

Artykuł pochodzi z publikacji: *Projektowanie multimedialne*,
(Red.) M. Chrzęścik, Wyższa Szkoła Promocji, Mediów i Show Businessu, Warszawa 2016

Analiza procesu tworzenia animacji do utworu muzycznego

dr Marcin Chrzęścik

Wydział Nauk Ekonomicznych i Prawnych
Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach

Tomasz Lisiecki

Wyższa Szkoła Promocji, Mediów i Show Businessu

Abstrakt

Niniejsza publikacja dotyczy analizy stosowania animacji w procesie tworzenia utworu muzycznego. Została w nim scharakteryzowana specyfika produkcji animacji do utworów muzycznych, a także przeprowadzono analizę konkretnych przypadków animacji, które stworzono do utworów muzycznych, dokonano ich porównania i wyciągnięto wnioski.

Słowa kluczowe: animacja, wideoklip, utwór muzyczny

Abstract

This publication concerns the analysis of the use of animation in the process of creating a musical composition. The specifics of animation production for musical works were characterized in it, as well as

analysis of specific cases of animation that were created for musical compositions, were compared and conclusions drawn.

Keywords: animation, video clip, music track

Wstęp

Od momentu rozpowszechniania się ruchomych obrazów, zwłaszcza za pośrednictwem telewizji, w kulturze wizualnej są obecne teledyski wykorzystywane, jako środek przekazu oraz sposób dotarcia do widzów. Do ich tworzenia, stosowano różne techniki, począwszy od animacji tradycyjnej, poprzez skomplikowane formaty łączące elementy sztuki filmowej, jak i sztuki plastycznej, nazywane niekiedy kinoplastyką bądź ożywioną plastyką.

Powstanie i rozwój technologii cyfrowej (komputerów) również wywarło swój wpływ na powstawanie i tworzenie teledysków. Ta nowa forma łączenia obrazów i muzyki już od wczesnych lat swojego istnienia inspirowała twórców. Dążyli oni nie tylko do wykorzystania nowego sposobu łączności z odbiorcami, ale także do eksperymentowania z nowymi formami pracy twórczej.

Wykorzystywanie różnych sposobów i form animacji pozwala na komponowanie interesujących utworów nie tylko specjalistom. Różnorodność koncepcji i sposobów tworzenia animacji powoduje, iż teledyski te mogą tworzyć nawet osoby, które nie są szkolonymi operatorami, czy rysownikami. W obecnych czasach najważniejszy jest pomysł na klip oraz dysponowanie ścieżką dźwiękową, która będzie na tyle interesująca i wpadać w ucho, że twórca zdobędzie wiernych odbiorców.

Dopiero chęć tworzenia dłuższych, skomplikowanych animacji łączących różne formy i sposoby animacji wymaga od twórców posiadania odpowiedniej wiedzy, umiejętności oraz finansów.

1. Instrumenty wykorzystywane w produkcji filmu animowanego

W powstawaniu filmu animowanego należy zwrócić uwagę na problem czasu, a właściwie jego kontroli. Filmy o konkretnym czasie trwania przekładają się na konkretną liczbę klatek, a to z kolei wpływa-

dza ograniczenia możliwości rysowania konkretnych faz ruchu tak, aby sprawiał on wrażenie ciągłego. Zadanie planowania klatek kluczowych wiąże się ściśle z rozwojem akcji oraz dotyczącym jej upływem czasu. Jest to jedno z najtrudniejszych zadań głównych animatora. Problem komplikuje fakt, iż poszczególnych etapów akcji, poszczególnych faz ruchu zazwyczaj nie da się opisać prostymi zależnościami liniowymi. Rzecz, która jest zawsze stała w filmach animowanych to odstęp czasu między poszczególnymi klatkami zaś zawartość klatek powinna zostać dopasowana do upływu czasu. W najprostszym przykładzie animacji odbijającej się piłeczki, jej położenia w określonych momentach określają prawa fizyki. Nieuwzględnienie ich powoduje nienaturalny ruch, co na pewno zostanie zauważą odbiorcy. W celach rozwiązania tych problemów, w metodzie klatek kluczowych wykorzystywane są tak zwane krzywe (linie lub ścieżki) ruchu, określające położenie obiektu w konkretnym momencie. Współczesne programy animacyjne wspomagają realizację klatkami kluczowymi umożliwiając dowolne, nieliniowe manipulowanie krzywą ruchu, a tym samym położeniem obiektu w danym momencie¹.

Animacja proceduralna umożliwia opisanie zależnościami funkcyjnymi zmiany kształtów lub położenia. Wykorzystywana jest w tym celu kinematyka (prosta i odwrotna) bądź metoda deformacji swobodnych. Ruch złożonych postaci lub mechanizmów wymaga opisanie zależności pomiędzy poszczególnymi segmentami obiektu – powiązania „stawami” segmentów. Przykładowo do animacji ręki wymagane jest połączenie ruchów ramienia, przedramienia, dłoni oraz palców. Połączenie segmentów tworzy łańcuch kinematyczny ze skończoną liczbą ogniw. Jest to łączenie hierarchiczne to znaczy dla każdego segmentu da się wyróżnić segment podrzędny i nadrzędny w łańcuchu. Warto przy tym zwrócić uwagę na sposób wydzielenia segmentów. W przypadku postaci zwierzęcych czy ludzkich znana jest ich budowa anatomiczna a zatem na tej podstawie buduje się łańcuch kinematyczny. Podobnie postępuje się przy obiektach mechanicznych o znanej konstrukcji. Z kolei dla postaci fantastycznych bądź innych nieznanymi obiektów należy przeprowadzić modelowanie szkieletu – wydzielenie segmentów oraz opracowanie zależności mechanicznych zachodzących pomiędzy nimi². Dla każdego połączenia (stawu) należy

¹ Tamże.

² D. Sawicki, *Dążenie do realizmu*, http://wazniak.mimuw.edu.pl/index.php?title=GKIW_Modu%C5%82_10, data dostępu 12.06.2017

zdefiniować stopnie swobody segmentów. Stopnie swobody określają liczbę prostych ruchów możliwych do wykonania. Na przykład ciało swobodne ma 6 stopni swobody w układzie kartezjańskim (trzy translacje i trzy obroty)³.

Kinematyka prosta (ang. forward kinematic) opisuje zależności zachodzące w łańcuchu kinematycznym od segmentu nadrzędnego do podrzędnego. Z kolei kinematyka odwrotna (ang. inverse kinematic) opisuje zależności w łańcuchu kinematycznym od segmentu podrzędnego do nadrzędnego. W tym przypadku można rozpocząć analizę od docelowego położenia ostatniego (najbardziej podrzędnego w hierarchii) segmentu a na tej podstawie wyznaczyć położenie segmentów pozostałych – na przykład szuka się położenia ramienia i przedramienia, w celu zapewnienia położenia dłoni oraz palców w konkretnym punkcie⁴.

Animacja komputerowa to połączenie zaprogramowanego ruchu oraz grafiki wektorowej. Punkt wyjścia do stworzenia animacji najczęściej stanowi szkielet figurki, który w każdym ważniejszym punkcie (usta, kończyny, itd.) definiowany jest przy użyciu tzw. Avars (ang. animation variables, zmienne animacyjne). Przykładowo Woody, jeden z bohaterów filmu Toy Story został opisany za pomocą 700 zmiennych animacyjnych, z których 100 jest umiejscowionych na jego twarzy. Poszczególne zestawy zmiennych zajmują się kontrolą poruszania się postaci od jednej klatki filmu do kolejnej. Kiedy szkielet postaci porusza się w zadowalający twórcę sposób, zmienne przenoszone są na model siatkowy postaci, składający się z wielokątów. Na końcu do modelu dodaje się powierzchnie, zaś po długim procesie renderingu zbudowana jest scena⁵.

W celu otrzymania realistycznego wrażenia ruchu wykorzystać można kilka metod ustalania zmiennych „Avar”. Metoda śledzenia ruchu wykorzystuje umieszczone na żywym modelu czujniki lub światła. Aktor odgrywa scenę w trakcie, której obserwowany jest poprzez kamerę. „Avary” mogą być też dodawane za pomocą joysticków, lub innych urządzeń do wprowadzania danych. Z kolei w animacji „Toy

³ Zob. także, *Parametry opisujące manipulatory i roboty*, <http://www.robotyka.com/teoria.php/teoria.10>, data dostępu 12.06.2017

⁴ P. Steć, *Animacja komputerowa*, <http://www.uz.zgora.pl/~pstec/files/animacja>, data dostępu 24.09.2015

⁵ J. Dziubiński, *Animacje i filmy*, <http://grafik.zsp6tom.pl/index.php/animacje-i-filmy>, data dostępu 24.09.2015

Story” nie wykorzystywano metody śledzenia ruchu, prawdopodobnie z tego powodu, iż tylko wprawny animator był w stanie oddać skomplikowane ruchy, niemożliwe do odegrania poprzez żywych aktorów⁶.

Animację komputerową można stworzyć za pomocą komputerów wyposażonych w odpowiednie oprogramowanie takie jak np.: Amorphium, Art of Illusion, Maya, Poser, Ray Dream Studio, Bryce, Lightwave, Blender, TrueSpace, SOFTIMAGE|XSI, 3D Studio Max, Houdini i Adobe Flash (animacje 2D). Ich ceny są różne się w zależności od sugerowanego odbiorcy danego programu. Spektakularne efekty mogą zostać osiągnięte także przy użyciu podstawowych programów, jednakże proces renderowania sceny mogą się wówczas wydłużyć, jeżeli do animacji wykorzystany zostanie zwykły komputer domowy. Dlatego też projektanci grafiki w grach komputerowych wybierają raczej prostsze animacje, oparte o mniejszą ilość wieloboków, aby nawet komputery domowe mogły renderować zaprojektowane animacje w czasie rzeczywistym. Animacja o jakości fotorealistycznej byłaby w takich kontekstach rozwiązaniem niepraktycznym⁷.

2. Charakterystyka stosowanych rozwiązań w produkcji filmu animowanego

Trudności w wiarygodnym pokazywaniu ruchu postaci twórcy filmowi znają już od początku historii filmu animowanego. Widzowi znacznie łatwiej przychodzi zaakceptowanie umowności rysunku bądź braku szczegółów niż, np. nienaturalne poruszanie ręką – poruszanie niezgodne z ludzkim wyobrażeniem. Naturalny pomysł rozwiązania tego problemu wiązał się z wzorowaniem ruchów animowanych postaci na rzeczywistych ruchach ludzi. W tych celach zatrudniano modeli zastygających w pozach (często niewygodnych), które odpowiadały klatkom kluczowym. Jeżeli nie było to możliwe, animatorzy musieli wykonać perfekcyjne rysunki na podstawie wyobrażenia postaci. Pierwszą metodą ułatwiającą to zadanie była rotoskopia⁸. Technika ta polegała na filmowaniu aktorów wykonujących sekwencję ruchu, a następnie wykonywaniu rysunków w oparciu o zdjęcia poklatkowe

⁶ Tamże.

⁷ <http://www.ezst-tarnow.pl/~ciemar/podstrony/animacje.html>, data dostępu 12.06.2017

⁸ M. Olkuśnik, E. Wójcik, *Popularna encyklopedia powszechna - Tom 10*, Oficyna wyd. Forga, Warszawa 2001, s. 88

takiego filmu. Pierwszy znany film, w którym wykorzystano rotoskopię to Królewna Śnieżka Walta Disneya. Metodę nadal wykorzystuje się współcześnie.

W latach 80-tych XX wieku na Simon Fraser University podjęte zostały badania nad automatycznym przechwytywaniem ruchów postaci (motion capture). W technice filmowej w celach komercyjnych metoda ta została po raz pierwszy zastosowana w roku 1984. Była to 30 sekundowa reklamówka - „Sexy robot” (“Brilliance”) - firmy National Canned Food Information Council⁹. Od tego czasu większość filmów, które wymagają efektów specjalnych, oraz gier komputerowych, realizuje się z wykorzystaniem techniki przechwytywania ruchu (motion capture).

Najprostsze rozwiązanie to system elektromechaniczny. Aktorzy zakładają stroje (egzoszkielety) w formie sztywnego stelażu. Egzoszkielety zawierają zestawy czujników, które pozwalają na monitorowanie wzajemnego położenia pomiędzy jego elementami. Analiza tych położenia pomiędzy elementami egzoszkieletu umożliwia, w czasie rzeczywistym, określanie i rejestrowanie położenia ciała aktorów. System elektromechaniczny to najmniej dokładne rozwiązanie spośród znanych sposobów przechwytywania ruchu. Wadę tego systemu stanowi też konieczność używania niewygodnego egzoszkieletu. Jest to jednakże praktycznie najtańsze rozwiązanie, co z kolei jest jego główną zaletą. Ponadto jest to rozwiązanie, które nie wymaga rozstawiania zestawu czujników zewnętrznych, tak jak w przypadku systemów optycznych¹⁰.

Systemy elektromagnetyczne¹¹ (magnetyczne) wykorzystują rejestrację zmian strumienia magnetycznego wywołaną zmianą wzajemnego położenia czujników (nadajników i odbiorników). Aktorzy zakładają stroje z zestawami czujników połączonych kablami (najczęściej) z komputerami. Systemy zwykle zawierają stosunkowo małą liczbę czujników (kilkanaście). Dokładność pomiaru położenia jest lepsza niż systemów mechanicznych, lecz gorsza niż optycznych. Analiza położenia jest jednak szybsza niż systemów optycznych. Wśród podstawowo-

⁹ T. Sito, *Moving Innovation, The early days of computer animation*, <http://www.movingimagesource.us/articles/moving-innovation-20131114>, data dostępu 24.09.2015

¹⁰ D. Sawicki, *Dążenie do realizmu*, http://wazniak.mimuw.edu.pl/index.php?title=GKIW_Modu%C5%82_10, data dostępu 24.09.2015

¹¹ Zob. także, *Technika Motion Capture*, <http://grafikakomputerowadlakazdego.blogspot.com/2012/10/technika-motion-capture.html>, data dostępu 24.09.2015

wych wad systemu elektromagnetycznego wymienia się wrażliwość na zakłócenia zewnętrzne – na zewnętrzne pole magnetyczne. Systemy optyczne opierają się na analizie położenia punktu (markera) na podstawie kilku niezależnych rzutów tego punktu. Na strojach aktorów umieszczane są zestawy od kilkunastu do kilkudziesięciu markerów. Kamery rozmieszczone wokół sceny rejestrują obraz aktorów i markerów. W zależności od liczby aktorów na scenie stosowane jest od kilku do kilkudziesięciu kamer. Kamery powinny objąć całą przestrzeń sceny oraz dawać możliwość rejestracji markerów również przy wzajemnym zasłanianiu się aktorów. W oparciu o rzuty markera komputer wyznacza jego położenie w przestrzeni¹².

System optyczny to najdroższe ze znanych rozwiązań przechwytywania ruchu. Daje jednak możliwość najbardziej dokładnego pomiaru położenia (rzędu ułamków milimetra). Stroje z markerami optycznymi to najmniej kłopotliwe rozwiązania dla aktorów wśród wszystkich systemów przechwytywania ruchu. Wyróżnić można systemy optyczne aktywne i pasywne. W systemach pasywnych markery odbijają światło we wszystkich kierunkach – a zwłaszcza w kierunku źródła (odbicie powrotne – retroreflection). Markery to punkty pokryte farbą bądź tworzywem o odpowiednich właściwościach odbijających. W pierwszych systemach optycznych wykorzystywane były piłeczki pingpongowe. Z kolei w systemach aktywnych markery emitują światło. Zazwyczaj stosowane są diody elektroluminescencyjne, które emitują promieniowanie podczerwone. W celach ułatwienia analizy przy dużej liczbie czujników, często każdy z nich emituje impulsy (błyski) z inną częstotliwością¹³.

Pomimo niepodważalnych zalet stosowania systemów przechwytywania ruchu w kreowaniu realistycznie poruszających się wirtualnych postaci należy wspomnieć o ich wadach. Zazwyczaj ich stosowanie wiąże się z koniecznością stosowania bardzo specjalistycznego sprzętu oraz oprogramowania. A to skutkuje znacznym wzrostem kosztów, które mogą utrudniać powstawanie małych, niskobudżetowych produkcji. Pojawiają się problemy skalowania postaci – wymiary wirtualnych postaci, zwłaszcza fantastycznych, nie zawsze odpowiadają budowie ciała aktorów, co wymaga dodatkowego przetwarzania ścieżek ruchu.

¹² http://smurf.mimuw.edu.pl/external_slides/Dazenie_do_realizmu/Dazenie_do_realizmu.html, data dostępu 24.09.2015

¹³ *Systemy przechwytywania ruchu*, <http://brasil.cel.agh.edu.pl/~12sustrojny/systemy-przechwytywania-ruchu/>, data dostępu 12.06.2017

Podobne problemy występuje w przypadku scenariuszy przewidującego ruchy niezgodne z fizyką bądź niezgodne z wyobrażeniami – co często pojawia się w filmach animowanych¹⁴.

Proces kreowania pojedynczej klatki w zasadzie nie odbiega zbyt- nio od standardowego procesu powstawania obrazów w grafice komputerowej. Warto natomiast zwrócić uwagę na modelowanie obiektów na scenie filmu animowanego. Modeluje się te obiekty, które są widoczne. Pod uwagę bierze się jest przy tym nie tylko daną scenę, ale cały film, bądź przynajmniej pewną sekwencję klatek. Dlatego też potrzebne są ich pełne modele¹⁵.

Przy modelowaniu obiektów filmu konieczne jest przeanalizowanie całego scenopisu oraz określenie, jakie obiekty oraz w jakim zakresie należy w konkretnej scenie zamodelować. Uwzględnianie zjawisk fizycznych w zachowaniu się obiektów na scenie pozwala na uzyskanie realizmu odbieranej animacji. Nawet w najlepszy sposób zaprojektowane szczegóły postaci nie dadzą gwarancji poprawnego odbioru, jeżeli zachowanie się postaci będzie różnić się od oczekiwań widzów. Z drugiej strony odbiór tradycyjnych filmów animowanych pokazuje, iż są oni skłonni zaakceptować nawet bardzo duży poziom uproszczeń szczegółów i umowności postaci, jeśli będą one poruszały się w naturalny sposób¹⁶.

Ponieważ opisy zgodne z prawami fizyki są bardzo złożone stosowane są metody upraszczające obliczenia. Przykład stanowi opis ruchu układu mechanicznego będący układem liniowych równań różniczkowych stopnia drugiego. Do rozwiązania wykorzystywana jest metoda wektorów stanu sprowadzająca równania do rzędu pierwszego, bądź metoda różnic skończonych pozwalająca sprowadzić układ równań różniczkowych do układu równań nieliniowych. Zachowanie się obiektów zależy od ich typu. Wyróżnić można modelowanie obiektów deformalnych oraz modelowanie obiektów sztywnych przegubowych¹⁷.

Obiekty sztywne przegubowe modelowane są w postaci zestawu prostych sztywnych elementów połączonych ze sobą złączami mechanicznymi o zadanym zestawie stopni swobody. Dla obiektów

¹⁴ D. Sawicki, *Dążenie do realizmu*, http://wazniak.mimuw.edu.pl/index.php?title=GKIW_Modul%C5%82_10, data dostępu 12.06.2017

¹⁵ Tamże.

¹⁶ http://smurf.mimuw.edu.pl/external_slides/Dazenie_do_realizmu/Dazenie_do_realizmu.html, data dostępu 12.06.2017

¹⁷ Tamże.

deformowalnych takie zjawiska jak plastyczność, sprężystość, lepkość, topnienie, zrywanie itd opisywane są odpowiednimi równaniami. Symulacja kolizji to jeden z ważniejszych problemów, które pojawiają się w filmach animowanych i grach komputerowych. Rozwiązanie tego problemu wiąże się z rozstrzygnięciem kilku zagadnień. Najważniejsze z nich to wykrycie kolizji. Stosuje się metodę brył ograniczających, wykrycie przecięcia sfera – sfera jest równie łatwe jak prosta – sfera. Od rodzaju powierzchni (odkształcalne, sztywne) zależy geometria kolizji – odkształcenia obiektów. Od rodzaju powierzchni zależą też efekty kolizji¹⁸.

Zastosowanie właściwego modelu fizycznego opisu zjawiska pozwala na uzyskanie wrażenia zgodnego z wyobrażeniem i oczekiwaniem widzów. W modelowaniu postaci wykorzystywane są modele mieszane. Sztywne szkielety jako typowe modele obiektu sztywnego przegubowego. Szkielety są otoczone warstwą deformowalną. Deformacja powierzchni tej warstwy zależy zarówno od struktury szkieletu i jego odkształcenia jak i bieżącego stanu warstwy deformowalnej. Kinematykę odwrotną stosuje się do opisu ruchu kończyn. Zestaw składowych jednej postaci zazwyczaj jest modelowany w postaci hierarchicznej¹⁹.

Animację twarzy traktuje się jako odrębne zagadnienie ze względu na złożoność problemu i ze względu na fakt, iż ludzie szybciej identyfikują twarze na obrazie. Kinematyka odwrotna lub prosta pozwala na opisanie zależności ruchowych w łańcuchu kinematycznym. Jednak żeby było to możliwe należy taki łańcuch zdefiniować. Dla postaci tworzone są szkielety łączące poszczególne segmenty (kości – dlatego też metodę nazywa się też modelowaniem opartym na systemie kostnym). Dla układu kostnego szkieletu buduje się hierarchię połączeń pomiędzy poszczególnymi segmentami. Szkielet nie jest rysowany jednakże na podstawie jego kształtu (układu jego segmentów) rysuje się zewnętrzną powierzchnię postaci. Kształt takiej powierzchni zazwyczaj opisuje odpowiednia siatka. Zatem aby ruch kości przekładał się na ruch na przykład kończyn, to położenie segmentów szkieletu powinno zostać powiązane z siatką powierzchni postaci. Każdy z wymienionych sposo-

¹⁸ Zob. także, J. Jakubiak, R. Muszyński (red.), *NARZĘDZIA KOMPUTEROWE W ROBOTYCE Modelowanie kinematyki i dynamiki Projekt przejściowy 2011/12 specjalności Robotyka na Wydziale Elektroniki*, Politechnika Wroclawska 2012, s. 19-23

¹⁹ D. Sawicki, *Dążenie do realizmu*, http://wazniak.mimuw.edu.pl/index.php?title=GKIW_Modul_C5%82_10, data dostępu 12.06.2017

bów modelowania twarzy pozwala na uzyskanie poprawnych efektów. Zależnie jednak od potrzeb uzyskania właściwego poziomu szczegółowości wybrane modele okazują się być bardziej lub mniej przydatne. Wydaje się, iż najlepsze rozwiązanie stanowiłby model anatomiczny opisujący budowę głowy w sposób jak najbardziej zbliżony do rzeczywistości. Uwzględnienie właściwości fizycznych skóry i poszczególnych warstw mięśni oraz ich wzajemnych powiązań w efekcie końcowym powinno dać rysunki, które odpowiadają rzeczywistości. Modele takie są jednak bardzo skomplikowane i manipulacja nimi w celach uzyskania oczekiwanej mimiki twarzy staje się pracochłonna i niezwykle trudna, a co z tym wiąże także kosztowna. Odwzorowanie kształtu samej powierzchni twarzy z zastosowaniem systemów przechwytywania ruchu także może dać równie dobre, a równocześnie szybsze efekty. Przechwytywanie ruchu nie jest w ogóle związane z budową anatomiczną natomiast wymaga odpowiedniego „zagrania” sceny poprzez aktora, którego twarz jest odwzorowywana²⁰.

Systemy przechwytywania ruchu można stosować także do rejestracji mimiki twarzy (facial mocap). Jednakże wymaga to o wiele większej precyzji niżeli w zwykłych zastosowaniach. Wykorzystywane są systemy optyczne pasywne. Nie wymagają one zasilania tak jak systemy aktywne, wystarczy umieszczenie od kilkunastu do kilkudziesięciu markerów (punktów odbijających światło) na twarzy aktora. Odpowiedni zestaw kamer pozwala wyznaczyć położenie każdego markera (punktu twarzy) z dokładnością do ułamków milimetra. Są to najdroższe systemy do przechwytywania ruchu, ale pozwalają najszybciej wykreować realistyczne wirtualne postacie i ich twarze. Systemów przechwytywania mimiki twarzy nie stosuje się do rejestracji ruchów języka oraz gałek ocznych i powiek²¹.

Siatkę opracowaną w oparciu o dane pozyskane z systemu przechwytywania poddaje się dalszej obróbce: uzupełniane są punkty, które odpowiadają powiekom oraz ewentualnie językowi. Dodawane są siatki zębów i gałek ocznych, które w ogóle nie podlegają przechwytywaniu. Równocześnie można wpłynąć na kształt twarzy przez dodatkowe odkształcenie siatki. Nawet tak skomplikowane elementy

²⁰ Zob. także, J. Haber, D. Terzopoulos, *Facial Modeling and Animation*, SIGGRAPH 2004 Course Notes

²¹ http://smurf.mimuw.edu.pl/external_slides/Dazenie_do_realizmu/Dazenie_do_realizmu.html, data dostępu 12.06.2017

jak ludzkie twarze można „dorysować” wykorzystując grafikę komputerową. Rysowanie realistycznej ludzkiej twarzy to jedno z najtrudniejszych zadań. Widzowie, od dzieciństwa obcuja z widokiem twarzy i nawet najdrobniejsze błędy – niezgodności z oczekiwaniem zostaną natychmiast zauważone. Model wykorzystywany w filmie *Matrix* oparto się na siatce trójkątów (około 10 milionów) uzyskanej na podstawie trójwymiarowego skanowania twarzy aktora. Model składał się z dwóch warstw – warstwy geometrii (kształtu) o małej rozdzielczości oraz warstwy o dużej rozdzielczości opisującej właściwości odbiciowe powierzchni skóry. W oparciu o zdjęcia z 30 kamer umieszczonych wokół głowy aktora zbudowany został analityczny model BRDF opisujący odbicie dla każdego trójkąta siatki. Wykorzystano przy tym mapowanie przesunięć (ang. displacement mapping) dla większych szczegółów i mapowanie nierówności (ang. bump mapping) dla mniejszych szczegółów²².

W przypadku animacji trójwymiarowych konieczny jest rendering wszystkich klatek po zakończeniu modelowania. W pracach nad dwuwymiarowymi animacjami wektorowymi, proces renderingu jest tożsamy ze stworzeniem każdej klatki kluczowej, zaś klatki pośrednie są renderowane w razie potrzeb. W przypadku prezentacji, które są przeznaczone do późniejszego odtworzenia, wyrenderowane klatki przenosi się do postaci filmu cyfrowego, bądź na medium zewnętrzne (na przykład film). Poszczególne klatki można też renderować w czasie rzeczywistym, podczas przeprowadzania prezentacji materiału wideo. Animacje przesyłane poprzez Internet i zadowolające się niską przepustowością łącza (X3D, animacje dwuwymiarowe Flash) często korzystają z oprogramowania zainstalowanego na komputerze klienta renderującego materiał w czasie rzeczywistym, co stanowi przeciwagę dla materiału przygotowanego wcześniej oraz przesyłanego strumieniowo poprzez łącza z dużą szybkością²³.

3. Metody udźwiękowanie filmu animowanego

Podczas tworzenia animacji do utworów muzycznych istotną kwestię stanowi synchronizacja obrazu i dźwięku. Wielu twórców

²² Tamże.

²³ <http://www.ezst-tarnow.pl/~ciemar/podstrony/animacje.html>, data dostępu 12.06.2017

synchronizuje obraz z dźwiękiem wyjątkowo czasochłonną metodą prób i błędów. Rezultat często jest jak najbardziej udany, trzeba jednak pamiętać o istnieniu metod bardziej efektywnych opierających się na obliczeniach matematycznych. Kiedy muzyka jest gotowa. Wówczas należy samemu obliczyć FPS, tak żeby klatki filmu odpowiadały podziałom rytmicznym. Najpierw należy dokładnie przeanalizować rytm występujący w konkretnym utworze muzycznym. Proponuję rozwiązania mogą dotyczyć podziału muzyki na logiczne fragmenty (np. zwrotki w przypadku piosenek). Będzie to potrzebne, w celach wyodrębnienia taktów muzycznych również w filmie. Ponadto w muzyce mogą wystąpić zmiany rytmu oraz tempa, które powinny zostać uwzględnione w animacji. Sprawa będzie prosta, kiedy muzyka wykonano za pomocą komputera, bowiem wówczas tempo powinno być niezmiennie. Kiedy muzykę wykonują ludzie - wówczas drobne zachwiania tempa są nieuniknione. Wystarczy 1% zmiana tempa, żeby rozbieżność pomiędzy dźwiękiem a obrazem wyniosła nawet sekundę. Należy, zatem zmierzyć czas trwania, zaś następnie tempo utworu w każdym z jego fragmentów. Tempo utworu wyrażone w BPM wynika z następującego wzoru²⁴:

$$\text{BPM} = \text{B} / \text{czas}$$

BPM - ang. Beats Per Minute, ilość uderzeń na minutę

B - ilość uderzeń

czas - długość fragmentu mierzona w minutach

Aby łatwiej było dokonać obliczeń, można wyrazić ten wzór w bardziej praktycznej formie²⁵:

$$\text{BPM} = \text{takty} \times \text{metrum} / (\text{czas} / 60)$$

takty - ilość taktów

metrum - ilość uderzeń na takt

czas - długość fragmentu mierzona w sekundach

²⁴ *Matematyczna synchronizacja obrazu z dźwiękiem w filmie animowanym*, <http://synestezja.pl/teoria/synchronizacja/>, data dostępu 12.06.2017

²⁵ Tamże.

Obliczenie FPS przy zadanym BPM można wykonać za pomocą poniższego wzoru:

$$\mathbf{FPS = BPM \times TPB / 60}$$

FPS - ang. Frames Per Second, ilość klatek na sekundę

TPB - ang. Ticks Per Beat, ilość najmniejszych jednostek rytmicznych na jedno uderzenie

Dobrze byłoby zweryfikować czy obliczenia są prawidłowe. W tym celu przydatne jest przygotowanie prostej animację. Może być to jedna biała klatka na początku każdego z taktów zapętłona wielokrotnie poprzez całość utworu muzycznego. Kiedy mruganie białych kadrów będzie pasować do rytmu muzycznego, to znaczy, iż się udało²⁶.

Po wykonaniu serii filmów dla każdego fragmentu muzyki z osobna pojawia się potrzeba, żeby zmontować z tego cały film oraz połączyć go z dźwiękiem. Oczywistym jest, iż film powinien posiadać stałe FPS więc należałoby ujednoczyć je we wszystkich fragmentach. Należy przy tym zachować dotychczasowe czasy trwania każdego z nich. Zatem nie wystarczy po prostu zmiana FPS. Konieczna jest interpolacja klatek tak żeby przedziały czasowe nie uległy zmianie. Dobrze jest również, kiedy docelowe FPS jest dosyć duże wówczas ewentualne różnice w długości klatek powodowane interpolacją są mniejsze. Oczywiście - FPS powinno być również zgodne ze standardami. Przykładowo w systemie PAL stosuje się 25FPS, co w przypadku około 12FPS w oryginalnej animacji daje bardzo dobre rezultaty²⁷.

W celach nabrania ludzkiego oka i mózgu na iluzję gładko poruszających się obiektów, kolejne klatki animacji (kompletne obrazy) powinny się pojawiać z częstotliwością przynajmniej 12 razy na sekundę. Jeżeli zmiany będą następować szybciej, niżeli 70 razy na sekundę, widzowie nie odczuwają zwiększonego realizmu, bądź gładkości animacji, co wiąże się ze specyfiką przetwarzania obrazu poprzez mózg i oczy. Kiedy częstotliwość pojawiania się nowych klatek spadnie poniżej 12 razy na sekundę, większość obserwatorów będzie odczuwać „rwanie”

²⁶ Tamże.

²⁷ Tamże.

się animacji oraz zauważy proces pojawiania się kolejnych klatek, co zepsuje iluzję realistycznie płynnego ruchu²⁸.

Tradycyjnie animowane kreskówki w ciągu sekundy podają widzom 15 nowych klatek obrazu, aby możliwa była oszczędność w ilości niezbędnych do wykonania rysunków. Takie rozwiązanie jest jednak najczęściej do zaakceptowania, ze względu na samą naturę filmów rysunkowych. Przez fakt, iż animacja komputerowa przedstawia widzom o wiele bardziej realistyczne efekty, w celach osiągnięcia zamierzonego efektu płynności wymagana jest większa ilość klatek przedstawianych w ciągu sekundy²⁹.

Przyczyną tego, iż oko ludzkie nie odczuwa „rwania się” animacji przy wyższych częstotliwościach odświeżania obrazu znajduje się w efekcie powidoku. Od czasu do czasu oko pracujące razem z mózgiem przechowuje obserwowane obrazy poprzez ułamek sekundy oraz automatycznie wygładza pomniejszych przeskoki. Filmy wyświetlane w kinach zazwyczaj w czasie sekundy prezentują 24 klatki, co stanowi ilość absolutnie wystarczającą do stworzenia złudzenia ciągłego ruchu. Wiele osób daje się „nabrać” na efekt poruszania się obrazów właśnie ze względu na dużą szybkość ich prezentacji³⁰.

Profesjonalni animatorzy sekwencji filmowych, które są wykorzystywane w grach tworzą animacje fotorealistyczne mające dużą szczegółowość. W warunkach domowych wyrenderowanie sekwencji nasyconej do takiego stopnia szczegółami mogłoby zająć już nie dziesiątki, ale nawet setki lat. Dlatego w pracach tego typu wykorzystuje się stacje robocze, które są wyposażone w większą liczbę procesorów, co znacznie zwiększa ich moc, ich konstrukcja także odzwierciedla specjalistyczne zastosowania tworzenia grafiki. Istnieją też zestawy stacji roboczych, tzw. „farmy”, które połączone w sieć działają jak jeden potężny komputer. Efekt takich działań stanowi możliwość wyrenderowania filmu w okresie od jednego roku do 5 lat przy czym nie cały ten czas poświęca się na renderowanie kolejnych klatek. Oprogramowanie Renderman firmy Pixar na dobre zadomowiło się w świecie scen renderowanych na potrzeby przemysłu filmowego, konkurując z rozwiązaniem Mental Ray. Profesjonalni twórcy filmów animowa-

²⁸ D. Trawicki, *Interfejsy i multimedia w technice Wykład Dźwięk cyfrowy, animacja, wideofonia*, http://www.ely.pg.gda.pl/opt/materialy/multim/multim_wyk4.pdf, data dostępu 12.06.2017

²⁹ Tamże.

³⁰ J. Dziubiński, *Animacje i filmy*, <http://grafik.zsp6tom.pl/index.php/animacje-i-filmy>, data dostępu 12.06.2017

nych komputerowo w swojej pracy posługują się takimi zdobyczami techniki, jak kamery, urządzenia performance capture i motion capture, oprogramowanie do edycji materiału wideo, niebieskie ekrany, rekwiizyty oraz inne narzędzia właściwe animacjom kinowym³¹.

4. Podsumowanie

W obecnych czasach, dzięki licznym serwisom wideo wszyscy mogą zamieszczać w sieci swoje klipy. Zaś ich przygotowanie wymaga dziś znacznie mniej czasu oraz pieniędzy niż kiedyś. Coraz bardziej, niżeli profesjonalne wykonanie, ważność zyskuje też dobry koncept na to, w jaki sposób jak w czasie zaledwie kilku minut opowiedzieć interesującą odbiorców historię.

Według Sebastiana Hubnera z portalu MySpace - Można zaobserwować taką prawidłowość, że teledyski wykonawców alternatywnych mają nieco lepszą jakość. Nie tyle samego obrazu, co fabuły i pomysłu na klip. Wykonawcy mainstreamowi raczej idą na łatwiznę. Większa ilość pieniędzy nie gwarantuje przecież dobrej fabuły³².

Można też zakładać, iż coraz częściej w kręceniu wideoklipów pomocna technologia 3D, ale jak pokazują przykłady, jak na razie, to, w jaki sposób zostanie ona wykorzystana i czy z korzyścią dla odbiorców często zależy od zysków, jakie przyniesie.

Współcześnie zmianie ulega rola teledysków, ich moc przekazu. Kiedyś wykorzystywano je do promocji muzyki, pełniły funkcję reklamy. Dzisiaj należy ona na przykład do internetowych banerów, zaś klipy stają się częścią samej sztuki. Często zdarza się tak, iż teledyski oraz muzyka stanowią organiczną, nierozzerwalną całość³³.

Bibliografia

1. *Dobry pomysł to sposób na udany teledysk*, <http://www.polskieradio.pl/10/485/Artykul/684359,Dobry-pomysl-to-sposob-na-udany-teledysk>.

³¹ J. Zubrzycki, *Animacja Komputerowa*, <http://www.itsi.pollub.pl/~mikrobi/gkom/Animacja1.pdf>, data dostępu 12.06.2017

³² *Dobry pomysł to sposób na udany teledysk*. <http://www.polskieradio.pl/10/485/Artykul/684359,Dobry-pomysl-to-sposob-na-udany-teledysk>, data dostępu 12.06.2017

³³ Tamże.

2. Dziubiński J., *Animacje i filmy*, <http://grafik.zsp6tom.pl/index.php/animacje-i-filmy>.
3. Dziubiński J., *Animacje i filmy*, <http://grafik.zsp6tom.pl/index.php/animacje-i-filmy>.
4. <http://www.ezst-tarnow.pl/~ciemar/podstrony/animacje.html>.
5. Jakubiak J., Muszyński R. (red.), *Narzędzia komputerowe w robotyce, Modelowanie kinematyki i dynamiki Projekt przejściowy 2011/12 specjalności Robotyka na Wydziale Elektroniki, Politechnika Wrocławska 2012*.
6. Olkuśnik M., E. Wójcik, *Popularna encyklopedia powszechna - Tom 10*, Oficyna wyd. Forga, Warszawa 2001, s. 88
7. Sito T., *Moving Innovation, The early days of computer animation*, <http://www.movingimagesource.us/articles/moving-innovation-20131114>.
8. Steć P., *Animacja komputerowa*, <http://www.uz.zgora.pl/~pstec/files/animacja>.
9. Trawicki D., *Interfejsy i multimedia w technice Wykład Dźwięk cyfrowy, animacja, wideofonia*, http://www.ely.pg.gda.pl/opt/materialy/multim/multim_wyk4.pdf.
10. Zubrzycki J., *Animacja Komputerowa*, <http://www.itsi.pollub.pl/~mikrobi/gkom/Animacja1.pdf>.