

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ
О.В. Романюк, О.П. Гончарук, Д.П. Присяжний, С.О. Бондарчук
Вінницький національний технічний університет

У роботі розглядаються особливості формування динамічних зображень у системах комп'ютерної графіки.

Висока інформативність комп'ютерної графіки призвела до її широкого використання в різних галузях діяльності людини. На сучасному етапі розвитку тривимірної графіки гостро ставиться питання про формування динамічних графічних зображень [1-4] у реальному часі та в інтерактивному режимі. Для таких режимів висуваються жорсткі вимоги до часу формування тривимірних графічних сцен.

При формуванні динамічних зображень ураховують, що зображення деякого об'єкта, що сприймається мозком із сітківки ока, не пропадає разом з об'єктом, а вгасає протягом деякого часу. Цю властивість називають інерційністю сітківки ока та використовують при формуванні динамічних сцен, коли зображення складається з кадрів, що змінюються один за одним. Кожний наступний кадр відрізняється від попереднього невеликою зміною положення в просторі об'єкта, що рухається. Якщо ця послідовність нерушливих кадрів проектується на екран із належною швидкістю, виникає відчуття руху. Так само, як і у випадку стробоскопічного руху, характер руху залежить від швидкості проектування. Якщо швидкість мала, видимі тільки миготіння, якщо занадто велика - всі кадри зливаються в пляму, що розпливається. Якщо ряд окремих кадрів демонструється з належною швидкістю, у нейронах, збуджених попереднім кадром, потенціали дії продовжують виникати й після того, як на екрані виник наступний кадр. А це значить, що зображення, відбите на кожному кадрі, «зливається» із зображеннями, відбитими на попередньому й наступному кадрах, що й робить враження безперервного руху. Зорова система інтегрує ряд послідовних образів, створюючи ілюзію безперервної візуальної сцени або події.

Плавне об'єднання кадрів досягається за рахунок близької подібності їхніх відмітних ознак і спільності змісту. Чим тісніше вони зв'язані між собою та чим більше структурна подібність сусідніх кадрів, тим вище їх «ідентичність», тобто тим легше зоровій системі об'єднати інформацію.

Сприйняття руху - це відображення зміни положення об'єктів у фізичному просторі. Сприйняття руху має дуже важливе біологічне значення. Рух - це прямий сигнал про зміну ситуації. В еволюції сприйняття руху сформувалося раніше сприйняття форми, величини, віддаленості. Свідченням цього є той факт, що наш периферичний зір відчутний тільки до руху та не сприймає форми, розмірів, кольорів.

Зір подає інформацію про рух двома способами: при фіксованому погляді та при простежуванні очей за об'єктом. У першому випадку очі залишаються відносно нерухливими, а переміщається й усе більше змінюється відображення предмета на сітківці. У другому випадку відображення на сітківці залишається відносно постійним, але переміщаються очі.

При формуванні динамічних зображень важливо досягти такої швидкості зміни кадрів за секунду (FPS - Frames Per Second), за якої досягається плавність рухів об'єктів на екрані та комфортність сприйняття зображення користувачем (при довготривалому перегляді не втомлюється зір). Комфортним уважаться таке сприйняття, що не відрізняється від звичайного сприйняття навколишнього середовища в природних умовах.

Біологічні істоти мають різні рівні сприйняття зміни зображення, це зумовлено їхніми природними потребами. Так, наприклад, для мух це 300 кадрів/с, а для восьминогів – 70 кадрів/с. Для черепахи достатньо 5-8 кадрів/с. Установлено, що військові льотчики реагують на процеси, що змінюються на екрані із частотою 220 кадрів/с. Це визначає максимальний поріг зміни кадрів для людини. Слід зазначити, що в переважній більшості випадків цей параметр майже в чотири рази менше.

На сьогодні, для різних потреб використовують різну кількість кадрів за секунду. Спочатку в кінематографі використовувалось 16 FPS, оскільки при значенні меншому 12 FPS, людина не сприймає зображення як неперервний рух. Із появою звукових доріжок у відео значення FPS збільшили до 24, тому, що 16 FPS було мало для якісного звуку. В телебаченні використовують 25 FPS, або 50 напівкадрів, оскільки це пов'язано із частотою електромережі. 25 FPS достатня частота для перегляду не інтерактивного зображення.

Швидкість переміщення об'єктів на екрані в телебаченні набагато нижча, ніж у комп'ютерних іграх. Фільми найчастіше знімають або статичною камерою, або камера рухається разом з об'єктом, який

знімають. Ще бувають сцени з рухомою камерою, але навіть у цих випадках швидкість її руху вкрай низька. Інерційність телевізійної техніки маскує низький показник кількості кадрів за секунду. Тобто, зображення в телебаченні, що рухається по екрану з великою швидкістю, немає чітких контурів. Подібне розмиття мозок людини сприймає як згладжування переходів між кадрами.

В іграх користувач рідко виступає в ролі глядача, а безпосередньо бере участь у сценах. В інтерактивних додатках моделюється ситуація в режимі реального часу. Комп'ютер обраховує зображення, користувач його спостерігає та вносить зміни, комп'ютер ураховує ці зміни та обраховує наступне зображення. Змінюючи ситуацію користувач очікує миттєвих змін на екрані, але введення даних та обрахунки займають певний проміжок часу, внаслідок чого з'являються затримки відображення зображення на екран.

Час формування динамічних графічних сцен визначається роздільною здатністю координатного простору [5], в якому формується графічне зображення. Роздільна здатність екранів еволюційно зростає, однак перевищення роздільної здатності 4000×4000 недоцільно, оскільки людський зір при цьому вже сприймає зображення як монолітне та нескінченно деталізоване. На жаль, для досягнення такої роздільної здатності для масового застосування необхідний тривалий час. Вважається, що екраном майбутнього буде плоска панель розміром від 17 до 20..24 дюймів з роздільною здатністю близько 3..4 тисяч точок по горизонталі і граничною фізичною частотою оновлення інформації близько 100 кадрів в секунду. Зазначені параметри можуть бути використані для визначення граничного часу формування точки зображення, що дорівнює 625×10^{-12} с.

До основних критеріїв оцінки комфортності зображення можна віднести:

- роздільну здатність;
- частоту кадрів;
- правильність передачі кольорів;
- високий контраст зображення;
- ефект змінного фокусування (залежно від того, які предмети спостерігаються, наші очі фокусуються по різному).

Частота кадрів відеозображення та комфортність сприйняття також залежать від [4]:

- фізичних умов обстановки (освітленості, контрастності, шумів і т.д.);
- спостерігача (різні люди мають різний поріг сприйняття);
- психічного стану спостерігача (у різних умовах спостерігачі можуть по різному сприймати відео);
- зображуваної сцени (наявність об'єктів, що швидко, чи мінливо змінюють свої параметри - розміри, форму, колір і т.д.);
- відстані спостерігача до екрана.

Людина краще помічає не властивості навколишнього середовища, а зміну цих властивостей, тобто динаміку процесу. Це характерна особливість будь-якої складної біологічної системи. Це ж стосується й зору. Зміни значень FPS діють гірше, ніж постійно низький FPS. При грі зі змінним FPS мозок не встигає адаптуватись до визначеного значення, як уже з'являється нове. Це призводить до погіршення сприйняття. Крім того, низька частота оновлення екрану сама по собі шкідлива для очей. Не варто забувати, що FPS – це не тільки частота показу нових кадрів, а й частота обрахування фізичної моделі руху об'єктів на ігровій сцені. Чим частіше ця модель буде оновлятися, тим більше вона буде схожа на реальну.

Залежно від інтерактивної взаємодії користувача із графічним додатком, значення FPS динамічно змінюється. При тестуванні відеокарт використовують три поняття:

- мінімальний FPS – найменша кількість кадрів за секунду, що генерується під час виконання додатку.
- середній FPS – саме поширене значення FPS, що генерується під час виконання додатку.
- максимальний FPS – найбільша кількість кадрів за секунду, що генерується під час виконання додатку.

Чим більше значення середнього FPS, тим реалістичнішою буде якість рухомого зображення. Для досягнення максимальної реалістичності та комфортності сприйняття, ці три значення повинні якнайменше відрізнятися один від одного.

Якщо у фільмі 24 кадри у секунду відтворюються через однакові проміжки часу, то в грі таке значення FPS залежить від складності спостережуваної сцени й багатьох інших параметрів. Чим ближче один до одного будуть значення мінімального й максимального FPS, тим краще, однак якщо FPS нижче частоти відновлення екрана, то буде спостерігатися ефект «роздвоєння» об'єктів, що рухаються відносно

спостерігача, що погіршує сприйняття. Наблизиться до плавності можна, досягнувши для гри постійного значення FPS і встановивши на таке ж значення частоту відновлення екрана, але якщо частота відновлення екрана низька, це буде шкідливо для очей.

Коли спостерігач дивиться на нерухомі об'єктах та при цьому не рухається, то для подачі зображення буде достатньо дуже малого FPS. Теоретично достатньо одного кадру на нескінченно довгий проміжок часу.

Розглянемо випадок [4], коли спостерігач знаходиться в нерухомому стані і є об'єкти, які переміщуються по сцені. Позначимо змінною R – відношення пікселів, що змінили своє значення в поточному кадрі N' , до загальної кількості пікселів N в зображенні попереднього кадру. Змінною J позначимо кількість сприйнятої відеоінформації за одиницю часу, тобто змінна J є коефіцієнтом, який визначається як кількість об'єктів та їх ознаки, які користувач може сприйняти за одиницю часу.

$$R = \frac{N'}{N}; 0 \leq R \leq 1$$

У цьому випадку чим більше змін буде виконуватись, тим вищою повинна бути частота. Для нерухомого користувача при великих значеннях коефіцієнту R сильно падає коефіцієнт J , що призводить до короткочасної відмови сприйняття. В цьому випадку можна суттєво знизити FPS до значень 30-50.

Промодельємо ситуацію коли спостерігач починає повертати голову зліва направо стоячи на місці. Це призведе до зміни всього зображення. Чим швидшим буде поворот, тим більшим має бути FPS відеозображення, що описує процес сприйняття спостерігача. При великих кутах швидкого повороту частота теоретично прямує до нескінченності. Однак є поріг сприйняття людиною графічної інформації. Середньостатистична людина при нормальних умовах не здатна помітити різницю між 100 і 200 FPS, тому вважається 100 FPS максимальною частотою сприйняття [4].

Проведений аналіз показав, що FPS є важливим параметром динамічного зображення, який залежить від багатьох факторів. Динамічні характеристики ігрових та інтерактивних застосувань повинні забезпечувати комфортність зображення/ При формуванні динамічного зображення важливо не лише забезпечити мінімальний рівень

комфортного сприйняття зображення, але й виключити можливі зміни FPS , які можуть призвести до втоми очей.

Література

1. Херн Д., Бейкер М. Компьютерная графика и стандарт OpenGL / Д. Херн, М. Бейкер. — М. : Издательский дом "Вильямс", 2005. — 1168 с.
2. Адамс Дж. Direct: продвинутая анимация / Дж. Адамс. — М. : Кудиц-образ, 2004. — 480 с.
3. Шикин Е. В. Компьютерная графика. Динамика, реалистические изображения / Е. В. Шикин. — М. : Диалог—МИФИ, 1997. — 288 с.
4. Комфортное восприятие видеоизображения. — [Электронный ресурс] Режим доступа: http://aap.usluga21.ru/articles/Increase_FPS.pdf.
5. Медведев А. Аппаратная графическая подсистема будущего [Электронный ресурс] / А. Медведев // ИВХТ — 2003. Режим доступа: <http://www.ixbt.com/video2/graph-future-2003.shtml>

Отримано 28.05.09