

חן אפוסה 328241716

הלל אוחנה 327605234

מיני-פרויקט 1 (Soft Shadow)

1. סקירה כללית

במיני-פרויקט הזה יישמתי צללים רכים (Soft Shadows) באמצעות דגימת שטח (Area Sampling) בריו-טרייסר הקיים (Supersampling) ואנטי-אליאסינג באמצעות דגימת-על (Sampling) שלנו. במקום לשגר קרן יחידה לכל פיקסל או לבדוק צל עם קרן אחת, גם קרני המצלמה וגם קרני הצללים הוחלפו באלומה קטנה של קרניים. צבעי הקרניים (או מקדמי הראות) מחושבים כממוצע, מה שיוצר קצוות חלקים יותר ואזורי penumbra ריאליסטיים.

2. ארכיטקטורה ומחלקות עיקריות

SamplingConfig & SuperSamplingBlackboard

ממוקמות בחבילה renderer.sampling

שומרות שלושה פרמטרים עיקריים:

- sampleCount - מספר הקרניים באלומה
- SamplingPattern - תבנית הדגימה (GRID, JITTERED או RANDOM)
- TargetShape - צורת המטרה (RECTANGLE או CIRCLE)

המתודה getSampleOffsets(...) מחזירה רשימה של הסטים דו-ממדיים שמכסים את שטח המטרה באופן אחיד. המצלמה משתמשת בהם כדי להסט את הקרן הראשית בכל פיקסל.

Camera

הורחבה לתמוך ב־SamplingConfig.

ב־castRay(...), במקום לשגר קרן אחת לפיקסל:

❶ נלקחים N הסטים באמצעות getSampleOffsets(...).

❷ עבור כל הסט נוצרת קרן מוזזת קלות.

❸ כל קרן נשלחת ונצבעת, ואז הצבעים מסוכמים.

❹ התוצאה מחושבת כממוצע לפי מספר הדגימות.

SimpleRayTracer

יורשת מ־RayTracerBase.

ב־traceRay(...) היא מבצעת הצללת פונג ומחשבת השתקפויות ושבירות רקורסיביות.

בשלב בדיקת קרני הצללים (transparency(...)):

- אם מדובר ב־PointLight עם $\text{numSamples} > 1$

- ❶ נקודת ההתחלה מוזזת קלות כדי למנוע תופעות לוואי ("אקנה").
 - ❷ לכל אחת מ- N הדגימות נוצרת קרן צל לעבר נקודה אקראית על דיסק האור.
 - ❸ נבדק אם קיימים מסתירים לאורך הקרן.
 - ❹ נספרות הקרניים שלא נחסמו.
 - ❺ מחושב יחס הראות כ- $(\# \text{קרניים פנויות}) / N$.
- אחרת נשלחת קרן צל אחת רגילה (Hard Shadow).

PointLight

תומכת ברדיוס דיסק ובמספר דגימות.
 המתודה `getSamplePoint(p)` מחזירה נקודה אקראית על שטח האור ליצירת צל רך.

HouseTest

- טסט מסוג JUnit שבונה סצנת בית על השביל(עצים, דשא) ומבצע:
- הפעלת אנטי-אליאסינג באמצעות `camera.setSamplingConfig(...)`.
 - הפעלת צללים רכים לכל מקור אור עם `.setRadius(10).setNumSamples(81)`.
 - רינדור התמונה פעמיים (עם ובלי כל פיצ'ר) ושמירתה בשם `house.png`.

3. מימוש שלב אחר שלב

אנטי-אליאסינג (Supersampling)

- בחרתי שטח מטרה מלבני בגודל פיקסל.
- יצרתי גריד $N \times N$ של הסטים באמצעות `SamplingPattern.GRID`.
- לכל אחד מ-81 ההסטים שיגרתי קרן וחישבתי ממוצע צבעים.
- הפעלתי את הפיצ'ר בטסט דרך `camera.setSamplingConfig(...)`.

צללים רכים (Soft Shadows)

- הוספתי ל-`PointLight` שדות רדיוס ומספר דגימות.
 - ב-`transparency(...)`, כאשר `numSamples > 1`:
 - יצרתי אלומת קרני צל לנקודות דגימה אקראיות על דיסק האור.
 - מדדתי את מספר הקרניים שהגיעו ללא חסימה.
 - קבעתי את עוצמת האור בהתאם לשיעור זה.
- בדיקות ואינטגרציה
- כל הפרמטרים ניתנים לשליטה במתודות ייעודיות.

- ה-HouseTest מרנדר כל תמונה פעמיים ומודד זמני ריצה.

4. תוצאות והתרשמות

- אנטי-אליאסינג הסיר קצוות משוננים.
- צללים רכים יצרו penumbra הדרגתיים.
- שני הפיצ'רים האריכו את זמן הרינדור, אך השיפור הוויזואלי היה משמעותי.

מיני-פרויקט 2 (BVH)

1. סקירה כללית

במיני-פרויקט הזה יישמתי מבנה האצה מסוג BVH (Bounding Volume Hierarchy) כדי לייעל את בדיקות החיתוך בין קרניים לאובייקטים בסצנה. מבנה זה מארגן את הגיאומטריה בעץ בינארי של תיבות גבול מיושרות-צירים (AABB), ומאפשר דילוג מהיר על אזורים ריקים.

2. עיצוב ויישום

BVHNode

- שומרת רשימת פרימיטיבים בעלים או שתי מופעים של BVHNode כצמתים ילדים.
- כל צומת מאחסן AABB שמקיף את תוכנו.

בנייה

- אלגוריתם רקורסיבי שמפצל את העצמים לפי נקודת האמצע בציר הארוך ביותר.
- סף קובע את מספר הפרימיטיבים המרבי בעלה (למשל, 4).

מעבר בעץ (calculateIntersectionsHelper)

- 1 בדיקת חיתוך בין הקרן ל-AABB של הצומת.
- 2 אם הצומת הוא עלה - חישוב חיתוך ישיר.
- 3 אחרת - מעבר רק לצמתים שרק ה-AABB שלהם נחתך.

3. תוצאות

בדיקות זמן רינדור בסצנה מורכבת (1,000+ פרימיטיבים, מספר מקורות אור):

- ללא BVH, תהליכון יחיד: 490 שניות
- עם BVH, תהליכון יחיד: 1201 שניות
- ללא BVH, ריבוי תהליכונים: 198 שניות
- עם BVH, ריבוי תהליכונים: 123 שניות

4. ניתוח

- במצב תהליכון יחיד, עלות המעבר בעץ עולה על הרווח.

- בריבוי תהליכונים, העבודה מחולקת ומביאה לרווחי ביצועים.

5. שיפורים עתידיים

- שימוש בהיוריסטיקת SAH לפיצול מאוזן.
- מימוש מעבר איטרטיבי מבוסס מחסנית.

6. מסקנה

מבנה BVH מעניק שיפור ביצועים משמעותי בריבוי תהליכונים ודורש אופטימיזציה להצלחה בתהליכון יחיד.