

ВИСОКОПРОДУКТИВНИЙ МЕТОД АНТИАЛІАЙЗИНГУ

Романюк Олександр, доктор техн. наук, професор кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет,
Курінний Михайло, к.т.н., директор ПП «Рідіонет», Україна
Мельник Олександр, аспірант,
 Вінницький національний технічний університет, Україна

У більшості сучасних систем комп'ютерної графіки використовується растровий принцип формування зображення. При формуванні растрових зображень виникають спотворення, які обумовлені недостатньою роздільною здатністю растра. На зображеннях з'являються артефакти, одним із проявів яких є яскраво виражені сходинки або зубці на краях об'єктів. Даний ефект отримав назву ступінчастого ефекту чи ефекту аліайзингу.

Сучасний рівень технологій поки що не в змозі забезпечити таку роздільну здатність, тому для забезпечення реалістичності синтезованих зображень у системах комп'ютерної графіки використовують спеціальні методи та засоби усунення ступінчастого ефекту [1-3].

На відміну від звичайних методів растеризації, в яких інтенсивність кольору розраховується тільки в центрі піксела, у методах антиаліайзингу колір обчислюється з урахуванням зони, яка оточує піксел. При визначенні інтенсивності кольору точки контуру об'єкта додатково враховується покриття піксела межами сусідніх об'єктів, а при формуванні тривимірних зображень значно ускладнюється процедура видалення невидимих поверхонь, оскільки вона виконується з підвищеною точністю на рівні піксела. У зв'язку з цим антиаліайзинг характеризується значними обчислювальними витратами, що обумовлює необхідність розробки високопродуктивних методів, алгоритмів та структур для програмно-апаратної реалізації процедури антиаліайзингу у спеціалізованих графічних процесорах.

Нехай задано множину точок $T_{i,j}$ ($i=1,2,\dots,H$, $j=1,2,\dots,V$), які розташовані всередині піксела у вигляді матриці, що складається з H стовпців і V рядків (ри.1).

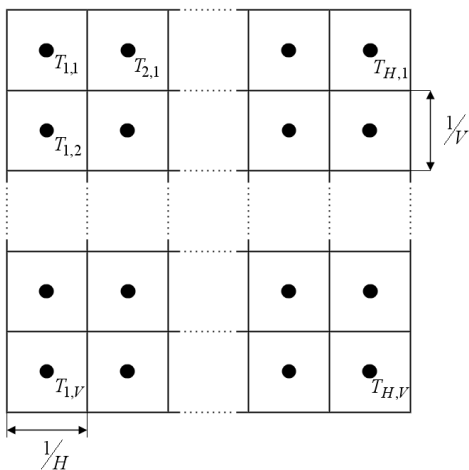


Рис. 1. Розташування допоміжних точок всередині піксела

Для кожної точки $T_{i,j}$ введемо ознаку $P_{i,j}$ таким чином, що для точок, які покриваються графічним примітивом, $P_{i,j}=1$. В усіх інших випадках $P_{i,j}=0$. Площу покриття піксела графічним примітивом можна наближено обчислити за виразом:

$$S_{\text{покр.}} \approx S_a = \frac{\sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^V P_{i,j}}{H \cdot V}. \quad (1)$$

Для розрахунку значення ознак $P_{i,j}$ використаємо метод оцінювальної функції. Відомо, що оцінювальна функція від'ємна для всіх точок, що лежать всередині графічного примітива. Таким чином, знак оцінювальної функції, яка розрахована у допоміжній точці $T_{i,j}$, визначає розташування даної точки відносно границі графічного примітива.

При обчисленні площі покриття піксела графічним примітивом за виразом (1) має місце абсолютна похибка:

$$\Delta S = |S_{\text{покр.}} - S_a|$$

Визначимо залежність максимального значення ΔS , від H і V .

Нехай S_i - площа, що відтинається границею графічного примітива від прямокутника, який обмежує i -й стовпець матриці точок (рис. 2). Тоді площа покриття піксела може бути записана у вигляді: $S_{\text{відд.}} = \sum_{i=1}^H S_i$.

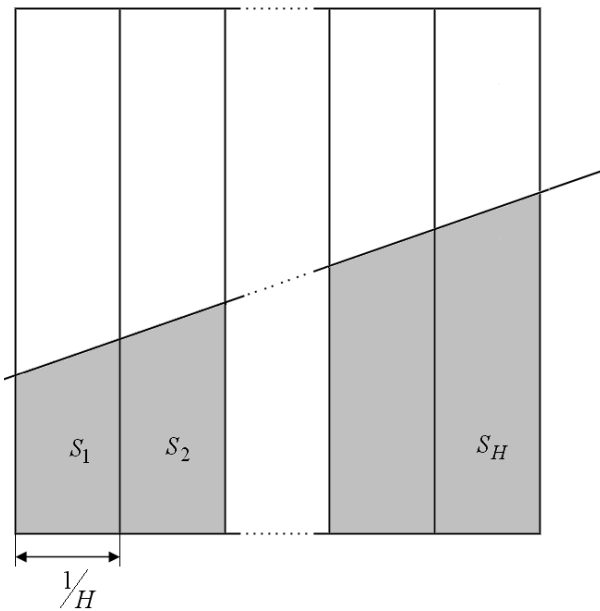


Рис. 2. Площа, що відтинається границею графічного примітива

Із урахуванням останнього виразу значення абсолютної похибки ΔS дорівнює:

$$\Delta S = \sum_{i=1}^H \left| S_i - \sum_{j=1}^V P_{i,j} \frac{1}{H \cdot V} \right|$$

Введемо позначення

$$\Delta S_i = \left| S_i - \sum_{j=1}^V P_{i,j} \frac{1}{H \cdot V} \right|$$

Запишемо вираз

для максимального значення абсолютної похибки ΔS :

$$\max(\Delta S) = H \cdot \max(\Delta S_i)$$

Знайдемо максимальне значення, яке може приймати ΔS_i . Будемо розглядати перетин піксела ребром багатокутника з коефіцієнтом нахилу $k \leq 1$. Вирази для інших кутів нахилу є аналогічними внаслідок симетрії.

Максимальне значення абсолютної похибки ΔS_i досягається для випадку, коли відрізок прямої перетинає одну з допоміжних точок $T_{i,j}$, і може бути розраховано за виразом:

$$\max(\Delta S_i) = \max\left(\frac{1}{2}\left(\frac{1}{2H} + \frac{1}{2V}\right)^2, \frac{1}{2HV}\right).$$

Доведемо, що $\frac{1}{2}\left(\frac{1}{2H} + \frac{1}{2V}\right)^2 \geq \frac{1}{2HV}$. Для цього виконаємо еквівалентні перетворення останньої нерівності:

$$\frac{(V+H)^2}{8V^2H^2} - \frac{1}{2HV} \geq 0 \Rightarrow \frac{V^2 + 2HV + H^2 - 4HV}{8V^2H^2} \geq 0 \Rightarrow \frac{(V-H)^2}{8V^2H^2} \geq 0.$$

Оскільки $H > 0$ та $V > 0$, то ліва частина останньої нерівності є завжди додатною, отже нерівність доведено.

Таким чином, максимальне значення абсолютної похибки ΔS дорівнює:

$$\max(\Delta S) = H \cdot \frac{(V+H)^2}{8H^2V^2} = \frac{(V+H)^2}{8V^2H}.$$

$$\text{Для випадку, коли } H = V = C : \max(\Delta S) = \frac{4C^2}{8C^3} = \frac{1}{2C}.$$

Запропонований метод не передбачає використання «довгих» операцій, легко розпаралелюється та може бути апаратно реалізованим. Особливість методу полягає у використанні кількох оцінювальних функцій з подальшим урахуванням їх знаків.

Список використаної літератури

1. Романюк О. Н. Математичні моделі пікселів для задач антиаліайзингу / О. Н. Романюк, М. С. Курінний // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту. — 2002. — № 3. — С. 35—47.
2. Романюк О. Н. Ефективний алгоритм антиаліайзингу векторних границь багатокутника / О. Н. Романюк, М. С. Курінний // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: Збірник наукових праць. — 2002. — С. 105—109.
3. Романюк О. Н. Апаратно-орієнтований метод антиаліайзингу крокової траєкторії відрізків прямих / О. Н. Романюк, М. С. Курінний, В. О. Денисюк // Проблеми інформатизації та управління: Збірник наукових праць: Випуск 1(23). — 2008. — С. 249—254.