacja czasu rzeczywistego bierze pod uwagę tylko promienie bezpośrednie, co nie pozwala na wyznaczenie cieni.
- Rysowanie cieni wymaga zastosowania osobnego algorytmu tylko do tego celu.
- Z tego powodu, w opcjach gier komputerowych często można wyłączyć lub włączyć algorytm rysowania cieni.

Shadow mapping

Algorytm mapowania cieni (*shadow mapping*, *texture shadows*):

- rzutowanie z punktu „widzenia” źródeł światła:
  - ortogonalne – dla światła kierunkowego,
  - perspektywiczne – dla św. punktowego
- fragmenty „widziane” przez źródła światła są zapisywane w mapie cieni (*shadow map*) – jednokanałowej teksturze,
- wymaga obliczeń dla każdego źródła światła.

Shadow mapping

- Pierwszy przebieg renderingu – tylko światło otoczenia, cała scena w cieniu.
- Projekcja mapy cienia na płaszczyznę obrazu: dla każdego fragmentu przeprowadza się *depth test* – czy jest w cieniu.
- Rendering z uwzględnieniem świateł – tylko dla fragmentów, dla których *depth test* się powiedzie – oświetlone piksele.
- Pozostałe fragmenty zostają „w cieniu”.
- Wada metody: krawędzie cieni nie wyglądają realistycznie.

Bufor maski

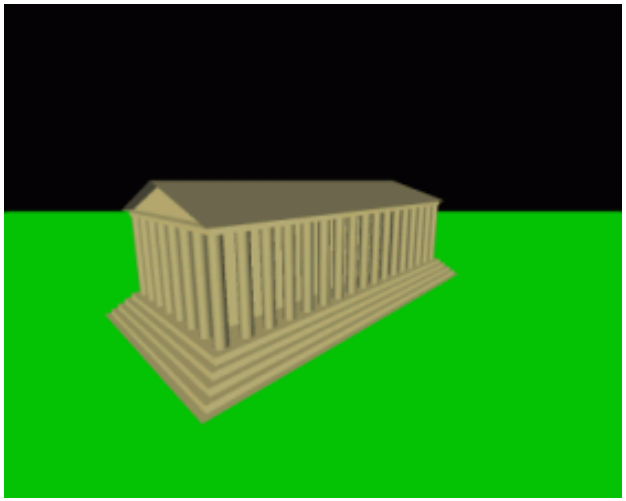
Bufor maski (*stencil buffer*) – pomocniczy bufor obrazu (jednokanałowy), który pozwala wyłączyć wybrane fragmenty z procesu renderingu.

Np. dla rysowania cieni:

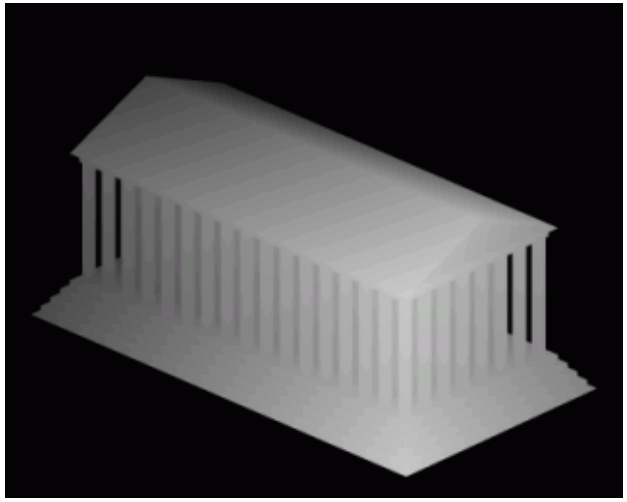
- pierwszy przebieg (cienie) dla całego obrazu,
- obliczenie mapy cienia i zapisanie „zacienionych fragmentów” w buforze maski,
- włączenie bufora maski,
- drugi przebieg (światła) – tylko dla fragmentów nie zamaskowanych w buforze.

Shadow mapping

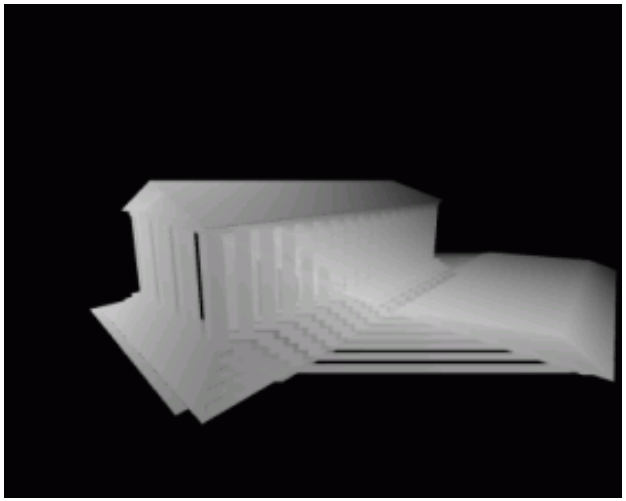
Obraz bez cieni



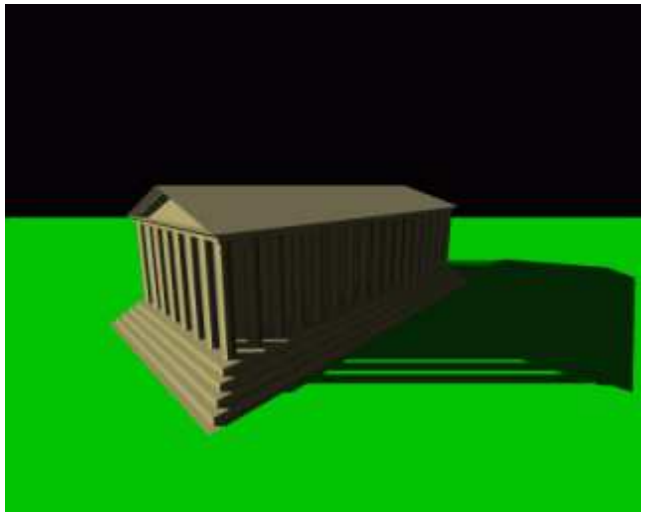
Wyznaczenie mapy cieni



Projekcja mapy cieni



Obraz z cieniami



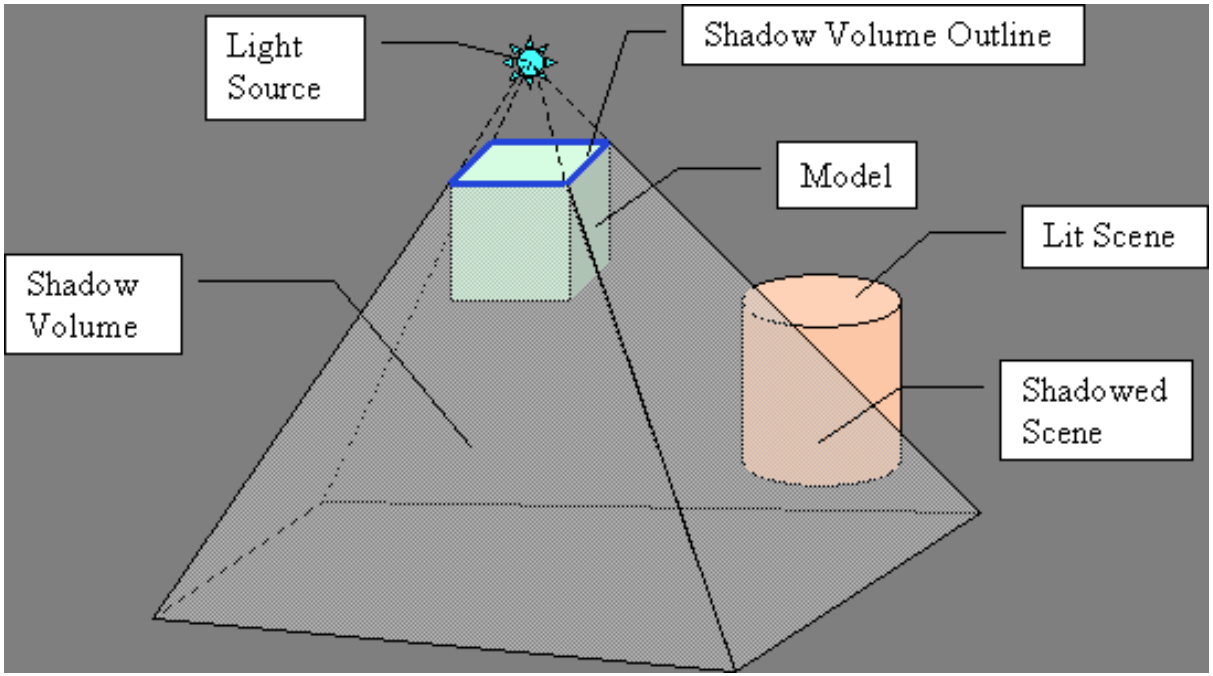
Shadow volume

Shadow volume (stencil shadows):

- wyznaczenie wielokątów siatki skierowanych w stronę źródła światła,
- połączenie ich w sylwetkę (*silhouette*),
- wyznaczenie bryły cienia dla całej sylwetki,
- ew. obcięcie bryły cienia z przodu / z tyłu,
- wyznaczenie pikseli leżących wewnątrz bryły cienia,
- oznaczenie tych pikseli w buforze maski (*stencil buffer*).

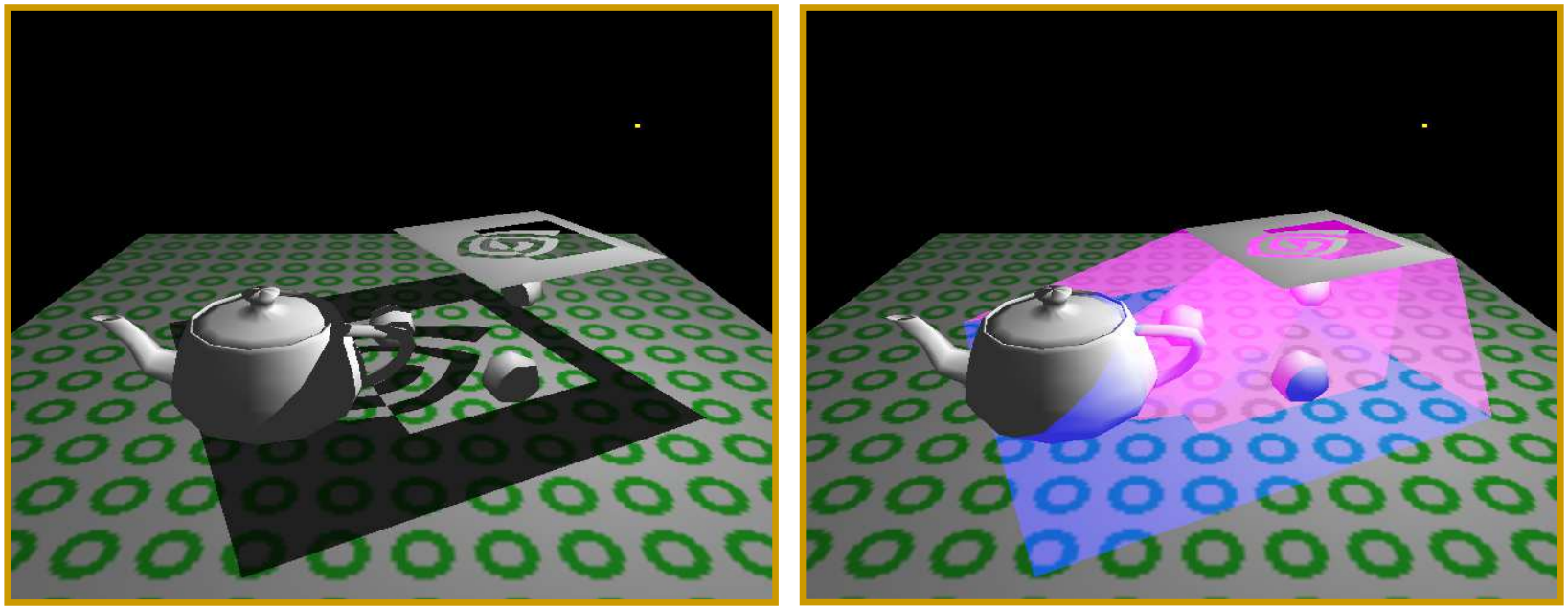
Shadow volume

- Przebieg rasteryzacji – podobnie jak dla metody mapy cieni.
- Metoda jest bardziej złożona obliczeniowo.
- Daje bardziej dokładne i realistyczne cienie.



Shadow volume

Przykład:

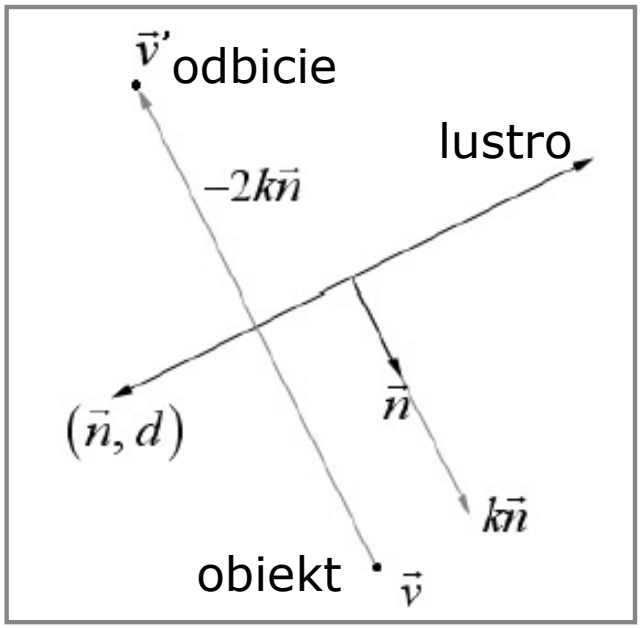


http://developer.nvidia.com/object/robust_shadow_volumes.html

Odbicia lustrzane

Efekt odbicia w lustrze:

- renderowana jest scena bez odbić,
- tworzona jest maska, wyznaczająca fragmenty należące do powierzchni lustra,
- obliczane są pozycje odbitych obiektów – tylko dla fragmentów nie przykrytych maską,
- renderowane jest odbicie w lustrze.
- Metoda nadaje się tylko dla płaskich powierzchni.



Environment mapping

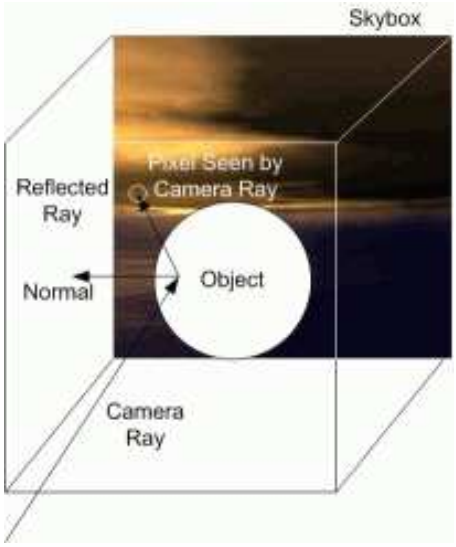
Bardziej złożony algorytm nosi nazwę *reflection mapping* (mapowanie odbić) lub *environment mapping* (mapowanie środowiska).

- Tworzona jest dynamiczna tekstura (obliczana podczas renderingu), przedstawiająca zawartość otoczenia,
- tekstura ta jest mapowana na powierzchnię obiektu.
- Metoda nadaje się do mapowania niezmiennych scen (np. pomieszczeń).

Environment mapping

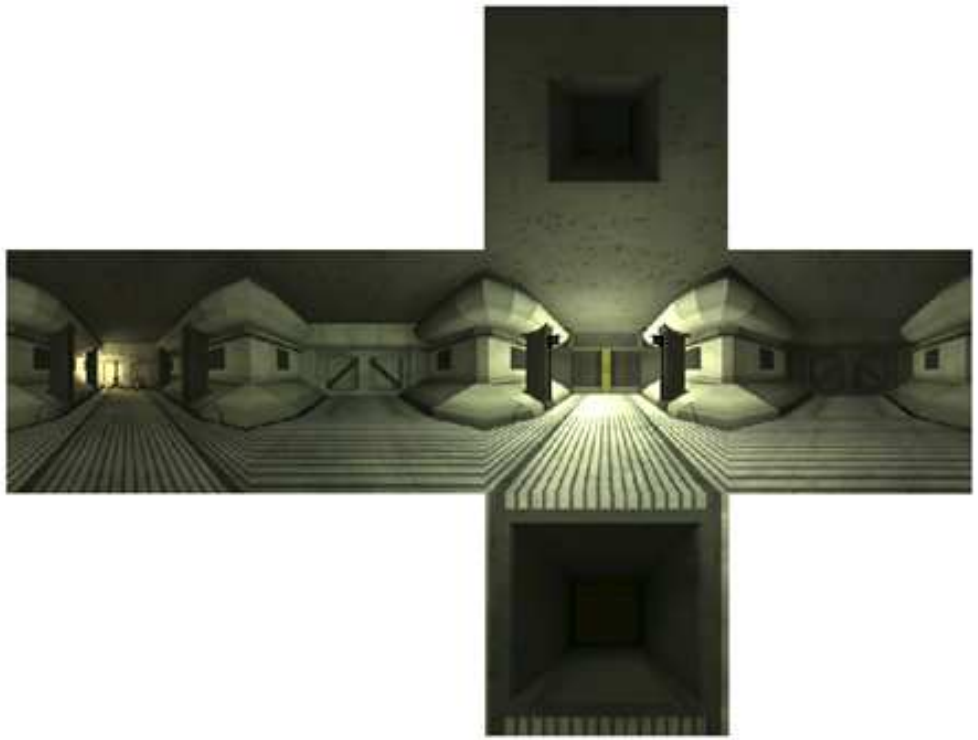
Mapowanie kubiczne (*cubic* EM):

- obiekt znajduje się wewnątrz sześcianu,
- zawartość otoczenia jest rzutowana na ściany,
- powstaje w ten sposób specjalna dynamiczna tekstura – *cube map*,
- tekstura ta jest mapowana na powierzchnię obiektu.



Environment mapping

Przykład mapowania:



http://infocenter.arm.com/help/index.jsp?topic=/com.arm.doc.dui0505c/BABBAIDA.html

Skybox

Inne zastosowanie tekstur kubicznych: *skybox*.

- Wirtualny świat jest zamknięty w sześcianie,
- jego sześcianu są pokryte teksturą, która imituje „dalekie plany”.

Przezroczystość bez załamań

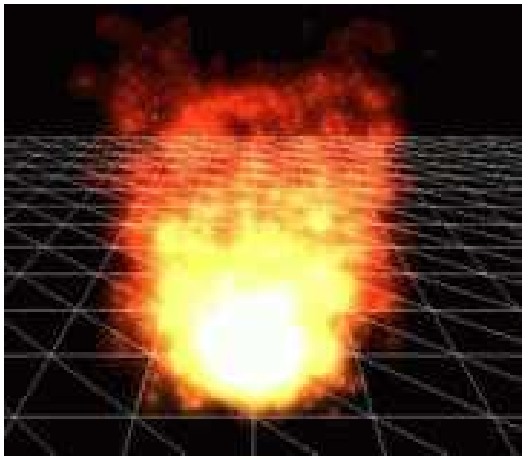
Powierzchnie mogą być przezroczyste lub półprzezroczyste (np. szkło) – mogą częściowo przepuszczać światło. Obiekty zasłaniane mogą być więc częściowo widoczne.

- Przezroczystość interpolowana *(alpha blending)* – kombinacja barwy fragmentu obliczonej dla wielokąta zasłaniającego i zasłanianego, biorąc pod uwagę współczynnik przezroczystości, np.: $K = \alpha K_1 + (1-\alpha)K_2$
- Przezroczystość filtrowana – wielokąt traktowany jest jak filtr, który selektywnie przepuszcza różne długości fali.

Systemy cząsteczkowe

Systemy cząsteczkowe (*particle system*) służą do generowania efektów takich jak ogień, dym, chmury, iskry, deszcz, itp.

- Definicja emitera – pozycja, szybkość generowania cząsteczek, kierunek, czas życia, zmiany koloru, itp.
- Symulacja – tworzenie kolejnych etapów rozwoju systemu
- Rendering – rysowanie cząsteczek.

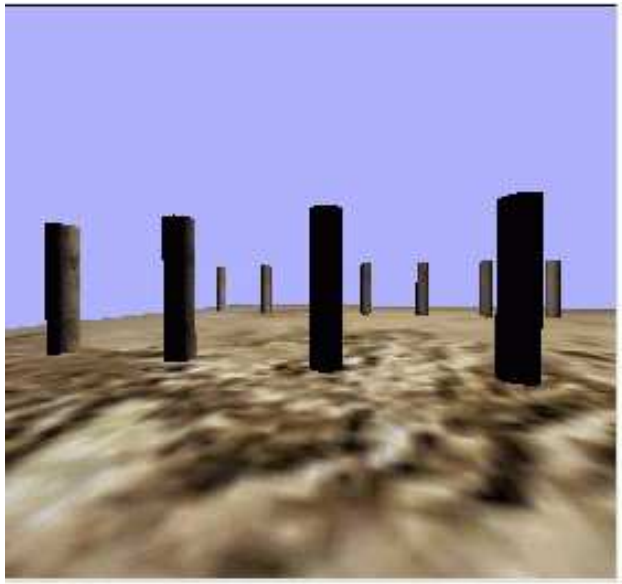


Odwzorowanie mgły

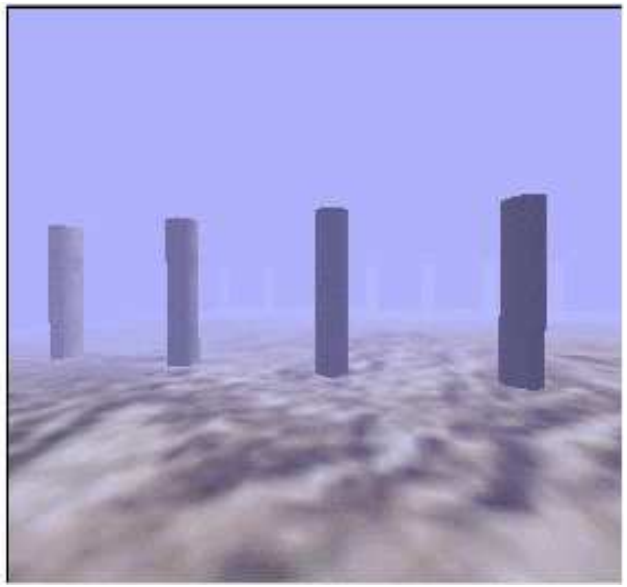
Efekt mgły (*fog*) symuluje widoczność obiektów w naturze:

- bliższe obiekty są bardziej wyraźne
- dalsze obiekty są bardziej przysłonięte przez mgłę.

Brak efektu mgły



Symulacja mgły



Odwzorowanie mgły

Metody symulacji mgły:

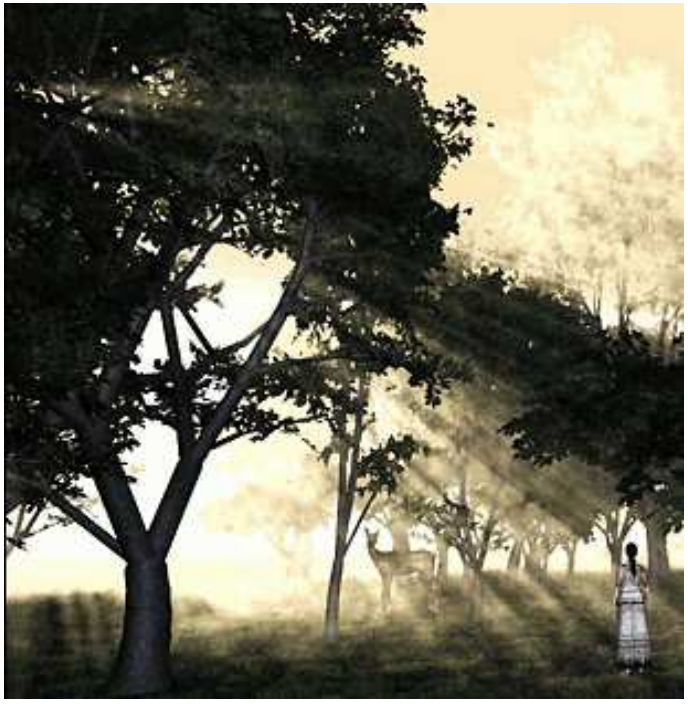
- *Fog Table* (*Pixel Fog*) – starsza metoda, obliczenia wykonywane są dla każdego fragmentu przy pomocy informacji o głębi zapisanej w buforze.
- *Fog Vertex* – efekt mgły obliczany jest dla każdego wierzchołka wielokąta, a następnie interpolowany przez rasteryzer.

Oświetlenie wolumetryczne

Volumetric lighting

Efekt promieni światła prześwitujących np. przez chmury lub przez listowie.

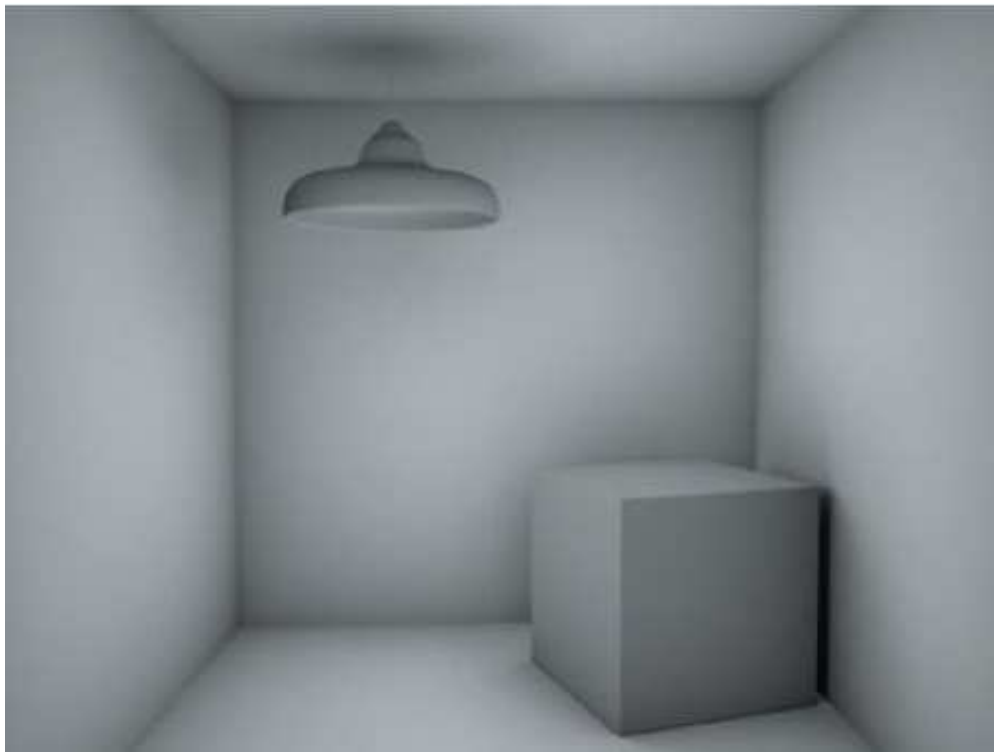
- Strumień światła ze źródła jest traktowany jako przezroczysty stożek.
- Obiekty znajdujące się wewnątrz tego stożka (dym, chmury, para wodna) mają możliwość przepuszczania światła.



Okluzja otoczenia

Okluzja otoczenia (*ambient occlusion*)

- zaciemnienie obszarów w zagłębieniach, kątach oraz pod i pomiędzy powierzchniami.

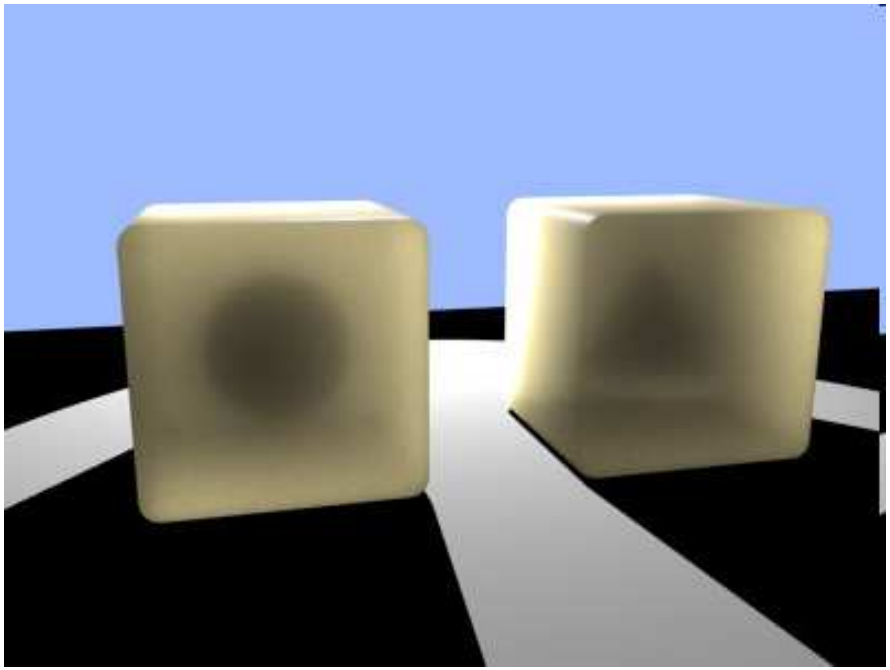


Efekty kaustyczne

Caustic – promienie światła odbite lub załamane przez zakrzywioną powierzchnię,
np. światło na wodzie.

Rozpraszanie podpowierzchniowe

Subsurface scattering
– efekt promieni świetlnych, które wnikają do wnętrza obiektu, odbijają się kilkakrotnie, po czym opuszczają obiekt. Metoda pozwala np. poprawić realizm wyglądu skóry człowieka.



Anty-aliasing

Antialiasing – redukcja zniekształceń powstających na ukośnych krawędziach.

Supersampling (FSAA)

- Supersampling – najprostsza metoda antyaliasingu. Polega na wykonaniu renderingu w *n* razy większej rozdzielczości (*n*= 2, 4, 8).
- Przeskalowanie w dół do docelowej rozdzielczości powoduje rozmycie krawędzi, a przez to redukcję zniekształceń.
- Wada: znaczne wydłużenie renderingu (wyznaczanie barwy dla każdego piksela obrazu w zwiększonej rozdzielczości):
  - 1920x1080: 2073600 px,
  - zwiększenie x2: 8294400 px (4x więcej)

Multisampling (MSAA)

Zoptymalizowane podejście:

- nie ma sensu zwiększać liczby fragmentów w obszarze, który w całości należy do jednego trójkąta.
- Jest to potrzebne tylko na krawędziach trójkątów.
- W tych obszarach dokonuje się podpróbkowania – więcej niż jeden fragment na piksel docelowego obrazu (m.in. dlatego fragment ≠ piksel).

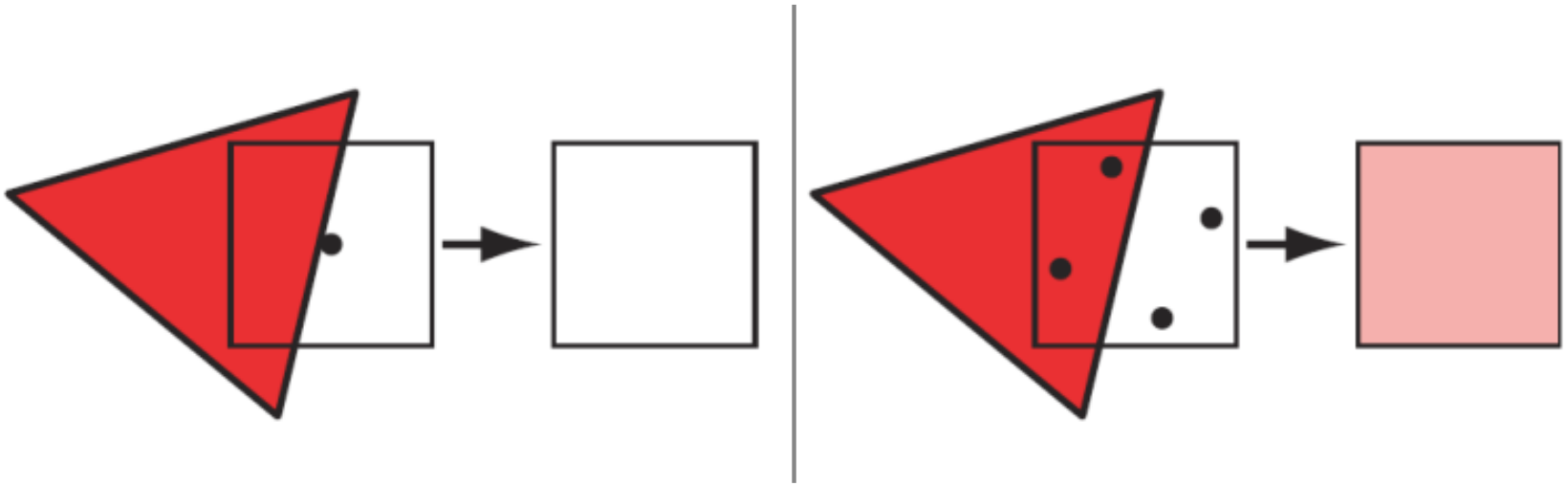
Multisampling (MSAA)

- Każdy piksel dzielony na *n* subpikseli,
- dla każdego subpiksela wyznaczamy:
  - pokrycie (*coverage*) przez wielokąt,
  - zasłonięcie (*occlusion*) przez inne w.,
- barwa wyznaczana jest dla całego piksela i zapisywana dla wszystkich subpikseli pokrytych przez w. i nie zasłoniętych,
- wynikowa barwa piksela – „uśrednienie” barw wszystkich subpikseli za pomocą filtru.

Istnieje wiele odmian metody MSAA.

Multisampling (MSAA)

Przykład:



bez AA MSAA

źródło: http://mynameismjp.wordpress.com/2012/10/24/msaa-overview/

Multisampling (MSAA)

Powiększony przykład dla MSAA różnego stopnia

źródło: http://mynameismjp.wordpress.com/2012/10/24/msaa-overview/

Podsumowanie

Ustawienia gry wydłużające czas renderingu (a więc zmniejszające fps):

- duża rozdzielczość obrazu,
- filtracja tekstur (zwłaszcza anizotropowa), stopień filtracji,
- antyaliasing, jego stopień (2, 4, 8),
- odległość rysowania (*distance draw*),
- rysowanie cieni, stopień dokładności,
- mgła, efekty cząsteczkowe – dym, ogień,
- efekty specjalne – np. odbicia zwierciadlane.