

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu: **Rendering realistycznych obrazów (InfAu-IGT>SM2RRO19)**

Nazwa w języku polskim:

Nazwa w jęz. angielskim: **Rendering Realistic Images**

Dane dotyczące przedmiotu:

Jednostka oferująca przedmiot: Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki

Przedmiot dla jednostki: Politechnika Śląska

Domyślny typ protokołu dla przedmiotu:

ZAL

Język wykładowy:

polski

Strona WWW:

<https://platforma2.polsl.pl/rau2/course/view.php?id=710>

Skrócony opis:

Założeniem przedmiotu jest nabycie przez studenta wiedzy i umiejętności w zakresie renderowania fotorealistycznych obrazów. Student w ramach laboratoriów zapoznaje się z zaawansowanymi technikami renderowania bazującego na fizyce. Przedmiot wprowadza w zaawansowane zagadnienia modelowania oświetlenia w fotorealistycznej grafice komputerowej. Omawiane są konwencjonalne i fizyczne modele oświetlenia, radiometria, fotometria, funkcje BRDF, a także matematyczne podstawy geometrii sferycznej. Szczególną uwagę poświęcono równaniu renderingu oraz jego rozwiązaniom numerycznym, w tym metodzie Monte Carlo, śledzeniu promieni i technice map fotonowych. W części laboratoryjnej studenci zdobywają praktyczne umiejętności pracy z zaawansowanym silnikiem renderującym PBRT, w tym importu modeli 3D, definiowania materiałów i oświetlenia, tworzenia złożonych scen oraz optymalizacji procesu renderingu.

Opis:

Tematyka wykładów

1. Wprowadzenie

Ogólna charakterystyka problemu modelowania oświetlenia w fotorealistycznej grafice komputerowej. Przykładowe problemy częściowe: miękkie cienie, odbicie koloru, efekt kaustyczny. Znaczenie oświetlenia w percepcji obrazu. Eksperymentalne badanie zgodności modelu oświetlenia z rzeczywistością. Klasyfikacja modeli oświetlenia na lokalne i globalne oraz percepcyjne i fizyczne. Heurystyka modeli percepcyjnych, potrzeba mapowania do przestrzeni percepcyjnej modeli fizycznych. Podstawowa konfiguracja: kamera, obiekty sceny, źródła światła (punktowe, przestrzenne) dla której formułowany jest problem oświetlenia.

2. Konwencjonalne modele oświetlenia w składowych barwy

Percepcyjny model oświetlenia na przykładzie modelu Phong'a. Trzy wzajemnie niezależne składowe oświetlenia: tła, dyfuzyjna, połyskliwa. Reprezentacja światła, materiału, otoczenia przez trzy współczynniki. Współczynnik połyskliwości. Procedura strojenia współczynników. Dwie techniki realizacji wygładzania przez biliniową interpolację i) normalnych z wierzchołków siatki trójkątów, ii) trzech składowych barwy z wierzchołków siatki trójkątów. Normalne w wierzchołkach trójkątów wyznaczone jako średnie ważone normalnych trójkątów przyległych do rozpatrywanego wierzchołka. Różnica pomiędzy podejściem modeli konwencjonalnych i podejściem fizycznym w którym niezależnie rozpatrywane są wybrane długości promieniowania z widma źródła światła.

3. Elementy geometrii sferycznej

Współrzędne sferyczne i wzajemne przekształcenia pomiędzy nimi a współrzędnymi kartezjańskimi punktu. Parametryzacja półprostej przechodzącej przez początek ramki, azymut i kąt podniesienia/pochylenia, zakresy zmienności dla półsfery. Kąt bryłowy i jego miara. Rzutowanie na powierzchnię sfery, czynnik cosinus. Całkowanie we współrzędnych sferycznych względem powierzchni lub kątów azymutu i podniesienia/pochylenia.

4. Radiometria i fotometria

Podstawowe wielkości fotometrii ich definicje różniczkowe i interpretacja fizyczna. Strumień energetyczny, emitancja energetyczna, kątowy rozkład strumienia energetycznego, luminancja energetyczna. Zależność od długości fali czyli gęstości monochromatyczne: strumienia energetycznego, emitancji energetycznej, kąтового rozkładu strumienia energetycznego, luminancji energetycznej. Podobne wielkości dla promieniowania odbieranego. Wzajemne przeliczenia pomiędzy zdefiniowanymi wielkościami. Stałość luminacji energetycznej wzdłuż prostej, pojęcie promienia.

5. Funkcja dwukierunkowego rozkładu luminancji energetycznej (BRDF)

Definicja BRDF. Własności BRDF: odwracalność kierunku promienia, zachowanie energii. Techniki reprezentacji BRDF w tym dekompozycja na składową dyfuzyjną i połyskliwą. Postacie analityczne i tabelaryczne. Funkcje sferyczne, reprezentacja danej funkcji w bazie funkcji sferycznych. Techniki pomiaru BRDF dla próbki powierzchni. Bazy danych BRDF. Uogólnienie BRDF na przypadek BRSSDF czyli odbicia podpowierzchniowego. Przypadki w których wymagane jest użycie BRSSDF.

6. Równanie renderingu i jego interpretacja

Wersje dla przypadków całkowania po półsferze i powierzchni obiektów sceny. Czynniki widoczności w przypadku całkowania po powierzchni.

Rekurencja zawarta w równaniu renderingu. Składowa oświetlenia bezpośredniego, składowa odbić. Liczba kroków rekurencji. Formuły analityczne dla oświetlenia bezpośredniego, pojedynczego, dwukrotnego i trzykrotnego odbicia.

7. Metoda Monte Carlo

Metoda Monte Carlo w wersji podstawowej. Dowód nieobciążoności estymatora. Wariancja i jej zależność od funkcji gęstości losowania próbek. Optymalizacja względem funkcji gęstości. Próbkowanie ważne. Próbkowanie warstwowe. Próbkowanie półsfery, trójkąta.

8. Podstawowa technika rozwiązywania równania renderingu

Metoda Monte Carlo w zastosowaniu do równania renderingu w wersjach dla przypadków całkowania po półsferze, powierzchni obiektów sceny dla różnej liczby odbić. Pojęcie ścieżki i strategii konstrukcji ścieżek.

9. Technika śledzenia promieni

Definicja „promienia” od środka rzutowania przez renderowany piksel do sceny. Pierwsze przecięcie z powierzchnią obiektu sceny. Oświetlenie bezpośrednie, promień/promienie wtórne. Głębokość śledzenia promienia. Klasyczna technika śledzenia promienia i jej interpretacja na podstawie równania renderingu. Udoskonalenia techniki śledzenia promienia.

10. Technika map fotonowych

Definicja fotonu, zasady generowania fotonów i oddziaływania z powierzchniami obiektów sceny i medium objętościowym. Reprezentacja informacji o zderzeniu fotonu z powierzchnią obiektu. Rosyjska ruletka. Faza tworzenia map fotonów, faza bezpośredniej lub pośredniej wizualizacji map. Mapy: dyfuzyjna, kaustyczna i objętościowa. Zależność jakości oświetlenia od liczby fotonów.

11. Technika bilansu energetycznego

Sformułowanie dla układu scena z źródłami światła i przypadku odbicia dyfuzyjnego. Niezależność od kamery. Podział powierzchni obiektów sceny na płaty. Wyprowadzenie równań bilansu energetycznego z równania renderingu. Alternatywne wyprowadzenie równań na podstawie wymiany energii/mocy pomiędzy płatami. Współczynnik kształtu. Techniki wyznaczania współczynnika kształtu. Techniki rozwiązywania liniowego układu równań bilansu energetycznego, zbieranie i rozrzucanie oświetlenia. Warunek początkowy i kryterium stopu.

Tematyka laboratorium

1. Kompilacja PBRT, prymitywy graficzne, budowanie sceny, kamery
2. Import obiektów 3D, materiały i tekstury w środowisku PBRT
3. Volume scattering, participating media
4. Optymalizacja czasu renderowania sceny, drzewa kd, BVHs
5. Integratory w PBRT, generowanie mapy głębi

Wymagania wstępne i dodatkowe, z uwzględnieniem sekwencyjności zajęć:

Programowanie Komputerów (języki C i C++), Grafika Komputerowa, Zaawansowane techniki programowania grafiki komputerowej.

Liczba punktów ECTS: 2

* całkowita liczba godzin: 50 h (30h zajęcia kontaktowe + 20h praca własna studenta)

* wykład 15 h

* laboratorium 15 h

Praca własna studenta: przygotowanie do laboratoriów, opracowanie sprawozdań z laboratoriów.

Literatura:

Podstawowa:

Pharr, M., Jakob, W. & Humphreys, G. (2017). Physically based rendering: from theory to implementation (3rd ed.). San Francisco, Calif.: Morgan Kaufmann / Elsevier Science. <http://pbrt.org/>

Foley, J., van Dam, A., Feiner, S., Hughes, J. & Zbrodzki, J. (2001). Wprowadzenie do grafiki komputerowej. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.

Uzupełniająca:

Jensen, H. W. (2001). Realistic image synthesis using photon mapping. Natick, MA: A K Peters.

Shirley, P., Marschner, S. (2015). Fundamentals of computer graphics (4th ed.). Natick, MA: A K Peters / CRC Press.

Akenine-Möller, T., Haines, E. & Hoffman, N. (2018). Real-time rendering (4th ed.). Boca Raton: CRC Press.

Gurgul, J. (2020). Grafika komputerowa. Modele i metody. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

Efekty uczenia się:

* W1 # Student zna i rozumie kluczowe zagadnienia związane z renderingiem realistycznych obrazów, ze szczególnym uwzględnieniem jego znaczenia w kontekście grafiki komputerowej i zastosowań specjalistycznych. (sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego) # K2A_W02

* W2 # Student posiada pogłębioną, teoretyczną wiedzę dotyczącą metod fizycznie poprawnego renderingu, w tym równania renderingu, funkcji BRDF oraz metod globalnego oświetlenia, takich jak śledzenie promieni czy mapy fotonowe. (sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego) # K2A_W06

* U1 # Student potrafi analizować i rozwiązywać złożone problemy związane z realistycznym obrazowaniem scen 3D, dobierając odpowiednie modele oświetlenia, metody symulacji i narzędzia renderujące, a także krytycznie oceniać i prezentować uzyskane wyniki. (sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego) # K2A_U01

* U2 # Student potrafi zaplanować i przeprowadzić eksperymenty numeryczne w zakresie renderingu realistycznych obrazów, w tym przygotować sceny, przeprowadzić symulacje oświetlenia oraz interpretować i weryfikować rezultaty. (sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego) # K2A_U07

* U3 # Student potrafi przeanalizować istniejące techniki renderingu i zaproponować ich usprawnienia w zakresie jakości obrazu, czasu obliczeń lub zgodności z rzeczywistymi właściwościami światła i materiałów. (sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego) # K2A_U12

* U4 # Student potrafi zaprojektować i zaimplementować komponenty systemu renderującego zgodnie z określoną specyfikacją, z wykorzystaniem metod fizycznie poprawnych oraz narzędzi takich jak PBRT, dostosowując istniejące rozwiązania lub tworząc nowe. (sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego) # K2A_U13

Metody i kryteria oceniania:

Ocena końcowa jest obliczana jako średnia ocen uzyskanych z poszczególnych zajęć laboratoryjnych.

Sylabus obowiązuje od roku akademickiego 2025/2026, a jego zawartość nie podlega zmianom w trakcie trwania semestru.

Praktyki zawodowe:

nie dotyczy

Punkty przedmiotu w cyklach:

USOS: Szczegóły przedmiotu: InfAu-IGT>SM2RRO19, w cyklu: <brak>, jednostka dawcy: <brak>, grupa przedm.: <brak>

<bez przypisanego programu>			
Typ punktów	Liczba	Cykl pocz.	Cykl kon.
Europejski System Transferu Punktów (ECTS)	2	2020/2021-Z	