

Рендеровање

Теодор Ђелић

Јун 2020

Апстракт

У овом раду ћете сазнати шта је компјутерска графика, шта је рендеровање, историјат његовог развоја, као и различите технике његове реализације. Приказаћемо илустрацију рендеровања кроз пример-апликацију која користи модерну имплементацију OpenGL-а.

1 Увод

1.1 Компјутерска графика

Компјутерска графика је једна од подобласти компјутерских наука која се, најпростије речено, бави свим процесима који су везани за приказивање слике на екрану, односно од самог процеса обликовања и стварања података који чувају информације облика и модела за приказ, обраде тих информација и текстура, рендеровање и осветљавање модела, све до дигиталних приказа слика на екрану.

1.2 Рендеровање као појам

Као што смо споменули, рендеровање је кључан део у процесу приказивања слике на екрану. Описали бисмо рендеровање као процес генерисања слике из неких података помоћу софтверског програма. Наравно, овај опис је апстрактан (знамо и сами да се процес генерисања слике у фотошопу разликује од процеса цртања појединачних фрејмова у игрици), па зато и делимо рендеровање по различитим критеријумима на више подгрупа. За критеријум можемо узети разне факторе (нпр. да ли је жељена фотореалистична слика или не), али постоји један који је изнад свих, односно он је онај примарни те га узимамо за главну поделу, а то је критеријум важности брзине извршавања и по њему делимо рендеровање у две категорије: рендеровање у реалном времену и споро рендеровање (тзв. пре-рендеровање). Нпр. у игрици нам је битно да се овај процес одвија јако брзо како би кориснику могли приказати најскорији приказ његовог видокруга како би остварили илузију флуидности, док када бисмо желели да створимо фотореалистичну слику помоћу некакве симулације светлосних зрака, могли бисмо да приуштимо да се тај процес одвија

чак и неколико дана, пошто нам је битан само резултат, а не и време за које се тај резултат добије. Но, наравно, ова подела нам и даље не одређује ништа уже процес рендеровања, односно сам процес рендеровања ми дефинишемо и стварамо по томе шта је наш жељени резултат, и ми све те подгрупе називамо различитим техникама рендеровања. Неке од њих ћу споменути и разрадити у каснијем делу рада.

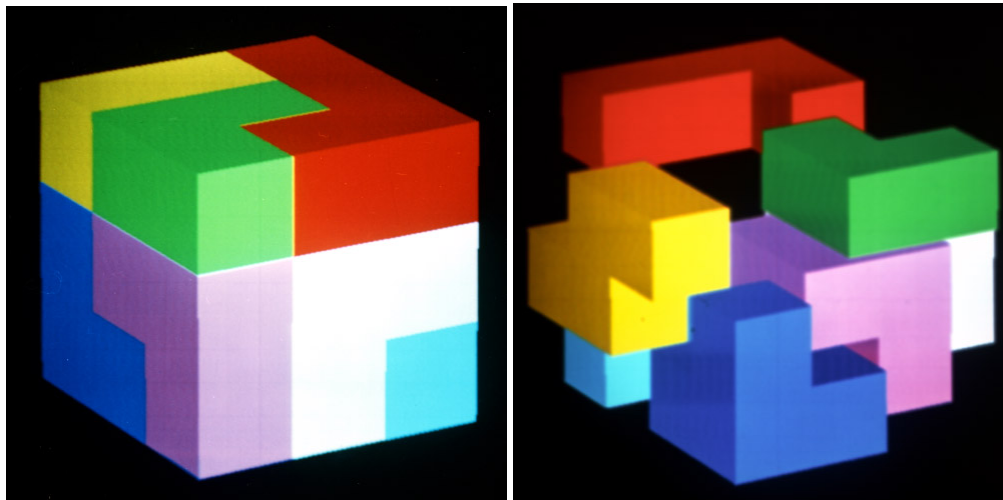
2 Историјат

2.1 Почетак

Не постоји боље место одакле бисмо започели причу о историји рендеровања од универзитета у Јути, који са пуним правом можемо назвати колевком компјутерске графике. Једног дана 1965. године, председник универзитета у Јути, Џејмс Флечер, запослио је професора Берклиј универзитета, Дејвид Кенон Еванса, да се врати у своји родни град како би основао одсек за компјутерску науку унутар одељења за електронски инжињеринг на универзитету у Јути (овај одсек ће постати засебно одељење 1973). Унајмљени од стране агенције за напредне истраживачке пројекте (на енглеском скраћено ARPA) и финансирани од стране одељења за заштиту Америке, како би могли за њих да развију потребне технологије, подигли су тзв. центар екселенције за компјутерску графику унутар универзитета. Као пионери у развоју компјутерских наука, универзитет у Јути је учествовао у зачетку познатог ARPAnet-а (предак и прототип данашње светске мреже) као један од четири почетна чворишта мреже. Утицај и допринос универзитета на пољу компјутерске графике је толико велики да чак постоји анегдота која каже да скоро свака утицајна особа која припада заједници компјутерске графике је, или прошла кроз универзитет у Јути, или је дошла у контакт са њим на неки други начин.

Било би незахвално када не бисмо споменули неколико имена и њихов допринос на пољу компјутерске графике. Име које се често спомиње уз Дејвида Еванса било би име његовог колеге, Ивана Сатерланда, и они су заједно основали компанију 1968. године која је развијала интерактивне графичке радне станице. Сатерланд је развио апликацију која се узима за претка графичко-корисничког интерфејса под називом Скечпед. Док је сама апликација по себи је могла да производи само најосновније облике, њен значај се одликује у томе што је она била прва, односно, коришћена је као темељ за будуће апликације, које су већ у касним седамдесетим годинама двадесетог века могле да рендерују комплексне објекте. Уз Дени Коена је развио алгоритам (Коен-Сатерландов алгоритам) који се користи за одређивање линија или делова линија које су у видокругу, како би компјутер знао које делове мора да обрађује. Ово је битан зачетни алгоритам у рендеровању, пошто је јако битно (а поготово је тада било битно уз јако ограничавајуће компјутерске компоненте) да се што више смањи број операција које треба да се изврше. Опис и објашњење овог алгоритма је описан у каснијем делу рада (5. страна). Такође, велики Сатерландов (а тако и Евансов) допринос био је у подучавању студената који су касније итекако допринели развоју компјутерске графике. Један од тих студента био је Гордон Ромни, први студент

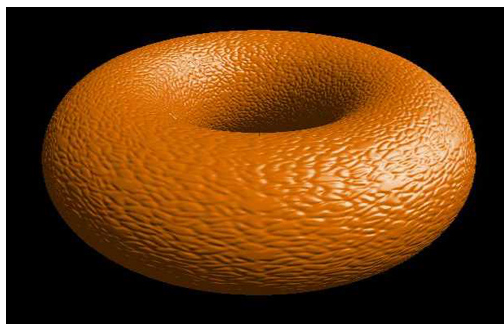
докторских студија у области компјутерске графике. Неки од његових већих доприноса били су: реалистичне компјутерски генерисане дигиталне слике тродимензионалних виртуалних објеката који су се састојали од планарних троуглова, излазне слике генерисане помоћу растерског скенирања, налик телевизорима тог доба, које су добијане у реалном времену (колико је тадашња технологија то дозвољавала), осветљење и осенчавање објеката помоћу тачкастог светлосног извора, решење за проблем да се цртају само странице које су видљиве из перспективе камере (његов познати пример рендера објекта имена Соматска коцка на коме се види да је решен проблем да се цртају само странице које су видљиве, који можете видети на слици са бројем 1), алгоритам за сенчење и још неке мање ствари. Морали бисмо споменути још нека имена тог периода, а то су: Алан Ердал - развио је графички интерфејс којим осцилоскоп може да рендерује слике, и такође је у том тренутку реч рендеровање постала део вокабулара компјутерске графике; Едвин Катмул - створио је прву анимацију људске руке и алгоритам (Катмул-Кларков алгоритам) за дељење површине који служи за стварање заобљених површина (6. страна); Џејмс Блин - програм Пејнт, имплементирао и рефинисао Катмулов алгоритам за рендеровање, бавио се текстурама, рефлекцијама светлости и облицима телима (желео је да створи алгоритме који би реалистично рендеровали слике, пример једног рендера можете видети на слици са бројем 2). И за крај ове приче о универзитету у Јути којој нема краја, споменуо бих да је најпознатији 3Д модел у свету компјутерске графике, Јутин чајник (слика 3), створен од стране Евановог студента, Мартин Њувела, 1975. године. Овај чајник је заправо био први 3Д модел са заобљеним површинама високог квалитета, те је баш из тог разлога постао познат и коришћен у сврху тестирања програма за рендеровање.



(a) Рендер склопљене Соматске коцке

(b) Рендер раширене Соматске коцке

Слика 1: Рендер Соматске коцке



Слика 2: Блинов рендер облика тору-
руса



Слика 3: Јутин чајник

2.2 Развој

Временом, како су компјутери постајали јачи и алгоритми све ефикаснији, људи из других области су почели да уочавају вредност, односно начине на које би компјутерска графика могла бити коришћена. Већ средином осамдесетих година двадесетог века, 3Д рендеровани модели су нашли свој значај у архитектури, филмској и музичкој индустрији, а то је био само почетак. Почетком деведесетих година, компанија Пиксар је започела један велики пројекат који ће револуционирати област анимираних филмова. 1995. године, Пиксар је у биоскопима широм света пустио у продукцију филм под називом Прича о играчкама, филм који је у потпуности био 3Д анимиран помоћу компјутера. У ово доба је такође индустрија видео игрица била у процвату, и тада су почеле да се производе игрице које су потпуно биле рендероване са 3Д графиком.

2.3 Данас

Као што верујем да смо сви чули, данас је ударна тема у свеукупној области компјутерских наука машинско учење. Што се тиче компјутерске графике, машинско учење је револуционисало област фотореалистичног рендеревања, и сада се производе слике са толиком тачношћу симулација светлости, и са толиком брзином (у односу на временску тежину феномена који се симулира, а то је транспорт светлости), да када бисте рекли шта је могуће да се рендерује човеку који се њиме бавио пре једно 20-30 година, он би вероватно помислио да су то неке оптичке илузије или варке. Но, најфасцинантније у свему овоме је то што је све ово само почетак, и сваким новим истраживачким радом ове границе се померају све више и више, чак толико да се кроз 2-3 истраживачка рада може постићи нешто што је пре шест месеци звучало немогуће. У каквом фасцинантном добу живимо!

3 Рендеровање као процес

3.1 Увод

3.2 Структуре података

3.3 Сређивање и одабир података

3.4 Шејдери

4 Технике рендеровања

4.1 Разни алгоритми везани за рендеровање

4.1.1 Коен-Сатерландов алгоритам

Алгоритам жели да подели екран (гледамо као да је он дводимензионална равна) на 9 једнаких региона и одреди које линије или делови линија припадају средишњем региону. Алгоритам се изводи следећим корацима:

1. Свакој крајњој тачци се припоји код региона. Код региона је четворобитни број који означава у којем се региону налази тачка, први бит је 1 ако се тачка налази изнад средишњег региона, други бит је 1 ако се тачка налази испод средишњег региона, трећи бит је 1 ако се тачка налази десно од средишњег региона, четврти бит је 1 ако се тачка налази лево од средишњег региона.
2. Линија у целости припада региону ако обе крајње тачке имају код региона 0000.
3. У супротном, логичка (битска) и операција се врши између кодова региона крајњих тачака.
 - 3.1. Ако резултат није 0000, линија у целости не припада средишњем региону.
 - 3.2. У супротном, морамо да одсечемо део који не припада средишњем региону.
 - 3.2.1. Изаберемо крајњу тачку линије која не припада средишњем региону.
 - 3.2.2. Пронађемо тачку пресека линије са ивицама средишњим регионом која је најближа изабраној крајњој тачци.

3.2.3. Изабрану крајњу тачку заменимо са тачком пресека.

3.2.4. Поновити корак 2.

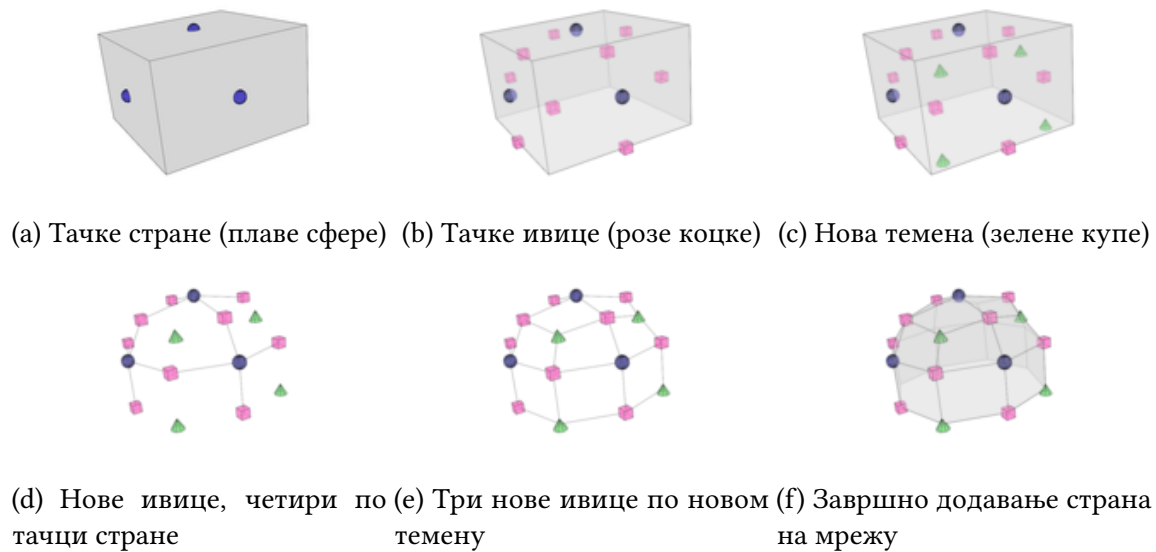
4.1.2 Катмул-Кларков алгоритам

Алгоритам жели да дода темена телу тако да се добије облије тело у односу на почетно тело. Пошто овај алгоритам ради на било којем конвексном телу, процес можемо извршити жељени број пута за редом, односно можемо је користити рекурзивно толико пута колико нам је потребно да бисмо добили жељени степен облине. Алгоритам се изводи следећим корацима:

1. За сваку страну додајемо по једну тачку стране, чију позицију добијамо тиме што узмемо средњу вредност позиција темена које чине ту страну (слика 4a).
2. За сваку ивицу додајемо по једну тачку ивице, чију позицију добијамо тиме што узмемо средњу вредност позиција темена које чине ту ивицу (слика 4b).
3. За свако оригинално теме (P) израчунамо средњу вредност (F) свих n (које смо мало пре створили) темена страница где страница додирује тачку P и израчунамо средњу вредност (R) свих n средишта ивица оригиналних ивица које додирују тачку P , где је свако средиште ивица једнако средњој вредности позиција крајева те ивице (слика 4c).

$$P_{novo} = \frac{F + 2R + (n - 3)P}{n} \quad (1)$$

4. Формирати ивице и стране нове мреже.
 - 4.1. Повезати сваку нову тачку стране са новим тачкама ивице које припадају оригиналној ивици која је сачињавала оригиналну страну (слика 4d).
 - 4.2. Повезати нова темена са новим тачкама ивице које припадају оригиналној ивици која је садржала оригинално теме (слика 4e).
 - 4.3. Оформите нове стране које су затворене новим ивицама (слика 4f).



Слика 4: Илустрација корака Катмул-Кларковог алгоритма

Садржај

1	Увод	1
1.1	Компјутерска графика	1
1.2	Рендеровање као појам	1
2	Историјат	2
2.1	Почетак	2
2.2	Развој	4
2.3	Данас	4
3	Рендеровање као процес	5
3.1	Увод	5
3.2	Структуре података	5
3.3	Сређивање и одабир података	5
3.4	Шејдери	5
4	Технике рендеровања	5
4.1	Разни алгоритми везани за рендеровање	5
4.1.1	Коен-Сатерландов алгоритам	5
4.1.2	Катмул-Кларков алгоритам	6