

ДОДАТОК А

Графічний матеріал атестаційної роботи

Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра ЕОМ

МОДЕЛЮВАННЯ ХМАРНИХ ОБ'ЄКТІВ В
СИСТЕМАХ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ
ДЛЯ АВІАЦІЙНИХ ТРЕНАЖЕРІВ

Атестаційна робота
Другий (магістерський) рівень

Автор:
Журавльов Д.Є.,
студ. гр. КСМм-19-1

Керівник:
доц. Ляшенко О.С.

1

Мета і задачі роботи

- Метою роботи є моделювання хмарних об'єктів для систем візуалізації і підвищення їх реалістичності.

Задачі:

- Провести аналіз існуючих методів візуалізації;
- Реалізувати моделі та алгоритми, що дозволяють прискорити швидкість моделювання хмарного шару;
- Розробка програмного додатку для імітації переміщення спостерігача в небі, тобто польоту.

2

Використання хмар в системах візуалізації авіаційних тренажерів

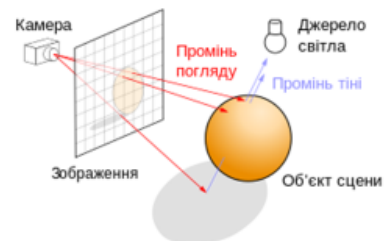
• Хмари є важливою складовою візуального моделювання будь-якої сцени на відкритому повітрі, але складність утворення хмари, динаміки та взаємодії світла ускладнює моделювання та надання хмарам реалістичного виду в реальному часі. В інтерактивному моделюванні польоту користувачі хотіли б літати в реальних об'ємних хмарах та навколо них, а також бачити, як інші літаки пролітають всередині них і позаду. В ідеалі імітовані хмари могли б рости і розсіюватися, як справжні хмари, і рухатися у відповідь на вітер та інші сили. Імітовані хмари повинні бути реалістично освітлені прямими сонячними променями, внутрішнім розсіюванням і відблесками від неба і землі знизу.

• Тому для візуалізації хмар можна виділити такі вимоги:

- Реалістичність;
- Моделювання в реальному часі;
- Анімація, тобто переміщення хмар в просторі.

Трасування променів для підвищення реалістичності зображення

Трасування променів – це техніка візуалізації (рендерингу) для створення зображення шляхом відстеження шляху світла як пікселів у площині зображення та моделювання ефектів його зустрічей з віртуальними об'єктами. Ця техніка здатна надати високий ступінь візуального реалізму, набагато більший, ніж типові методи, але за більших обчислювальних витрат. Трасування променів здатне імітувати різноманітні оптичні ефекти, такі як відбиття та заломлення, розсіювання.



Алгоритм побудови моделі хмари

- Вхідними даними в цій моделі є параметри еліпсоїда, що обмежує хмару для формування – значення розмірів піввісь a, b, c і координати його центру x, y, z . У процесі формування моделі хмари вихідний еліпсоїд розбивається на п'ять подібних йому фігур. На наступному кроці алгоритму кожен з отриманих еліпсоїдів також розбивається на п'ять фігур. Цей процес триває до тих пір, поки не буде досягнутий заданий рівень деталізації. Також для кожного променя визначається значення коефіцієнта пропускання в точці перетину з метасферою.
- Така модель дозволяє легко здійснити анімацію хмарних утворень. Анімація хмар, в загальному випадку, здійснюється шляхом зміни параметрів моделі хмари. У даній моделі змінюються радіуси метасфер і координати їх центрів. Для анімації формується послідовність з декількох реалізацій моделей хмар, отриманих описаним вище методом.
- В результаті виконання алгоритму виходить тривимірна модель хмари, задана набором метасфер. Для візуалізації такої моделі зручно використовувати метод трасування променів.

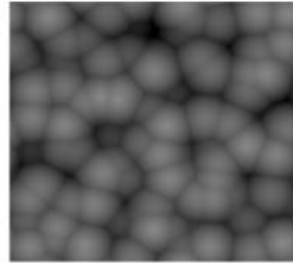
5

Алгоритм побудови моделі хмари

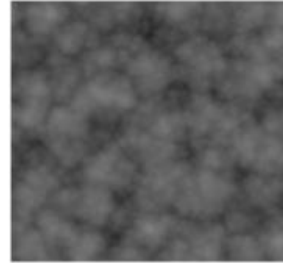
- Розміри головних піввісь: $a_i = k_i a, b_i = k_i b, c_i = k_i c,$
- Координати центрів отриманих еліпсоїдів:
$$\begin{cases} x_1 = x + a(1-k_i), y_1 = y, z_1 = z, \\ x_2 = x - a(1-k_i), y_2 = y, z_2 = z, \\ x_3 = x, y_3 = y, z_3 = z + c(1-k_i), \\ x_4 = x, y_4 = y, z_4 = z - c(1-k_i), \\ x_5 = x, y_5 = y + b(1-k_i), z_5 = z. \end{cases}$$
- Значення коефіцієнта пропускання: $T_i = t_i f(d_i, R_i) \quad t_i = \exp(-\alpha R_i)$
- Функція розподілу щільності:
$$f(d, R) = \begin{cases} \left(1 - \frac{d}{R}\right) \cos\left(\frac{d}{R}\right), & d \leq R; \\ 0, & d > R. \end{cases}$$

6

Приклад роботи алгоритму побудови моделі хмар



З меншою щільністю



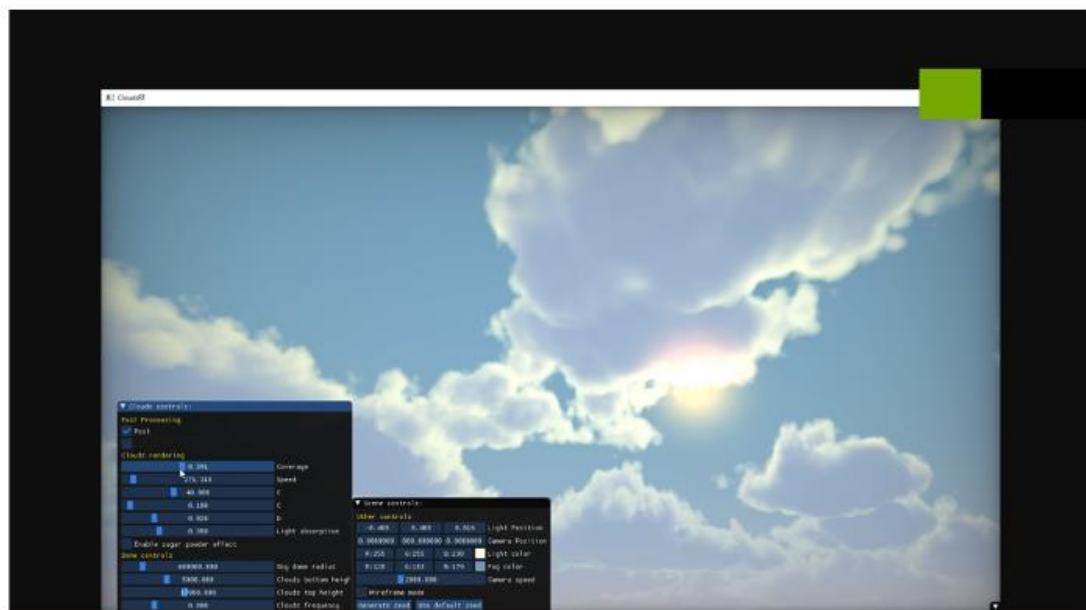
З більшою щільністю

Обчислення кольору пікселя зображення

- визначення номерів метасфер, що перетинаються променем спостереження і їх сортування в порядку зростання відстані до центру проекції,
- обчислення інтенсивності відбитого світла в кожній точці перетину проекційного променя і метасфери: $I'_j = I_{\text{sun}} [0,125 (5 + \cos \gamma_j) + 0,25 \cos \beta_j]$,
- обчислення поглинання світла атмосферою для кожної точки перетину $I_j = I'_j \exp(-\alpha d)$,
- обчислення кольору з урахуванням всіх точок перетину проекційного променя з метасферами $I = (I_0 T_N + I_N (1 - T_N)) T_{N-1} + I_N - 1 (1 - T_{N-1}) \dots T_1 + I_1 (1 - T_1)$,

Основні функціональні можливості розробленого додатку

- Зміна положення камери;
- Зміна швидкості анімації або переміщення хмарних об'єктів;
- Моделювання різних типів хмар за допомогою зміни основних параметрів об'єктів;
- Імітація положення Сонця в небі, що впливає на кінцевий колір хмар;
- Зміна щільності хмар для імітації проходження світла скрізь них.



Висновки

- Для підвищення швидкості роботи розроблений та реалізований алгоритм побудови моделі хмар, що дозволяє виконувати моделювання переміщення хмар, тобто анімацію, без використання великої кількості окремих готових моделей. Також реалізований алгоритм для визначення коректного кольору хмарних об'єктів, що підвищує ефективність роботи методу трасування променів.
- В роботі використовується OpenGL і власна мова шейдерів – GLSL. Програми шейдерів компілюються на графічному процесорі з використанням драйверів. Кінцевим результатом є швидка, візуально реалістична система, яка дозволяє в реальному часі проводити моделювання хмарних об'єктів.