Zachodniopomorska
Szkoła Biznesu
w Szczecinie

http://bazyluk.net/zpsb

Bartosz Bazyluk

OŚWIETLENIE

Zaawansowane techniki oświetlenia.

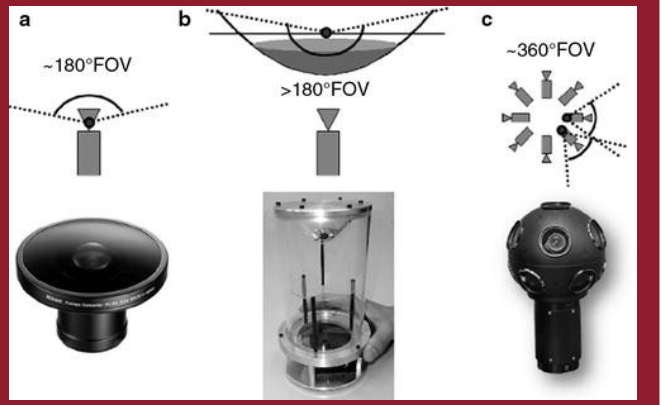
Grafika Komputerowa, Informatyka, I Rok

Źródło obrazu:
Panocapture.com, Automotive Pack

Źródło obrazu:
Panocapture.com, Automotive Pack

Image Based Lighting (IBL)

- Technika oświetlenia wykorzystująca **mapę środowiska** rzutowaną na powierzchnię oświetlanego obiektu
  - Najczęściej jest to ***omnikierunkowe* zdjęcie**, zwykle *HDR*



Pozyskanie **mapy środowiska** wymaga ultraszerokokątnego obiektywu lub specjalnego rodzaju kamery.

Źródła obrazów:
Panocapture.com, Automotive Pack Springer, Davide Scaramuzza.

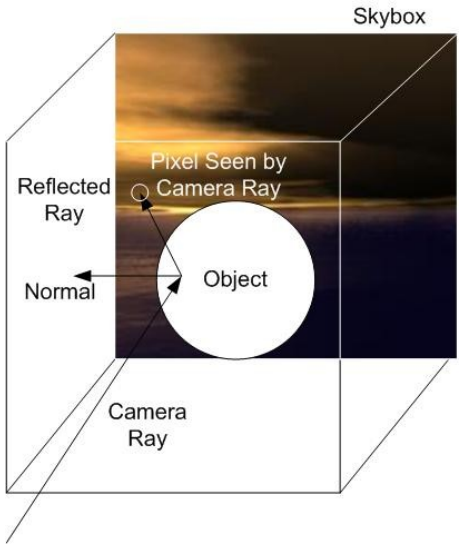
Image Based Lighting (IBL)

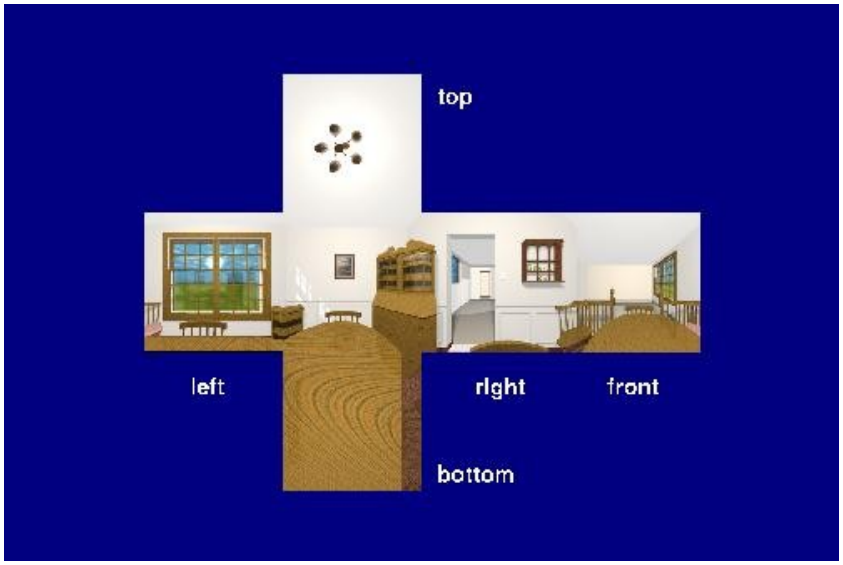
- Technika oświetlenia wykorzystująca **mapę środowiska** rzutowaną na powierzchnię oświetlanego obiektu
  - Najczęściej jest to ***omnikierunkowe* zdjęcie**, zwykle *HDR*

Źródło obrazów:
http://www.hdrlabs.com/sibl

Mapowanie środowiska

- Technika *IBL* wywodzi się z **mapowania środowiska**, które jest techniką rzutowania otoczenia obiektu pod postacią tekstury na jego powierzchnię
  - Mapowanie sferyczne (ang. *sphere mapping*)
  - Mapowanie sześcienne (ang. *cube mapping*)





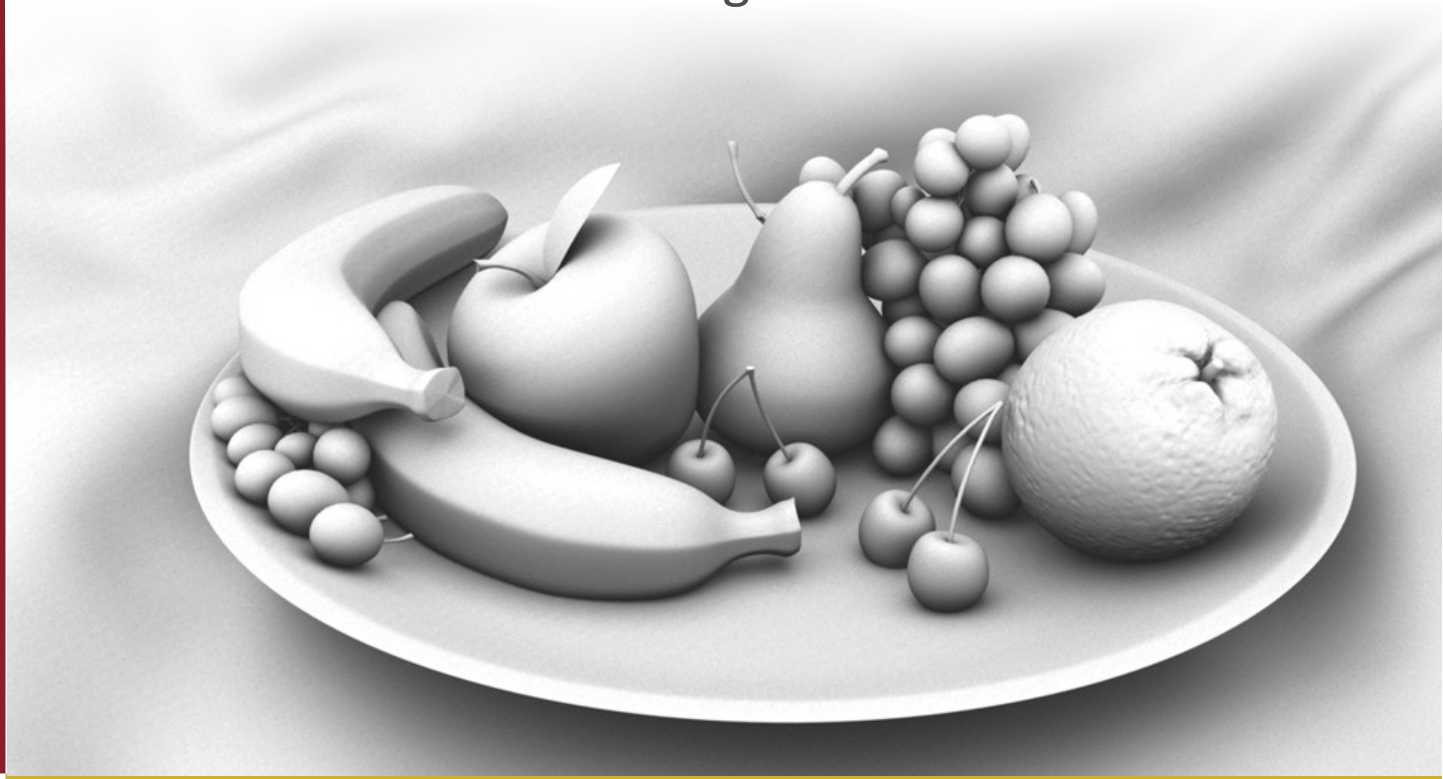
Źródło obrazów:
Wikipedia
http://escience.anu.edu.au/lecture/cg

Ambient Occlusion

Dla każdego punktu obierana jest **półsfera**. W jej obrębie **wysyłane są promienie**.

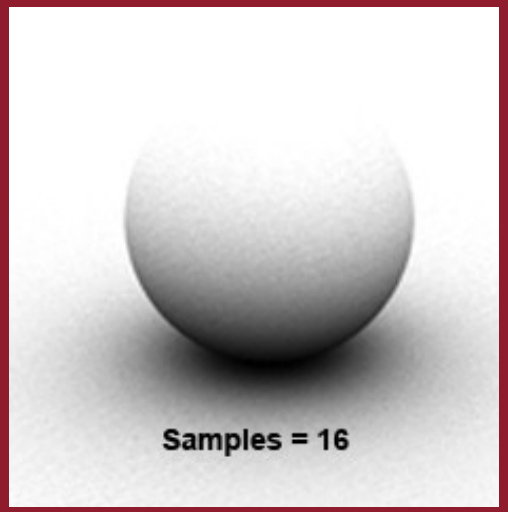
To, **ile z nich** i **w jakiej odległości trafi w inne obiekty**, sugeruje ile światła ze środowiska może dotrzeć do tego punktu.

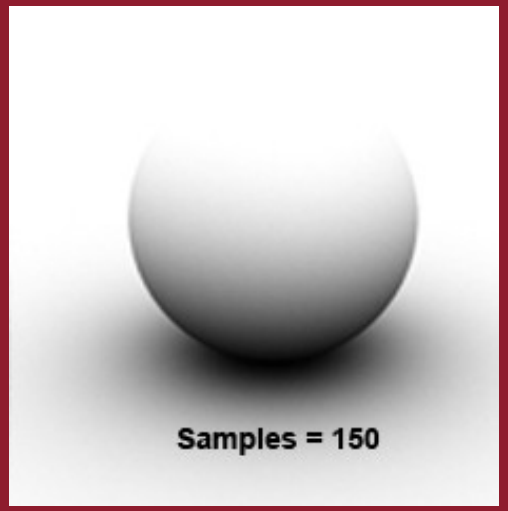
- Kolejna, tym razem dokładniejsza niż phongowski komponent *ambient*, **aproksymacja oświetlenia niebezpośredniego**
- Estymacja tego, **jak bardzo dane miejsce *narażone* jest na działanie oświetlenia pochodzącego ze środowiska** (ang. *ambient light*)
- Rezultat może np. **wpłynąć na wartość komponentu *ambient*** w modelu Phonga



Źródło obrazu:
http://ucbugg.github.io/learn.ucbugg

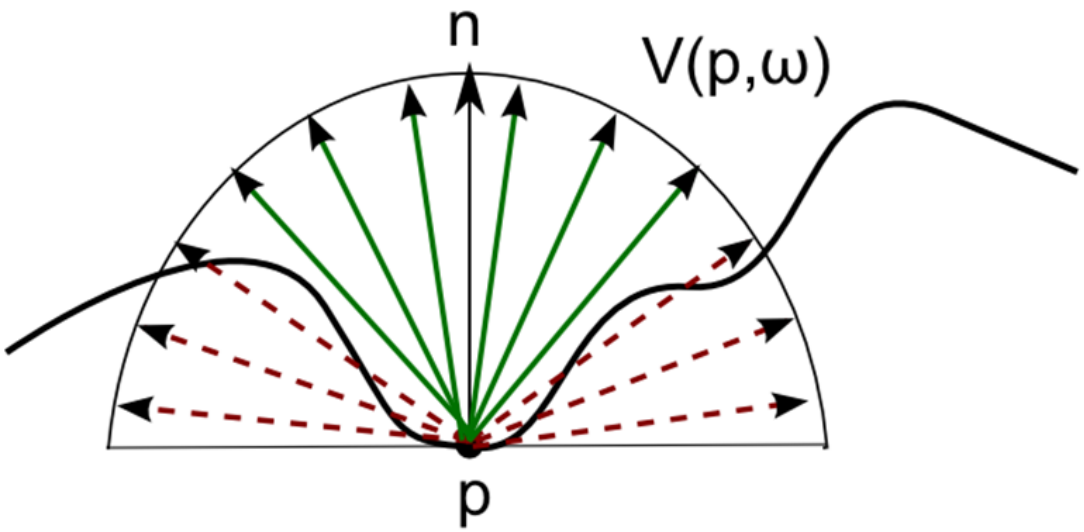
Ambient Occlusion





Źródło obrazów:
Nikki Ferchland, http://animationdynamics.com/
https://realtimeillumination.wordpress.com/

- Technika ta **nie bierze pod uwagę źródeł światła**!
- Uwzględnia jedynie **geometrię obiektów** sceny i ich **względne położenie** oraz **odległości**
- Jest to technika nastawiona na **rednerowanie *offline***
  - Bazuje na koncepcji próbkowania / śledzenia promieni, jest więc **bardzo kosztowna**
  - Im mniej próbek, tym większe **zaszumienie**

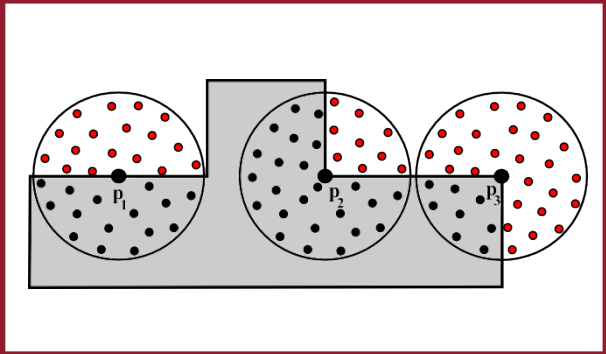


$$AO(\mathbf{p},\mathbf{n}) = \frac{1}{\pi}\int_{\Omega} V(\mathbf{p},\omega)\,\mathbf{n}\cdot\omega\,d\omega,$$

Ambient Occlusion

Źródło obrazów:
Andrew Kramer

Ambient Occlusion



Metody *monte carlo* pozwalają przyspieszyć działanie algorytmu.

- **Screen Space Ambient Occlusion** (*SSAO*)
  - Operuje nie na geometrii, ale **na zawartości bufora klatki** – dużo szybsze!
  - Porównuje **względne odległości** blisko oddalonych od siebie pikseli – korzysta z *bufora Z*
  - Powoduje artefakty polegające na **zmiennym oświetleniu obiektów zależnie od miejsca i kierunku**, z którego je oglądamy

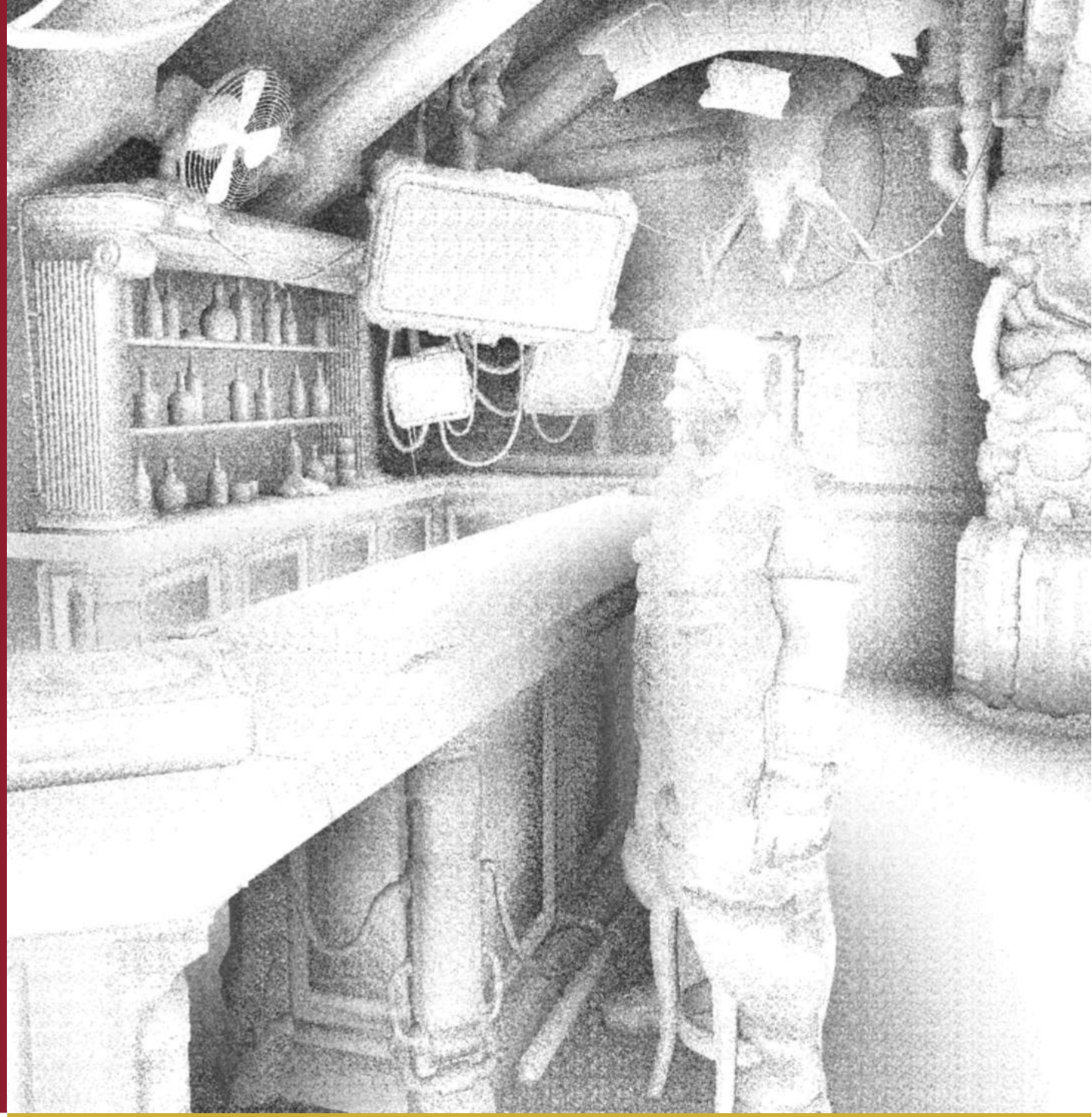
Źródła obrazów:
https://realtimeillumination.wordpress.com/
http://media.moddb.com/

Screen-Space Ambient Occlusion (SSAO)

Komponent *Ambient* w grze *Starcraft II*. Widoczne użycie *SSAO*.

Zaszumienie obrazu wynika z zastosowanego rozkładu próbek. Rezultat jest później rozmywany z uwzględnieniem nieciągłości głębi.

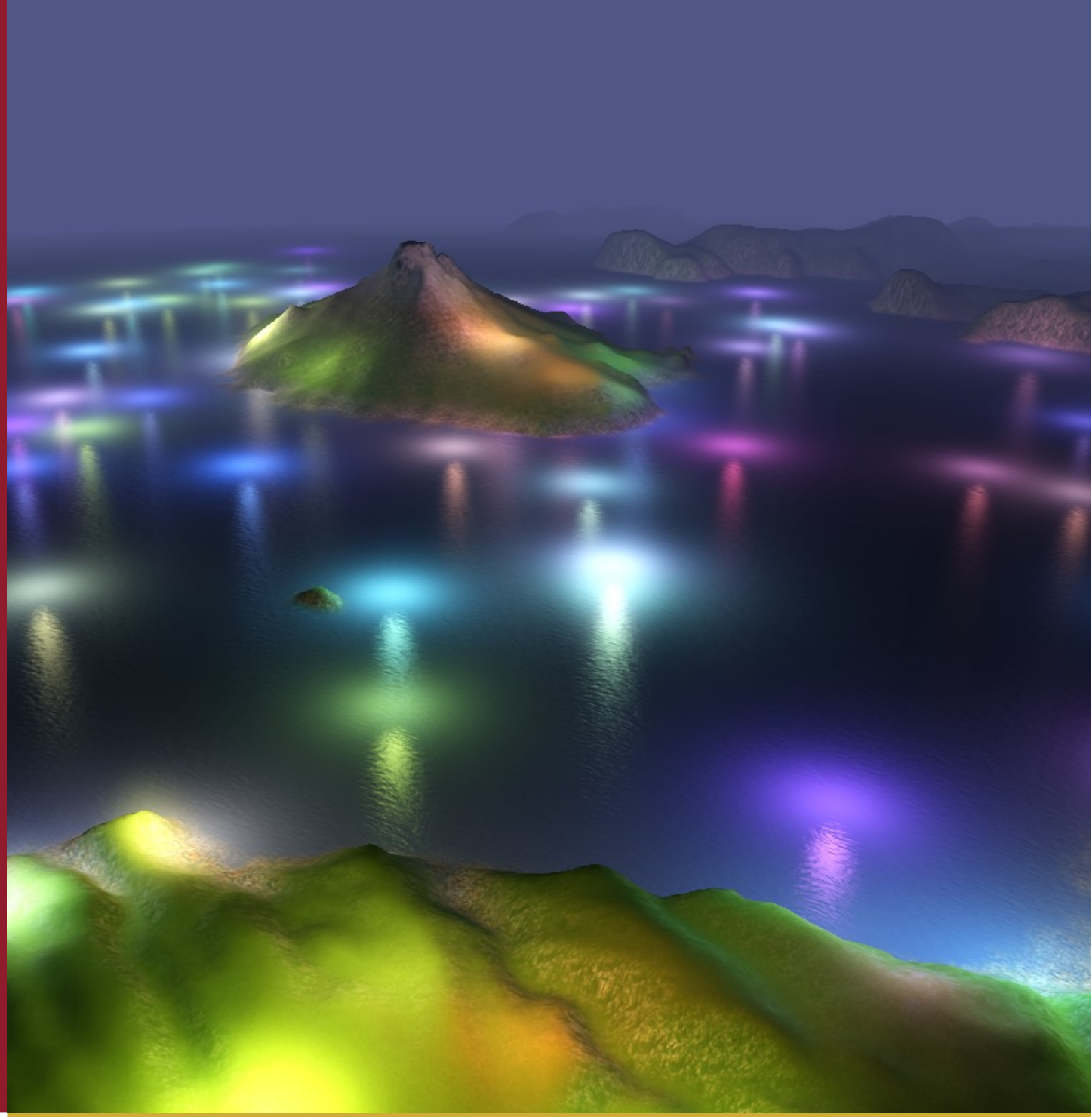
Źródła obrazu:
Tatarchuk '08
Blizzard Entertainment



Deferred Shading

Problem:

W jaki sposób **efektywnie** obliczyć dynamiczne oświetlenie dla **dużej liczby świateł** i **bardzo złożonej geometrii**?



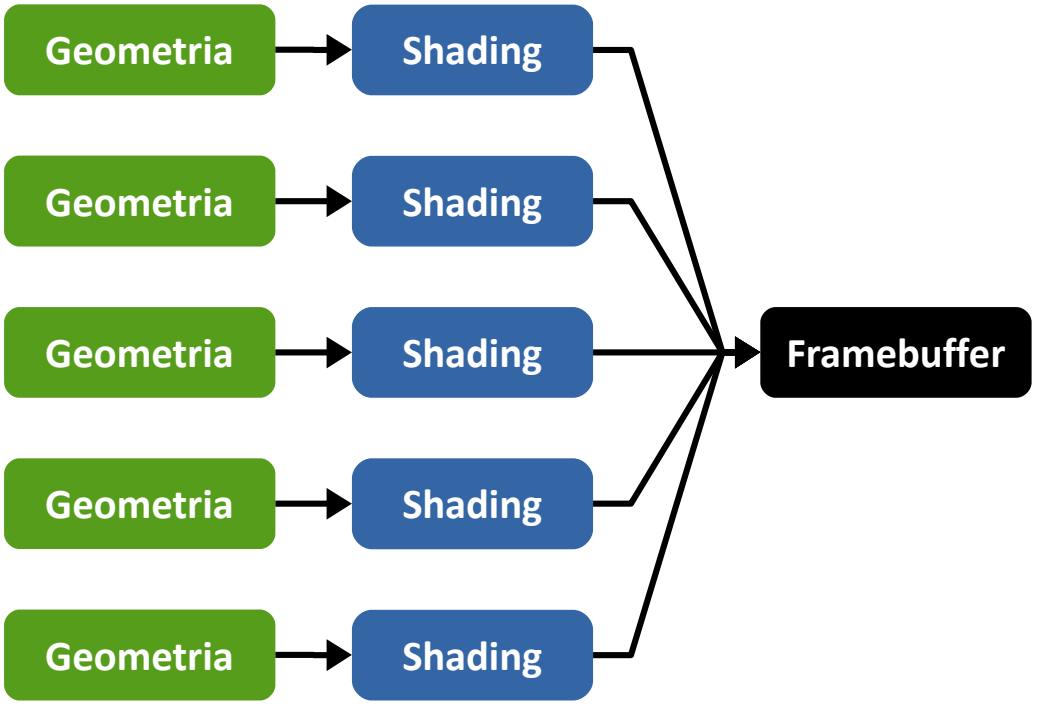
Forward Shading

W klasycznym podejściu (ang. *forward shading*) oświetlenie jest obliczane **dla każdego fragmentu** powstałego przy **renderowaniu kolejnych elementów sceny**.

W ten sposób dla każdego piksela bufora klatki **wielokrotnie wykonuje się czasochłonne obliczenia** zupełnie na darmo.

Oczywiście stosowane są różne **optymalizacje** zmniejszające ten problem, jednak nie można go całkowicie wyeliminować.

Wydajność potoku jest więc ściśle zależna od **złożoności geometrii**, a także od **liczby źródeł światła**.

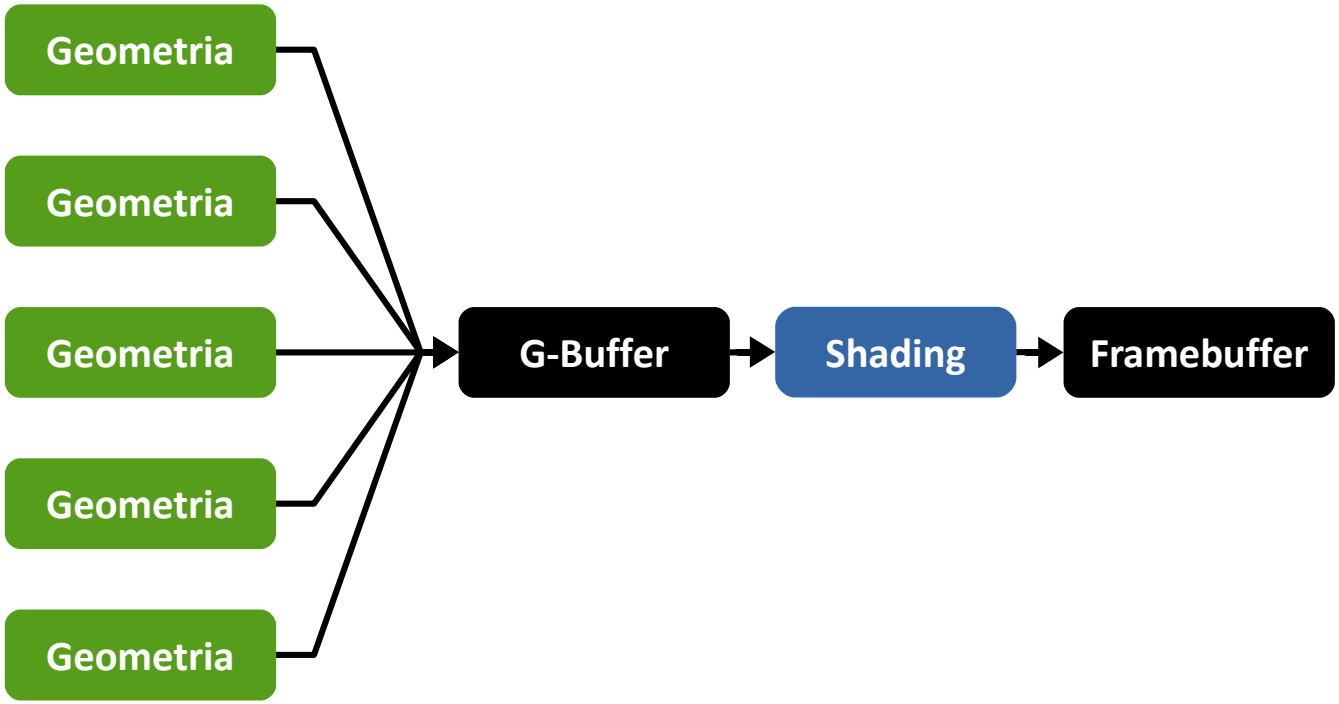


Deferred Shading

Podejście z **odroczonym cieniowaniem** (ang. *deferred shading*) polega na przebudowie potoku tak, by właściwe cieniowanie odbywało się dopiero **po wyrenderowaniu geometrii**.

Na pierwszym etapie obliczane są tylko **podstawowe wartości**, które posłużą później do właściwego obliczenia oświetlenia.

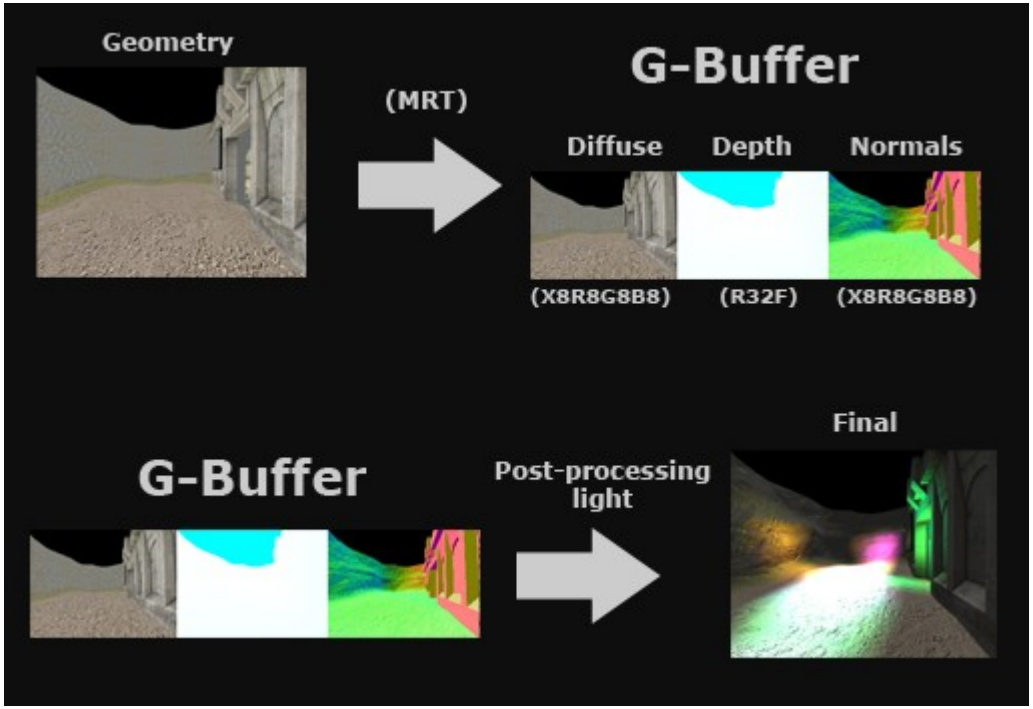
Najbardziej kosztowne operacje związane z oświetleniem są zatem zawsze wykonywane tyle razy, **ile mamy pikseli w buforze klatki** (*w uproszczeniu*), a więc **niezależnie od faktycznej złożoności geometrii**.



Deferred Shading

- Metoda **odraczająca** obliczenie oświetlenia do momentu, gdy będzie gotowa zawartość bufora klatki
- Dzieli proces renderowania klatki na **dwa etapy**:
  - Obliczenie **na podstawie geometrii** sceny wartości, które będą niezbędne dla obliczenia oświetlenia
  - Obliczenie właściwego oświetlenia z pomienięciem geometrii, już **w przestrzeni ekranu**

Screen z UE3, prezentuje technikę *Deferred Shading* ze **123 dynamicznymi światłami** (rok 2011)



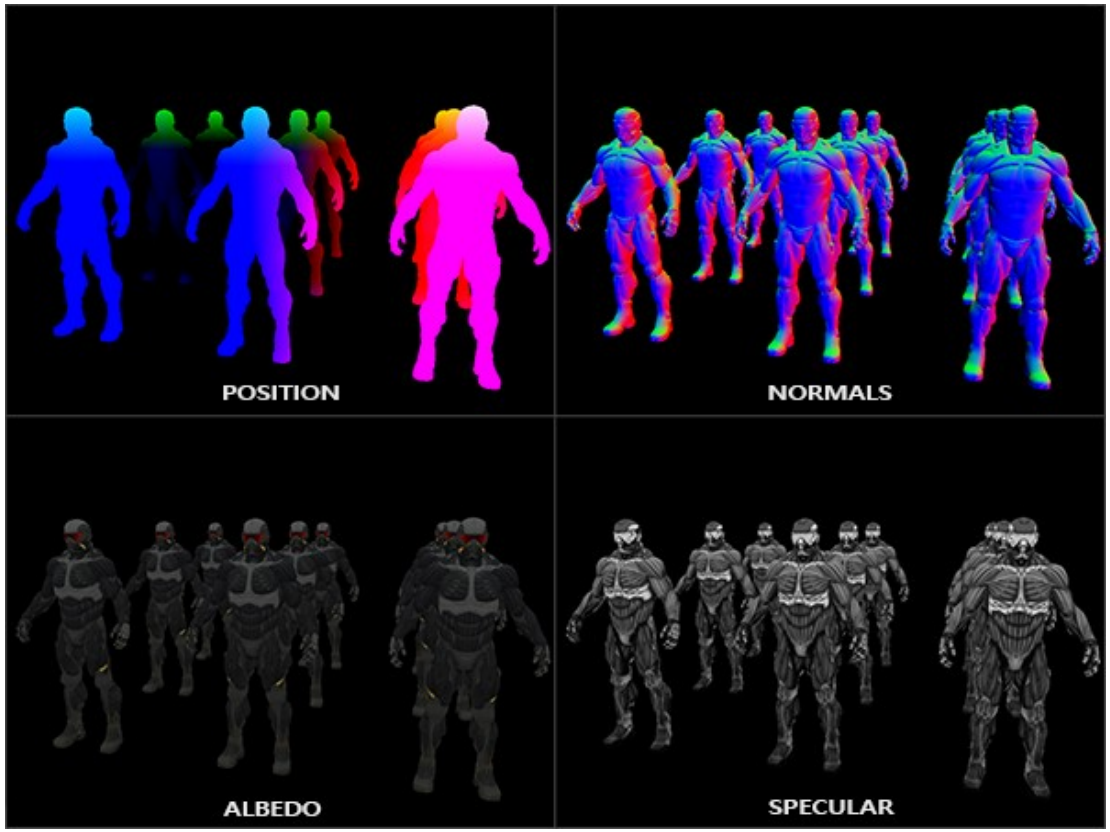
Źródła obrazów:
Anton Lindeström
Epic Games, UDK

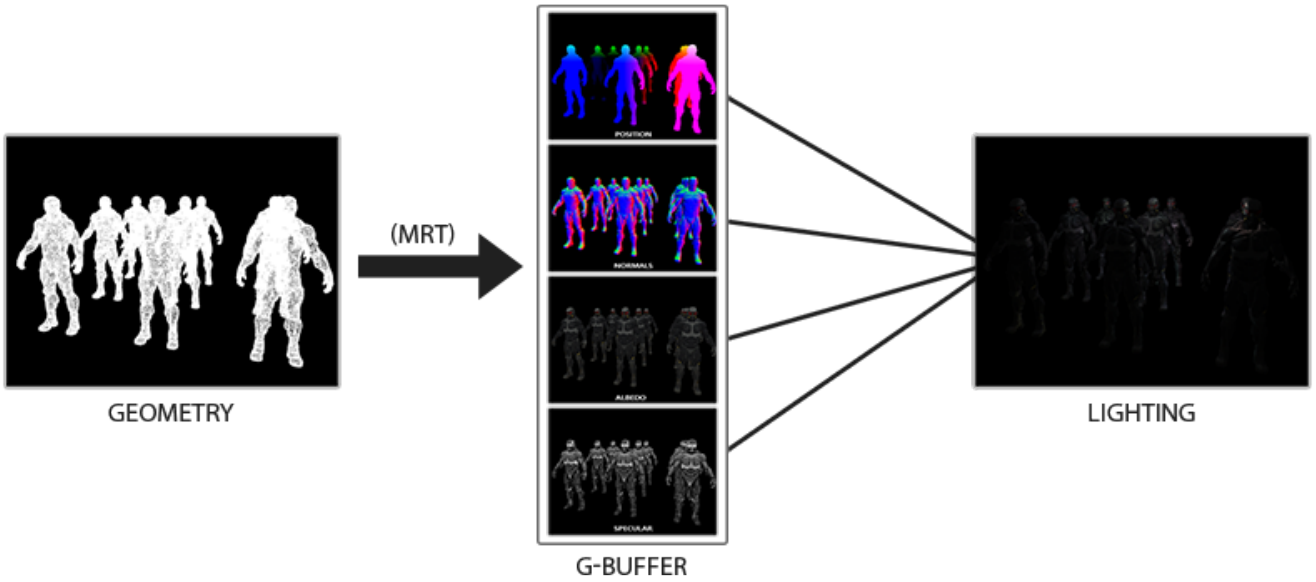
Deferred Shading

Wynik obliczeń z pierwszego etapu przechowywany jest w tzw. ***G-Buffer***.

Dopiero na podstawie jego zawartości obliczane jest faktyczne oświetlenie.

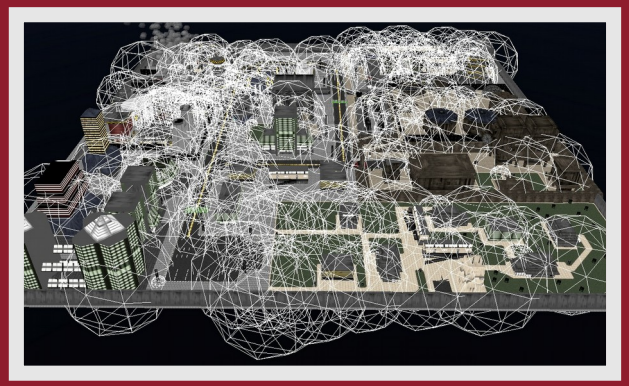
Zawartość G-Buffer:





Źródła obrazów:
http://www.learnopengl.com

Deferred Shading



Korzyści płynące z użycia podejścia *deferred shading* stają się znacznie większe, gdy rozważy się użycie techniki ***light culling***.

Light culling polega na renderowaniu wpływu źródeł światła tylko dla ograniczonego zasięgu. Np. renderując światło punktowe, przybliżamy jego kształt geometrią sfery.

Źródła obrazów:
http://gamedev.ru
http://richdavison.co.uk/

- **Zalety** *Deferred Shading*:
  - Złożoność obliczeń związanych z oświetleniem jest **w dużo mniejszym stopniu zależna od złożoności geometrii sceny**
  - Tym samym możliwość wprowadzenia **znacznie większej liczby źródeł światła**
- **Wady** *Deferred Shading*:
  - Problemy z technikami **anti-aliasingu**
    - Właściwy kolor pikseli jest obliczany dopiero na samym końcu, w obrazie o docelowej rozdzielczości
  - Większe **zapotrzebowanie na pamięć**
    - Bufor klatki musi przechować wszystkie wartości wyliczone podczas pierwszego etapu – jako tzw. *G-Buffer*

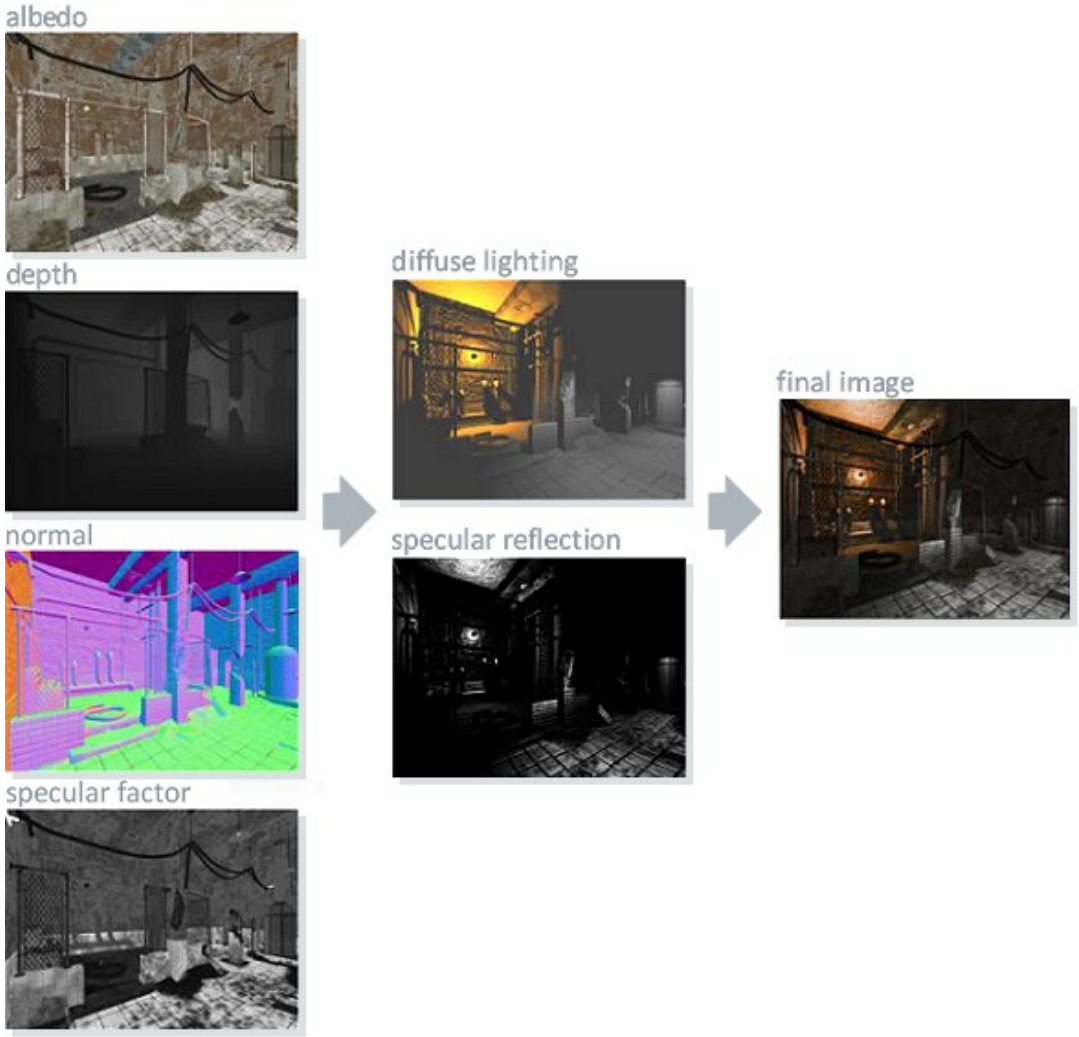
Deferred Lighting

- Modyfikacją techniki *Deferred Shading* jest podejście nazywane ***Deferred Lighting***
  - **Nazywane często *Light pre-pass***
    - Odroczone renderowanie pełnoekranowej ***light mapy***, która później jest używana do **oświetlenia geometrii**
- **Trzy przebiegi**
  - ***Geometry pass***
    - Wejście: **Geometria**
    - Wyjście: ***G-Buffer***
  - ***Lighting pass***
    - Wejście: ***G-Buffer***
    - Wyjście: ***Full-screen light map***
  - ***Final pass***
    - Wejście: **Geometria + *Full-screen light map***
    - Wyjście: **Gotowa klatka**

Źródło obrazu:
Azkanan, Leadwerks Software

Deferred Lighting

- Modyfikacją techniki *Deferred Shading* jest podejście nazywane ***Deferred Lighting***
  - **Redukcja ilości pamięci** potrzebnej do przechowania wyjścia z pierwszego etapu



Źródło obrazu:
Azkanan, Leadwerks Software

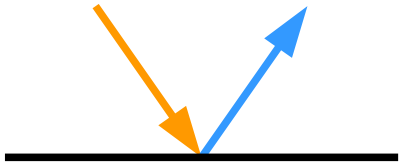
Deferred Lighting

Przykładowa pełnoekranowa **mapa światła**.

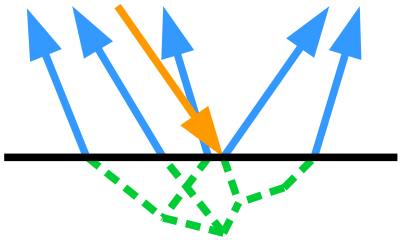
Źródło obrazu:
Sony, Guerilla Games

Subsurface Scattering

- Technika ***subsurface scattering*** (SSS) polega na symulowaniu **podpowierzchniowego rozpraszania światła**
  - Bierze pod uwagę światło, które **przeszło** (nie zostało odbite) **przez częściowo przezroczystą powierzchnię**
  - Światło jest rozpraszane **w głębi obiektu** w wielu kierunkach
  - Promienie światła **wychodzą w innych miejscach powierzchni** obiektu oraz **pod innym kątem** niż gdyby zostały odbite przez tę powierzchnię



Odbicie powierzchniowe



Rozproszenie podpowierzchniowe

- W rezultacie uwzględniona jest **grubość przedmiotu**, jak i **zmiękczenie ostrych krawędzi cieni**
  - Materiały i obiekty takie jak: wosk, marmur, ludzka skóra, liście

Subsurface Scattering

Źródło obrazów: MrBluesummers

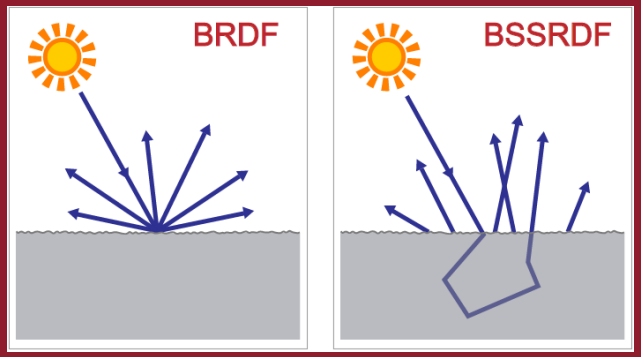
Subsurface Scattering

W rzeczywistym świecie ludzka skóra odbija na powierzchni jedynie 6% światła, pozostałe **94% pochodzi z rozproszenia podpowierzchniowego**!
[Krishnaswamy, Baronoski 2004]

Aby realistycznie renderować skórę, konieczne jest więc uwzględnienie *SSS*.

Źródło obrazu: MrBluesummers

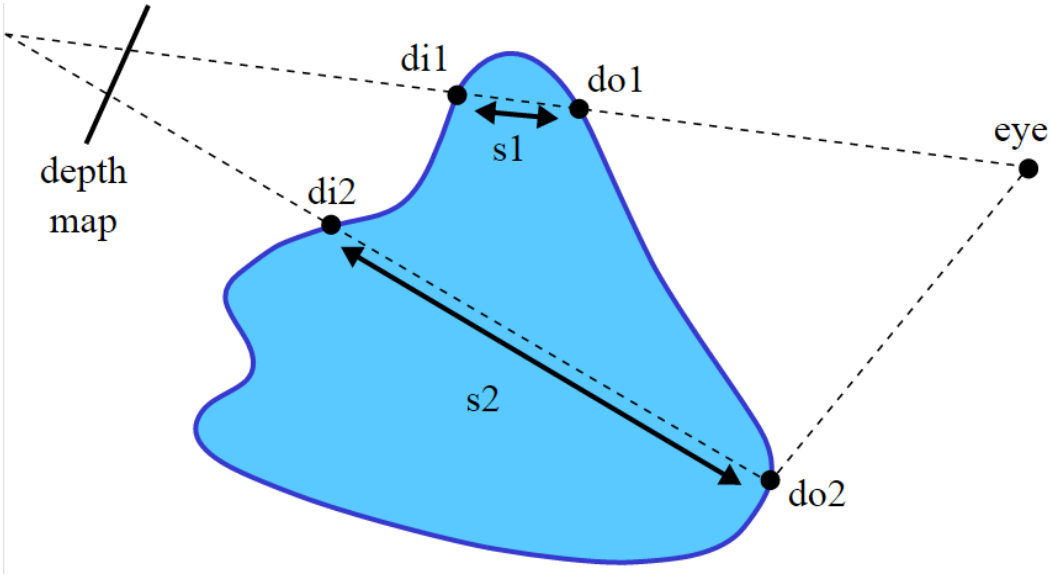
Subsurface Scattering



Odpowiednikiem *BRDF* uwzględniającym pod-powierzchniowe rozproszenie jest ***BSSRDF***

Źródło obrazów: Wikipedia

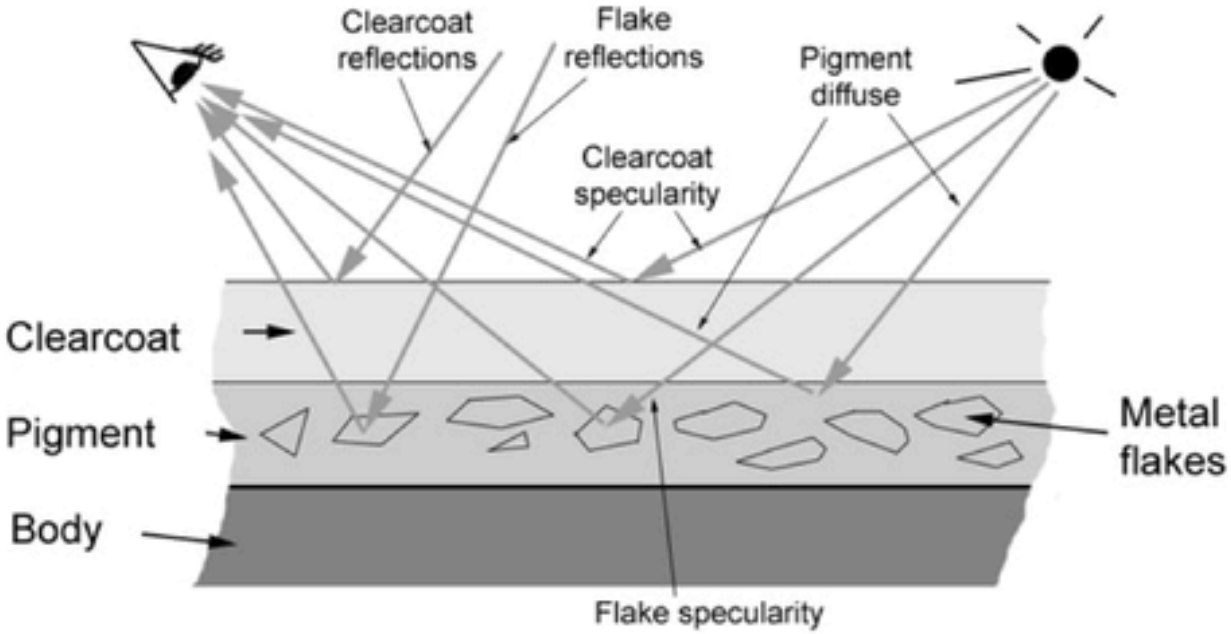
- Symulowanie SSS
  - Podstawowe równanie renderingu obejmuje jedynie powierzchniowe odbicie światła opisane za pomocą BRDF
  - Prosta metoda *czasu rzeczywistego* pozwalająca na przybliżenie wyglądu obiektu zbudowanego z np. **wosku**, polega na wyznaczeniu jego **grubości w danym miejscu** korzystając z **bufora głębokości** uzyskanego z punktu widzenia światła



Materiały wielowarstwowe

- Szczególnym przypadkiem powiązanym z *SSS* jest renderowanie **materiałów wielowarstwowych** (ang. *layered material*)
- Przykładowe zastosowanie: wizualizacja **metalicznego lakieru samochodowego**

Przykład wyrenderowanego, kilkuwarstwowego materiału imitującego **lakier samochodowy**.



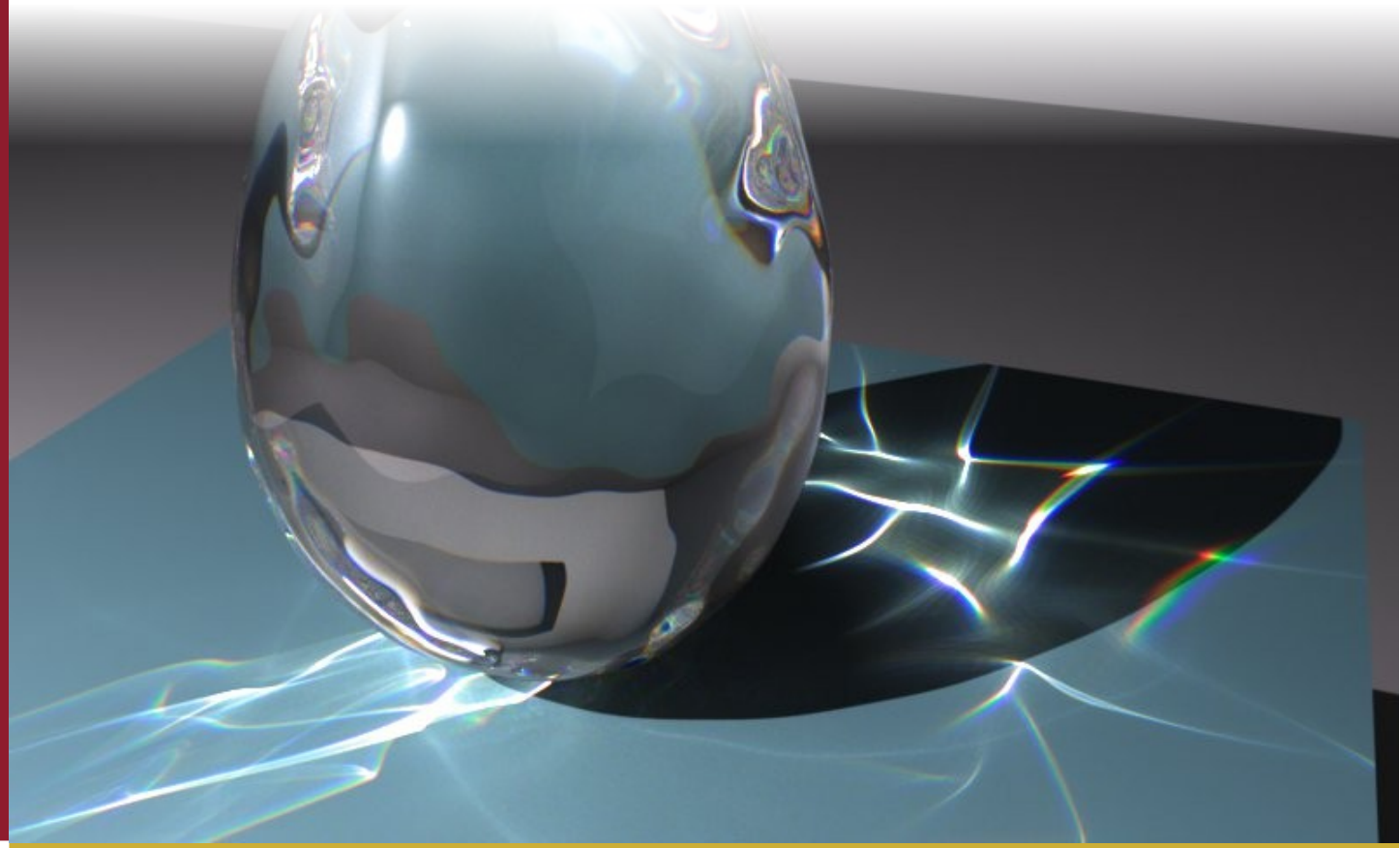
Cross-section of car paint

Źródła obrazów:
MrBluesummers
D M Multimedia

Kaustyki

- Zjawisko polegające na trafianiu wielu odbitych lub załamanych fal światła w pobliżu jednego miejsca nazywamy **kaustyką** (ang. *caustic*)
  - Najczęściej mamy do czynienia z takim zjawiskiem np. przy **wklęsłych zwierciadłach i powierzchniach przepuszczających światło** lub przy **falujących powierzchniach płynów**

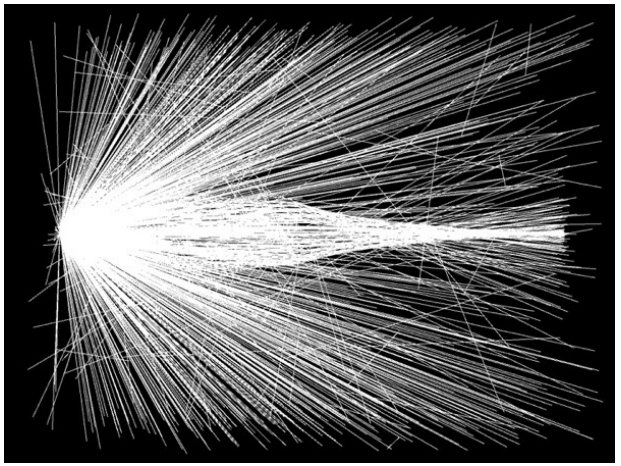
Szklanka wody powoduje **załamanie fal światła** w taki sposób, że powstają kaustyki

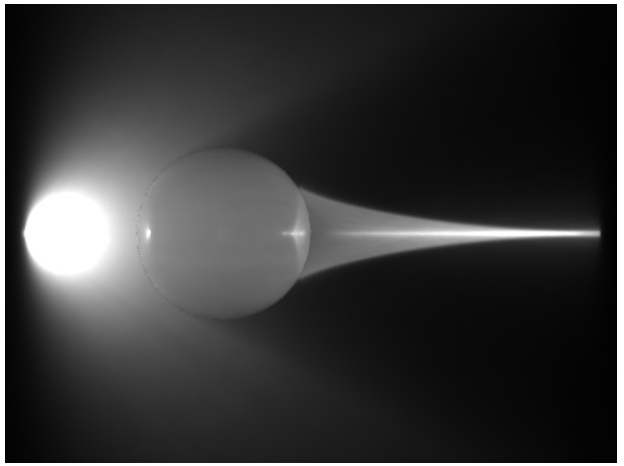


Źródła obrazów:
LuxRender
Wikipedia

Kaustyki

- Realistyczne renderowanie polega na **śledzeniu załamywanych lub odbijanych promieni światła**
  - Szczególnie dobrze widoczne przy technice **mapowania fotonów** (ang. *photon mapping*)





- Metody czasu rzeczywistego polegają m.in. na **próbkowaniu powierzchni**, operacjach *per-fragment* i **nakładaniu tekstur** imitujących obszary skupienia promieni

Źródło obrazów:
FXGuide.com, Mike Seymour. *The State of Rendering - Part 2.*

Zachodniopomorska
Szkoła Biznesu
w Szczecinie

http://bazyluk.net/zpsb

Bartosz Bazyluk

OŚWIETLENIE

Zaawansowane techniki oświetlenia.

Grafika Komputerowa, Informatyka, I Rok