

АНАЛИЗА ЛУМЕН UNREAL ENGINE 5 СИСТЕМА ГЛОБАЛНОГ ОСВЕТЉЕЊА НА ПРИМЕРУ ВИЗУЕЛИЗАЦИЈЕ ЕНТЕРИЈЕРА**ANALYSIS OF THE LUMEN UNREAL ENGINE 5 GLOBAL LIGHTING SYSTEM ON THE EXAMPLE OF INTERIOR VISUALIZATION**

Саша Влајков, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – АРХИТЕКТУРА

Кратак садржај – Анализа Лумен система и разлика између софтверског и хардверског raytracing-a кроз пример визуелизације ентеријера.

Кључне речи: Лумен, Unreal engine

Abstract – Analysis of the Lumen system and the difference between software and hardware raytracing through an example of interior visualization.

Keywords: Lumen, Unreal Engine

1. УВОД

Светло је један од најважнијих аспеката у визуелизацији архитектонског простора. Различити типови система осветљавања могу се проучавати кроз историју од класичног сликарства до примене дигиталних технологија и алгоритама за рендеровање.

У последњих 20 година, појавом алгоритама за симулацију индиректног осветљења настала је читава револуција у начину фотореалистичног приказивања објекта. Алгоритми за индиректно осветљење су се временом усавршавали диктирајући тип алата које архитекте користе у архитектонској визуелизацији.

Са напретком технологије долазимо до могућности да све ове промене на сцени можемо изменити и приказати уживо. Од ових технологија настале су интерактивне апликације које временом постају све популарније.

Оно што највише ограничава овакав тип приказивања јесте што се мора водити рачуна о перформансама апликације да би корисник имао потпун доживљај. На перформансе апликација највише утиче прорачун светла у реалном времену.

Са појавом Ray tracing технологије добијена је могућност рендеровања фотореалистичних сцена у реалном времену, али процес предвиђа коришћење високих капацитета рачунара је захтевао огромну рачунарску снагу. Један од најновијих система за рендеровање у реалном времену је Lumen систем за динамично глобално осветљавање развијен у оквиру Unreal Engine 5 платформе.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Бојан Тепавчевић, ред. проф.

2. О СИСТЕМУ ЗА ОСВЕТЉЕЊЕ ЛУМЕН

Lumen је систем за динамично глобално осветљење и рефлексије у Unreal Engine-у у реалном времену. Представљен је у верзији 5 као нови систем за осветљење сцене.

Настао је као решење ограничења постојећих система за индиректно осветљење за рендеровање сцена у реалном времену, који до сада нису омогућавали динамичко и интерактивно дифузно осветљење у реалном времену. Тиме пружа могућност промене геометрије, материјала и светла у сцени у реалном времену. Lumen рендерује интер-рефлексије (амбијенталне рефлексије) објеката са неограниченим бројем одбијања зрака и индиректних рефлексија у великим, детаљним сценама.

Lumen пружа могућност комбиновања два типа Ray Tracing-a: Software Ray Tracing и Hardware Ray Tracing. Коришћење Hardware Ray Tracing-a условљено је коришћењем графичких картица са посебним језгрима за Ray Tracing задатке, док се Software Ray Tracing може користити са било којом графичком картицом. Lumen без додатних подешавања користи Software Ray Tracing.

Software Ray Tracing иницијално прави две поједностављене верзије свих објеката на сцени, једну за сваки објекат појединачно (Mesh distance field), а другу за све објекте у сцени заједно (Global distance field).

Затим креира Surface cache мапу на коју записује информације о материјалу и осветљености за сваки објекат на сцени који се директно или индиректно, преко одбијених зракова, појављује на сцени. Како би систем био ефикаснији, информације о објектима се записују у мањој резолуцији а затим посебним алгоритмом повећава резолуција при приказу на екрану. Због овога може доћи до појављивања артефаката на деловима објеката на високим резолуцијама.

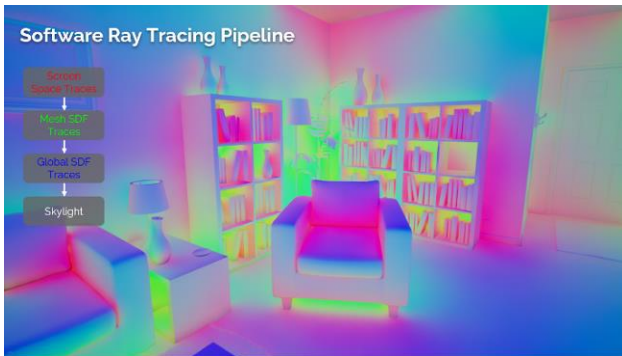
Hardware Ray Tracing не користи апроксимације објеката, већ прати одбијање зрака појединачно од сваког троугла објекта који погоди. Даје већу прецизност него Software Ray Tracing, али захтева веће време прорачуна.

Да би постигао прорачун глобалног осветљења у реалном времену lumen систем користи прорачуне претходних фрејмова као подлогу за прорачун тренутног фрејма.

Тиме добија могућност да прорачунава вишеструко одбијање светлосних зрака и задржи високе перформансе.

3. SOFTWARE RAY TRACING

Lumen користи хибридни приступ за прорачун светла. Користи *Screen trace*, *Mesh distance fields* и *Global distance fields* врсте визуализације за прорачун осветљености сцене. Прво прати зраке који погађају објекте који се налазе у погледу камере користећи *Depth buffer (Screen Trace)*. Да би осветљеност сцене била прецизна, није довољно пратити само објекте који се виде из погледа камере, морају се узети у обзир и објекти и делови објеката који нису видљиви из камере. За прорачун објеката који се не виде преко камере, користи се *Signed distance field*.



Slika 1. Процес прорачуна светла са Software Ray Tracing [1]

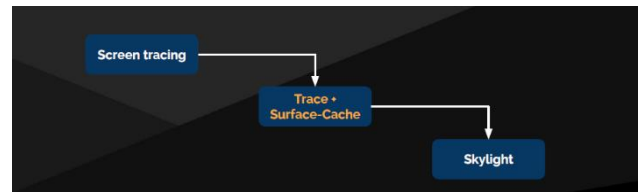
Software Ray Tracing користи *Signed distance fields* за одбијање зракова и прорачун осветљености и рефлексије. *Signed distance fields* представља поједностављену верзију објеката на сцени. За сваки објекат на сцени креира се *Mesh Distance Field¹* и *Global Distance Field²* за целу сцену као целину. Након *Depth buffer-a* прати светлосне зраке у односу на поједностављену верзију сцене за објекте и делове објеката који су заклоњени или се не виде кроз поглед камере и прорачунава осветљеност објекта и чува информације у *Surface cache* мапи. До ураљености од 2 метра посматра се *Mesh Distance Field*, након 2 метра посматра се *Global Distance Field*.

4. HARDWARE RAY TRACING

Lumen са коришћењем *Hardware ray tracing-a* даје квалитетније резултате у односу на *software ray tracing*. Поддржава већи распон типова геометрије од *software ray tracing-a*, као на пример анимиране објекте. Да би се користио, рачунар мора имати графичку картицу која подржава хардверски *Ray tracing*. *Hardware ray tracing* нам даје два модела прорачуна светла: *Surface cache* и *Hit lighting*. *Surface cache* нам даје бржи и мање презициан прорачун светла, а *Hit lighting* прецизнији али спорији прорачун светла. *Surface cache* модел претвара све материјале у непровидни (*opaque*) и користи нормале површи геометрије и параметре из генерисаног *Surface cache-a* за прорачун светла. *Surface cache* генерише боју објекта и његово директно и индиректно осветљење које чува у меморији и користи по потреби.

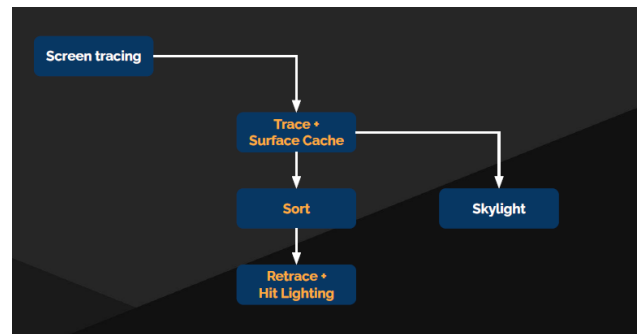
¹ *Mesh distance field* – поједностављена верзија сваког објекта појединачно на сцени.

² *Global distance field* – поједностављена верзија целе сцене



Slika 2. Surface cache процес прорачуна светла [1]

Hit lighting модел користи прикупљене податке из *Surface cache-a*, сортира их и за објекте који немају генерисане *Surface cache* податке поново рачуна осветљење у сваком фрејму.



Slika 3. Hit lighting процес прорачуна светла [1]

За разлику од *software ray tracing* модела, *hardware ray tracing* пружа могућност коришћења *Nanite* геометрије. *Nanite* је технологија која омогућава потпуно аутоматизовано прављење и учитавање *LOD* (њиво детаља) које се генерише при убацивању објекта у *Unreal engine*. Ова технологија долази до изражаја када имамо објекте који се појављују на пуно места у оквиру исте сцене који су врло детаљни са великим бројем полигона и који ће бити видљиви и у даљини у односу на камеру.

Ова технологија не подржава објекте који су анимирани или се њихова геометрија мења на било који начин.

Комбинација коришћења софтвер реј трејсинг модела и Наните технологије даје квалитетније рефлексије и прорачун светла.

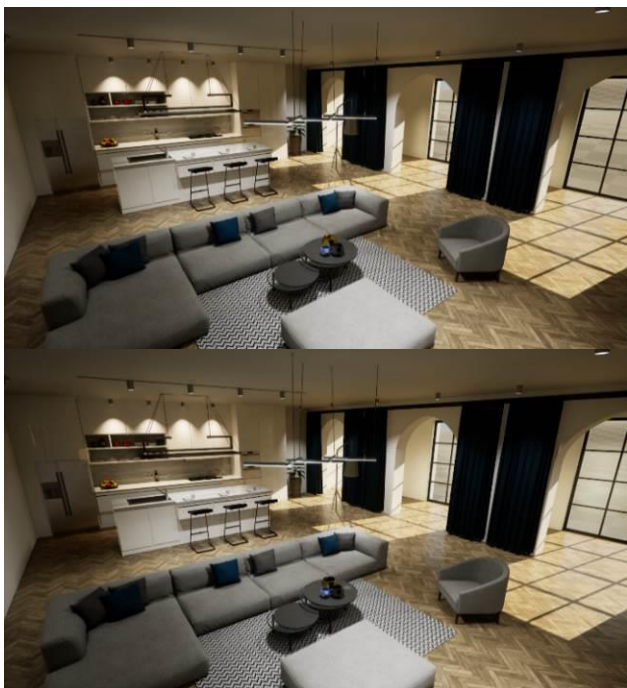
5. ПРИМЕНА ЛУМЕН СИСТЕМА У ОСВЕТЉЕЊУ ЕНТЕРИЈЕРА

За потребе анализе различитих лумен система, креирана је сцена ентеријера за тестирање *Software ray tracing* и *Hardware ray tracing-a*. Упоредно ће бити приказани исти рендери са коришћењем софтверске и хардверске технологије *raytracing-a*.

Сцена је приказана из 2 различита угла да би се видели различити утицаји осветљења. При самом поређењу може се приметити да је сцена са хардверским праћењем зрака мало светлија у деловима где не осветљава директно дирекционо светло, односно глобално осветљење је тачније прорачунато. Примећује се разлика у осветљењу зидова поред прозора, рефлексијама у огледалу и шанку.

На плафону се може видети рефлексија боје паркета на местима где га директно погађа сунчево осветљење. Ово је једна од особина *lumen* система

koja nije bila moguћа u prethodnim sistemima za globalno osvetljenje.



Slika 4. *Software ray tracing* (gore), *Hardware ray tracing* (dole)



Slika 5. *Software ray tracing* (gore), *Hardware ray tracing* (dole)

Zbog razlike u načinu kako se računa refleksija vidimo drastične razlike. *Software ray tracing* koristi *Mesh distance fields* reprezentaciju objekata u refleksiji za objekte koji se ne nalaze u pogledu kamere ili su удаљени više od 2 metra od kamere. U refleksiji od ogledala se može videti da je za deo kuhinjskog šanka koji se ne vidi u pogledu kamere, prikazan njegov *Mesh*

distance fields, a za deo šanka koji se vidi u pogledu kamere prikazana je *Screenspace* refleksija.



Slika 6. *Software ray tracing* (gore), *Hardware ray tracing* (dole)

Isto se može primetiti i kod jastuka. Za delove koji se vide u refleksiji a ne vide se iz pogleda kamere prikazan je njihov *Mesh distance fields*. Stoga je preporuka da se u enterijerskim scenama, naročito onim koji imaju puno refleksivnih materijala koristi isključivo *Hardware ray tracing*.



Slika 7. *Software ray tracing* (gore), *Hardware ray tracing* (dole)

Провидни објекти су потпуно занемарени у прорачуну светла. Светло пролази кроз њих и као да не постоје, не праве сенку, боја стакла нема никакав утицај на околину, не приказују се у рефлексijaма.



Slika 8. *Software ray tracing* (горе), *Hardware ray tracing* (доле)



Slika 9. *Software ray tracing* (горе), *Hardware ray tracing* (доле)

6. ZAKLJUČAK

Lumen pruža korisnicima mogućnost da koriste neki od ponuđenih sistema za globalno osvetljenje i u zavisnosti od svojih potreba izaberu sistem koji će koristiti. Ukoliko su u pitanju video igre, za koje je bitno da se scena renderuje što brže po cenu manjeg kvaliteta, može se koristiti *Software ray tracing*, kao rešenje sa brzim renderovanjem velikih scena. Za brzo renderovanje uz nešto bolji kvalitet, pod uslovom da korisnik poseduje grafičku karticu koja ima predviđena posebna *Ray Tracing* jezgra, može se koristiti *Hardware ray tracing* sa *Surface cache* modelom proračuna.

Ukoliko je potreban najviši mogući kvalitet sa kvalitetnim refleksijama, kao što su arhitektonске scene, tada se preporučuje upotreba *Hardware ray tracing* sa *Hit lighting* modelom proračuna. U ovakvim scenama je prihvatljivo imati manji broj frejmova kako bi se dobio što kvalitetniji rezultat svakog frejma.

7. LITERATURA

- [1] <https://advances.realtimerendering.com/s2022/SIGGRAPH2022-Advances-Lumen-Wright%20et%20al.pdf>.
- [2] <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/lumen-global-illumination-and-reflections-in-unreal-engine/>.
- [3] <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/nanite-virtualized-geometry-in-unreal-engine/>.

Kratka biografija:



Sasa Vlakov rođen je u Kikindi 1995. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti arhitekture - Analiza Lumen *Unreal Engine 5* sistema globalnog osvetljenja na primeru vizuelizacije enterijera odbranio je 2022. god.
kontakt: Vlajkov.sasa@gmail.com