

## ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЕКРАННОГО ЗГЛАДЖУВАННЯ У КОМП'ЮТЕРНІЙ ГРАФІЦІ

Родіонов П.Ю., к.е.н.1, Родіонова О.В.2

<sup>1</sup>Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

<sup>2</sup>Національний авіаційний університет, м. Київ

**Анотація.** У роботі розглядаються теоретичні засади екранного згладжування. Наведено та проаналізовано визначення проблеми аліасингу у комп'ютерній графіці. Розглянуто методи екранного згладжування як інструмента боротьби з аліасингом. Проаналізовано методи екранного згладжування з точки зору їх впливу на якість зображення та створюване навантаження на апаратне забезпечення.

**Ключові слова:** комп'ютерна графіка, аліасинг, екранне згладжування.

У комп'ютерній графіці якість зображення є одним з найбільш важливих показників. Метою даної роботи є аналіз існуючих технік екранного згладжування з точки зору можливості їх застосування для мінімізації ефекту аліасингу як важливого фактора впливу на якість зображення.

Аліасинг виникає, через те, що графічна карта не може виконувати необхідну вибірку з нескінченною точністю у процесі візуалізації сцени, що призводить до втрати частини інформації про колір окремих пікселів [1, 2]. У комп'ютерній графіці аліасинг зустрічається у тих випадках, коли зображення обробляється за допомогою графічного конвеєру. У такому випадку на зображенні можна побачити артефакти, зокрема так звані «зубці», що є неофіційною назвою для артефактів такого типу у растровій графіці (рис. 1).

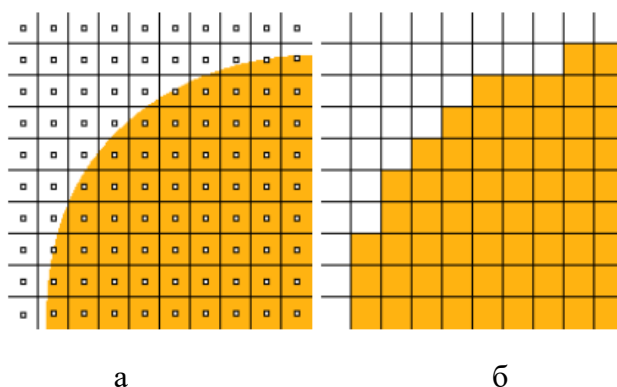


Рис. 1. Аліасинг у комп'ютерній графіці [2]

Аліасинг не слід плутати з артефактами стиснення, які виникають через застосування стиснення з втратами [3].

На рис. 1-а на зображенні а розміщено плавний край зображення, яке необхідно відобразити за умови нескінченної кількості семплів. Точки демонструють позиції семплів. На рис. 1-б показано, яким чином таке зображення може виглядати за умови заданого семплювання.

У свою чергу, техніки екранного згладжування використовуються для зменшення або усунення зазначених проблем під час відображення зображення (рис. 2). При застосуванні екранного згладжування слід враховувати як особливості кожної з існуючих технік, так і вимоги до зображення з боку користувачів.

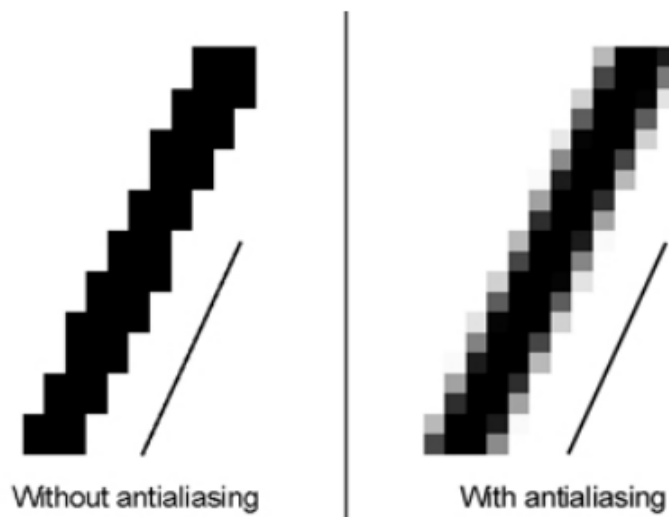


Рис. 2. Екранне згладжування [4]

Першою технікою, яку ми розглянемо, є швидке наближене згладжування (*Fast Approximate Antialiasing, FXAA*), яке було створено Тімоті Лоттесом з компанії *Nvidia* [5]. Основна перевага цієї техніки перед звичайним просторовим згладжуванням полягає в тому, що вона не потребує великої кількості обчислювальних ресурсів. Це досягається шляхом згладжування небажаних «зубців» [6] як пікселів, відповідно до того, як вони виглядають на екрані, а не аналізу самої *3D*-моделі, як у звичайному просторовому згладжуванні [5]. Даний алгоритм згладжує не лише краї між трикутниками, а й край всередині альфа-змішаних текстур та артефакти, що є результатом ефектів піксельного шейдера. До недоліків можна віднести той факт, що висококонтрастні текстурні карти можуть виглядати розмитими [7].

Наступною технікою екранного згладжування є покращене субпіксельне морфологічне згладжування (*Enhanced Subpixel Morphological Antialiasing, SMAA*). Дана техніка розмиває контрастні точки зображення, додатково розпізнаючи лінії, криві та границі між об'єктами. Перевагою даної техніки є її швидкодія, проте належним чином вона працює лише зі статичними зображеннями [8].

Згладжування з суперсемплами (*SuperSampling AntiAliasing, SSAA*) — це концепція створення згладжування шляхом обчислення сцени з роздільною здатністю, вищою за звичайну, а потім зменшення її до правильної роздільної здатності. Це дозволяє взяти більше семплів для кожного пікселя. Дана техніка дозволяє отримати високу якість зображення, проте має значний вплив на продуктивність роботи [1].

Згладжування з декількома семплами (*MultiSample AntiAliasing, MSAA*) наслідуює згладжування з суперсемплами, але збільшує кількість семплів лише на границях полігонів. У порівнянні з технікою згладжування з суперсемплами, згладжування з декількома семплами є менш вимогливим до апаратних ресурсів [9, 10].

Як зазначено у роботах [11, 12], основним принципом тимчасового згладжування (*Temporal Anti-Aliasing, TAA*) є змішування поточного кадру, що відображається кадри з минулого. Це робиться для збільшення кількості семплів на протигагу використанню лише семплів з одного кадру. Дана техніка добре працює як зі статичними зображеннями, так і з динамічними. У деяких випадках зображення може виглядати розмитим.

Підсумовуючи вищесказане, проблема аліасингу є надзвичайно важливою у комп'ютерній графіці. Для мінімізації ефекту аліасингу використовується ряд технік екранного згладжування, кожна з яких може бути застосована в залежності від конкретних задач та можливостей апаратного забезпечення.

## СПИСОК ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. B. Kristof, D. Barron, (2000, Apr. 28), "Super-Sampling Anti-Aliasing analyzed.", [Online]. Available: <https://www.beyond3d.com/> [Accessed: 2016, 05, 16]
2. Grahn A. An Image and Processing Comparison Study of Antialiasing Methods [Електронний ресурс] / Alexander Grahn. 2016. Режим доступу до ресурсу: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:972774/FULLTEXT02.pdf>.
3. Labrador O. Improved Sampling for Temporal Anti-Aliasing [Електронний ресурс] /O. Labrador, C. Alexander. 2018. Режим доступу до ресурсу: <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8971248&fileId=8971249>.
4. Role of Anti-Aliasing (AA) in Gaming [Електронний ресурс]. 2016. Режим доступу до ресурсу: <https://ageeky.com/role-of-anti-aliasing-aa-in-gaming/>.
5. T. Lottes. (2011, Jan. 25) FXAA (Version 1.0) [Online]. Available: [https://developer.download.nvidia.com/assets/gamedev/files/sdk/11/FXAA\\_WhitePaper.pdf](https://developer.download.nvidia.com/assets/gamedev/files/sdk/11/FXAA_WhitePaper.pdf)
6. Wang, James (March 19, 2012). "FXAA: Anti-Aliasing at Warp Speed". NVIDIA. Archived from the original on February 21, 2019. Retrieved January 3, 2013.
7. Atwood J. Fast Approximate Anti-Aliasing (FXAA) [Електронний ресурс] / Jeff Atwood. 2011. Режим доступу до ресурсу: <https://blog.codinghorror.com/fast-approximate-anti-aliasing-fxaa/>.
8. Jimenez J. Echevarria J. I. Sousa T. & Gutierrez D. (2012). SMAA: Enhanced Subpixel Morphological Antialiasing. Computer Graphics Forum 355–364. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8659.2012.03014.x>
9. K. Akeley, "Reality Engine Graphics," in SIGGRAPH '93: Proceedings of the 20th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, Anaheim, CA, 1993, pp. 109-116 [3] M. Pettineo. (2012, Oct. 24).
10. M. Pettineo. (2012, Oct. 24). A QUICK OVERVIEW OF MSAA[Online]. Available: <https://mynameismjp.wordpress.com/2012/10/24/msaaoverview/> [Accessed: 2016, 06, 05]
11. Xu K. Temporal Antialiasing in Uncharted [Електронний ресурс] / K. XU. 2016. Режим доступу до ресурсу: <http://advances.realtimerendering.com/s2016/>.