

УДК 681.31

Денисюк В.О.

Вінницький національний аграрний університет

АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ВІДОБРАЖЕННЯ ГРАФІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Вступ

Використання графічної інформації набуло широкого застосування у різних галузях науково-практичної діяльності людини. Досить актуальною є задача вибору засобів комп'ютерної графіки, а саме пристроїв відображення графічної інформації, які забезпечують необхідну якість та швидкодію формуванні графічних зображень без збільшення апаратних витрат з достатньою достовірністю відтворення графічної інформації.

Постановка задачі

Пристрої відображення графічної інформації (ПВГІ) - це сукупність технічних і програмних засобів для подання у зручній для сприйняття оператором формі сигналів про стан об'єкта, впливу на нього і способів керування ним [3, 4]. У загальному контурі функціонування ПВГІ обов'язкова присутність людини-оператора, це пов'язано із призначенням ПВГІ в цілому та й особливостями процесів інтерактивного людино-машинного діалогу [4, 8]. Надійна й ефективна робота оператора можлива тоді, коли він одержує від ПВГІ достатню кількість інформації для ухвалення рішення. Під пристроєм відображення графічної інформації розуміється пов'язаний з основною ЕОМ обчислювальний пристрій з підключеними до нього, як технічними засобами візуалізації, так і іншими зовнішніми пристроями [3, 4, 8]. Актуальність дослідження обумовлена стрімким розвитком виробництва пристроїв відображення графічної інформації та акселераторів для відтворення складних картин та сцен, в яких широко

використовуються різноманітні високопродуктивні алгоритми відтворення елементів зображень.

Аналіз вимог до пристроїв відображення графічної інформації

Зробимо аналіз вимог до пристроїв відображення графічної інформації з погляду людино-машинного інтерфейсу. Оператор будь-якої обчислювальної системи працює з певними інформаційними моделями, що представляються на індикаторі ПВГІ [4]. Обчислювальні системи обслуговують великі потоки інформації, тому з метою розвантаження каналів зв'язку і економії пам'яті обчислювальної системи використовується стиснення інформації з наступним відновленням на основі різноманітних інтерполяційних алгоритмів, реалізацію яких виконують спеціалізовані цифрові пристрої. Тенденції розвитку ПВГІ і обчислювальної техніки визначають зростання частки графічної інформації та її значне ускладнення при відображенні. Оскільки важливою ланкою обчислювального комплексу є людина, то найбільш наочну і у той же час насичену по обсягу інформацію можна представити, використовуючи можливості тривимірної (3D) комп'ютерної графіки [3, 4, 7, 8].

Сам процес відтворення інформації є по суті процесом моделювання реального об'єкту [4]. Таке моделювання описується концептуальною моделлю виводу 3D графічної інформації [3]. Якщо за реальний об'єкт узяти довільну систему у світових координатах, то завдання відсікання по об'єму, видової операції та операції нормування виконуються обчислювальним комплексом поза ПВГІ. Завдання остаточного відсікання і виводу інформації на пристрій відображення виконується у ПВГІ. При виводі двовимірної (2D) графічної інформації завдання спрощується до задання вікна в 2D світовому координатному просторі та задання поля виводу на двовимірній нормованій видовій поверхні [3-8].

Існує чотири основних типи графічних моделей, пов'язаних з особливостями реальних об'єктів, їх призначенням та природою [3, 7, 8]: 1) двовимірна модель (площинна, 2D); 2) каркасна модель ("дротова", 3D); 3) поверхнева модель (3D); 4) об'ємна модель (модель суцільного тіла, 3D).

Використання 2D моделей є найпростішим випадком у порівнянні з використанням 3D моделей. Сам процес 2D моделювання полягає у відтворенні певних функціональних залежностей по вузловим точкам (базовим відлікам та ін.). Питання про вибір методу візуалізації результатів вимірів вирішується разом з вибором методів кодування і дискретизації на етапі проектування ПВГІ [7, 8]. Складність 3D моделей полягає в тому, що поверхня відображення існуючих індикаторних пристроїв не має графічного третього виміру [3, 4]. Невідповідність між просторовими об'єктами та плоскими зображеннями усувається шляхом введення проекцій, які відображають тривимірні об'єкти на двовимірній проекційній картинній площині [4].

Каркасна модель хоча й тривимірна, але має мало можливостей. У ній картина об'єкту, що моделюється, представлена ребрами по геометричним координатам вершин. Найчастіше каркасна модель використовується як проміжний етап в одержанні поверхневої моделі [3-6, 8].

Поверхнева модель представляє процеси або об'єкти, які моделюються поверхнями, має максимальну наочність [4]. У якості поверхонь використовуються параметричні кубічні поверхні (параметричні сплайни) [4, 5]. Поверхневі моделі вимагають найбільших обсягів обчислень із усіх чотирьох типів моделей. Звичайно при використанні поверхневих моделей відбувається декомпозиція сплайнів на полігони (трикутники) до або у процесі відображення [4, 8].

Об'ємна модель формується об'єднанням, перетинанням, накладанням простих об'ємних примітивів, таких як сфери, куби, циліндри та ін.

Найбільшу популярність об'ємне моделювання одержало в машинобудуванні [3, 8].

Таким чином, у зв'язку з особливостями того або іншого ПВГІ та його застосуванням можна рекомендувати одну із вищенаведених моделей. Найбільш прийнятними для пристроїв відображення графічної інформації, що орієнтовані на максимальну швидкодію, є площинна 2D і поверхнева 3D моделі, як моделі з максимальною наочністю [3, 4]. Крім того, процес побудови усіх моделей здійснюється шляхом аналізу, а потім синтезу зображення, що виражається в розбитті зображення на елементарні складові частини (примітиви) з наступною декомпозицією їх в остаточному зображенні.

ПВГІ використовуються при рішенні багатьох задач [1-8]:

- відображення динамічних ситуацій у реальному масштабі часу при керуванні технологічними процесами, військовими об'єктами;
- відображення результатів та ходу наукових досліджень і експериментів;
- автоматизація проектування технологічних процесів, програмного забезпечення, архітектури, дизайну, проектування великих інтегральних схем, розрахунку топології друкованих плат та ін.;
- статистична обробка даних (побудова гістограм, використання плавних кривих та ін.);
- обробка топографічної й картографічної інформації в геоінформаційних системах, зображень штучних супутників Землі для вивчення земної поверхні,
- обробки ділової, управлінської економічної графічної інформації (кругові, стовпчикові та інші діаграми);
- обробка біомедичних зображень (комп'ютерна томографія);
- моделювання реальних об'єктів в архітектурі, різних тренажерах та імітаторах (віртуальна реальність);

- завдання користувача людино-машинного інтерфейсу (меню, піктограми та ін.);
- комп'ютерне кіно, анімація, реклама, ігри (мистецтва).

Кожне із застосувань накладає свої вимоги на функціональні параметри пристрою відображення графічної інформації за: роздільною здатністю дискретного координатного простору відображення (ДКПВ); колірною роздільною здатністю; набору примітивів, які використовуються; точністю відтворення зображень за кольором та формою; швидкістю побудови зображень. У процесі синтезу ПВГІ вирішується питання про прийнятний компроміс між вищенаведеними параметрами та витратами на їх реалізацію (програмними і апаратними), що в остаточному підсумку визначає функціональні параметри, реальної системи, яка створюється, та її вартість.

Розглянемо діапазони функціональних параметрів пристроїв відображення графічної інформації. Органи зору людини (при 100% гостроті зору) здатні розрізняти чорну крапку діаметром 0.1 мм на білому фоні з відстані 20-30 см від очей і дві сусідні смужки з відтінками, довжини хвиль яких відрізняються на 10 \AA (при 100% кольоровому зорі). Щоб без втрати інформації відобразити об'єкти реального світу, необхідно мати дискретний координатний простір відображення, який відповідає реальному зображенню, у межах 4096×6144 пікселей (більше 24 млн. пікселей на зображення) і кольорову роздільну здатність у 256 градацій яскравості по кожній із трьох складових кольору R,G,B (усього $16.777.216 \approx 17$ млн. кольорів, по 8 двійкових розрядів на кожен складову кольору). Для задач активної 3D графіки необхідно мати ДКПВ до 165 Гпікселей ($\approx 256K \times 640K$) та до 48 розрядів на складові кольору [4, 8].

Мінімальна частота, з якою повинна змінюватися динамічна картинка на екрані, щоб не виникав ефект дискретності руху, становить 24-25 кадрів за секунду, а для деяких випадків в ігрових імітаторах - 30 або навіть 60 кадрів за секунду [3-6, 8].

Якщо говорити про точність відтворення контурів і кольорів графічних зображень, то з погляду реальних завдань головним є одержання візуально-прийнятних результатів [3, 7]. Більше того, існує ряд методів, які розмивають контури та кольори контурів об'єктів з метою згладжування сходинкового ефекту [3, 8]. Існуючі ж методи та способи колірної розфарбування зображень по своїй суті є емпіричними і не відповідають закону збереження енергії, тобто також обираються (найчастіше в інтерактивному режимі) із міркувань прийнятності результатів. Лінійні та кругові примітиви, тобто примітиви кривих не вище другого порядку, покривають практично всі завдання побудови зображень [3, 7]. Якість картинки на пристрої відображення, залежить від: розмірів поля виводу пристроя відображення, як у дискретному координатному просторі відображення, так і у фізичних одиницях виміру; розміру пікселя; відстані між пікселями; з якої відстані відбувається спостереження за пристроєм відображення (звичайно не менше, ніж 20÷30 см) [4, 8].

У існуючих та перспективних кольорових пристроїв відображення розміри ДКПВ перебувають у межах від 960×540 пікселей до 2560×1600 пікселей з діагоналлю екрана від 17" до 30 (від 43 см до 76 см) [4], також цікаві технології "цифрового дому" з використанням плазмових панелей до 150" (приблизно 3,81 м) з розмірністю ДКПВ 4096×2160. Діаметр пікселя становить величину від 0,28 мм до 0,26 мм. Відстань між пікселями становить величину від 0,26 мм до 0,31 мм. Отже, показники існуючих і перспективних пристроїв відображення по наведеним параметрам не досягають меж, які здатні розрізнити людський зір, але дають прийнятні результати відображення [4, 8].

Для відображення машинобудівної деталі середньої складності необхідно близько 10.000 полігонів, кожний по 100 пікселей. Таким чином, достатньо мати екран розміром 1280×1024 пікселей [3]. У самому простому випадку зображення може бути монохромним.

Для кінематографа зображення об'єктів можуть складатися з більшого числа полігонів - від 15.000 до 75.000 [8], тобто для відображення необхідні екрани з дискретною роздільністю від 1280×1280 пікселей до більш, ніж 8192×8192 пікселей. Кількість кольорів може змінюватися в межах від 224 до 236, хоча достатньо і 224 = 16.777.216 кольорів по 8 двійкових розрядів на кожному зі складових кольору R, G, B [8].

Динамічні параметри по оживленню зображення можуть перебувати в межах від 4÷10 кадрів/с до 24 кадрів/с [4, 8]. 4÷10 кадрів за секунду - нижня межа частоти зміни картинки, що не викликає почуття дискомфорту у оператора ПВГІ, а 24 кадра за секунду - максимальна частота зміни картинки, на яку реагують органи зору людини. А для засобів ігрових симуляцій актуальними є зміни картинки у 30 кадрів/с, або навіть до 60 кадрів/с [3, 4, 8].

Проведемо оцінку вимог, до ПВГІ за часом побудови одного пікселя. Введемо позначення:

N_x - роздільна здатність ПВГІ по горизонталі;

N_y - роздільна здатність ПВГІ по вертикалі;

F_d - динамічна частота зображення на екрані;

K_e - коефіцієнт заповнення екрану;

t_p - час обробки одного пікселя;

Необхідна продуктивність ПВГІ по побудові зображення становить:

$$P_o = N_x \cdot N_y \cdot F_d \cdot K_e . \quad (1)$$

Реальна продуктивність ПВГІ може бути визначена за наступним співвідношенням

$$P_r = \frac{K_v}{t_p} , \quad (2)$$

де K_v - коефіцієнт доступу до відеопам'яті за кадр, характеризує ступінь доступності відеопам'яті (як правило, для однопортової відеопам'яті $K_v = 0,25 \div 0,35$, для двопортової - $K_v \approx 0,7$ [4, 8]).

Прирівнявши (1) і (2), одержуємо вираз для обчислення часу, необхідного для обробки одного пікселя (3):

$$t_p = \frac{K_v}{N_x \cdot N_y \cdot F_d \cdot K_e} \quad (3)$$

Аналіз (3) дозволяє визначити шляхи збільшення t_p з метою зменшення апаратних витрат і здешевлення систем ПВГІ:

- 1) зменшення роздільної здатності по горизонталі й вертикалі (N_x та N_y);
- 2) зменшення динамічної частоти зображення на екрані (F_d);
- 3) зменшення коефіцієнта заповнення екрана (K_e) - зменшення розміру зображень;
- 4) збільшення часу доступу до відеопам'яті під час кадру з боку графічних акселераторів, що можливо досягти, наприклад, за рахунок використання багатопортової відеопам'яті.

Так, наприклад, розглянемо три варіанти обчислення значення t_p для різних задач.

- 1) Для перспективних задач активної 3D графіки ($F_d = 60$ кадрів/с), з виконанням умови повної прозорості відеопам'яті ПВГІ ($K_v = 1$), використання усього ДКПВ (165 Гпкселів) для ПВГІ [4] ($K_e = 1$):

$$t_p = \frac{K_v}{N_x \cdot N_y \cdot F_d \cdot K_e} = \frac{1}{165 \cdot 2^{30} \cdot 60 \cdot 1} = 9,4072987 \cdot 10^{-14} (с) \approx 94,1 (фс). \quad (4)$$

- 2) Для досягнення повної динаміки ($F_d = 24$ кадри/с) у режимі реального часу в завданнях комп'ютерної анімації або кінематографії, за умови повної

прозорості відеопам'яті ПВГІ ($K_v=1$) і використання всього ДКПВ для ПВГІ (8192×8192) під зображення ($K_e=1$):

$$t_p = \frac{K_v}{N_x \cdot N_y \cdot F_d \cdot K_e} = \frac{1}{2^{13} \cdot 2^{13} \cdot 24 \cdot 1} = 6,2088171 \cdot 10^{-10} (с) \approx 0,62 (нс). \quad (5)$$

3) Для завдань машинобудування без динаміки зображення ($F_d=1$, $K_v=1$ та $K_e=0,2$ у просторі 1280×1024):

$$t_p = \frac{K_v}{N_x \cdot N_y \cdot F_d \cdot K_e} = \frac{1}{1280 \cdot 1024 \cdot 1 \cdot 0,2} = 3,814 \cdot 10^{-6} (с) \approx 3,81 (мкс). \quad (6)$$

Висновки

Оскільки, людина є невід'ємною частиною обчислювального комплексу, до складу якого входять пристрої відображення графічної інформації, то головні вимоги до ПВГІ обумовлюються їх областю застосування та особливостями людино-машинної взаємодії. Отримано аналітичний вираз (3) для обчислення часу на обробку одного елемента зображення у ПВГІ. Здійснивши аналіз особливостей відтворення графічної інформації та усереднюючи вимоги до пристроїв відображення, можна сказати, що широкий клас задач по відтворенню графічної інформації може бути вирішений на пристроях відображення з розмірами ДКПВ від 1280×1024 пікселей (6) до 8192×8192 пікселей (5) з кольоровою роздільністю по 24 кольоровим площинам (по 8 двійкових розрядів на кожен складову кольору - R, G, B) і частотою відновлення всього зображення від 4 до 30 кадрів за секунду, а для перспективних задач активної 3D графіки - до 60 кадрів за секунду та ДКПВ у 165 Гпікселів (4).

Література

1. Войтко В.В. Аналіз основних підходів до формування шорстких поверхонь / Войтко В.В., Романюк О.В., Денисюк В. О. // Міжнародний

- науково-технічний журнал “Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах”. - Хмельницький, 2007р. - № 2 - С. 119-123.
2. Гончарук О. П. Алгоритм відображення водної поверхні / Гончарук О. П., Денисюк В. О. // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля, м.Луганськ, 2008. - №12(130) - Частина 2 - С.157-161.
 3. Денисюк В.А. Исследование и разработка цифровых функциональных генераторов графических примитивов для устройств отображения информации: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.08 / Денисюк Валерий Александрович.- Винница.- 1996.- 202 с.
 4. Денисюк В.О. Дослідження вимог до пристроїв відображення графічної інформації з погляду людино-машинного інтерфейсу / Денисюк В.О., Денисюк А.В., Терешко В.О.// Міжнародний науково-технічний журнал “Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах”.- Хмельницький, 2008. - № 2 - С. 116-121.
 5. Денисюк В.О. Аналіз етапів графічного конвеєру / Денисюк В.О., Боднар А.В., Ліщинський О.В.// Міжнародний науково-технічний журнал “Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах”.- Хмельницький, 2009. - № 2 - С. 230-235.
 6. Денисюк В. О. Основні етапи графічного конвеєру / Денисюк В. О., Нікітченко Т.П., Нікітченко Н.П. // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля, м.Луганськ, 2008. - №12(130). - Частина 2. - С.110-114.
 7. Петух А.М. Інтерполяція в задачах контурного формоутворення [Монографія] / Петух А.М., Обідник Д.Т., Романюк О.Н. - Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007.- 103 с.- ISBN 978-966-641-223-5.
 8. Петух А. М. Швидкодійні цифрові функціональні генератори графічних примітивів: монографія / А. М. Петух, В. О. Денисюк, Д. Т. Обідник. - Вінниця : ВНТУ, 2010. - 148 с. ISBN 978-966-641-343-0.