

Ewa LACH, Tomasz CHAJA
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

SKŁADOWE OCENY ANIMACJI WIRTUALNYCH POSTACI LUDZKICH

Streszczenie. W artykule zaprezentowano składowe oceny animacji wirtualnych postaci ludzkich, które mają za zadanie wykrycie i usunięcie widocznych defektów obserwowanych w automatycznie generowanych animacjach. Składowe oceniają realizm animacji. W artykule zostały także przedstawione eksperymenty, które wykazały, że użycie proponowanych składników zwiększa realizm animacji generowanych za pomocą programowania genetycznego.

Słowa kluczowe: ocena animacji, postacie wirtualne, automatyczna generacja animacji

EVALUATION METHODS FOR THE ANIMATION OF VIRTUAL HUMANS

Summary. The paper proposes evaluation methods for virtual humans behaviors, which are generated automatically. Presented methods measure realism of an animation. Experiments are described, which generate animations by means of genetic programming. Obtained results show that using proposed methods produces more realistic animations.

Keywords: animation evaluation, virtual characters, automatic generation of an animation

1. Wprowadzenie

Na przestrzeni ostatnich lat możemy zaobserwować stale rosnącą popularność trójwymiarowych postaci wirtualnych nie tylko w przemyśle gier komputerowych, filmu i reklamy, ale również w połączeniu z medycyną, psychologią i architekturą. Przykładem mogą być tu

systemy wirtualnego trenowania wojska lub systemy ewakuacji z budynków ([1, [2])). Obserwując tradycyjne techniki tworzenia animacji komputerowych, na przykład technikę klatek kluczowych lub nagrywania ruchów aktora (ang. motion capture), można zauważyć, że tworzenie zaawansowanych animacji postaci wymaga ogromnych nakładów czasowych i finansowych. W odpowiedzi na ten problem pojawiły się systemy do automatycznego generowania animacji komputerowych. Podstawowym założeniem tych systemów jest wykorzystanie ogromnej mocy obliczeniowej komputera do tworzenia animacji opisanych za pomocą pewnych reguł i właściwości modeli, których te animacje dotyczą. Tworzenie ruchu opiera się na częściowej symulacji ciała ludzkiego oraz stworzeniu układu zarządzającego poruszaniem segmentów ciała. System DANCE, opisany w pracy [5], umożliwia tworzenie animowanych obiektów oraz wirtualnych postaci złożonych z pewnej liczby brył sztywnych połączonych ze sobą stawami, ograniczającymi ruch danych segmentów ciała. Środowisko symuluje mięśnie ciała na podstawie biomechanicznego modelu postaci wyposażony w kontrolery fizyczne. Istotnym ograniczeniem systemu jest brak automatycznego tworzenia zróżnicowanych zachowań postaci. Karl Sims w pracy [4] przedstawił wirtualne stworzenia poruszające się po łądzie i w wodzie, sterowane z pomocą kontrolerów w postaci sieci neuronowych. Algorytm genetyczny został wykorzystany do ewolucji kontrolerów oraz budowy ciała istot. Sims ocenił zachowanie stworzeń na podstawie ich prędkości poruszania się, wyrażonej za pomocą wielkości przesunięcia na jednostkę czasu. Tak sformułowana prosta funkcja oceny umożliwiła tworzenie interesujących organizmów o ciekawym sposobie poruszania. Niestety, w przypadku generowania animacji wirtualnych postaci ludzkich potrzebna jest bardziej złożona ocena, która nie tylko będzie nagradzała postać za osiągnięcie postawionego przed nią celu, ale także jakość jego osiągnięcia. Na podstawie prac Simsa firma NaturalMotion zaproponowała komercyjny silnik Euphoria do syntezy animacji interaktywnej w czasie rzeczywistym oparty na symulacji fizycznej [3]. Wykorzystywany w silniku model postaci oparty jest na modelu biomechanicznym z narzuconymi ograniczeniami fizycznymi na ruchliwość stawów oraz efektorami (urządzeniami wykonawczymi) sterującymi mięśniami. Poruszanie postacią odbywa się za pomocą sieci neuronowych, które decydują o zastosowanych siłach. Sieci neuronowe generowane są w procesie ewolucji algorytmów genetycznych. Podstawowym problemem systemu jest określanie funkcji oceny algorytmu genetycznego w taki sposób, aby generowane zachowanie realizowało przedstawiony mu cel w sposób realistyczny. Podobny problem z definicją funkcji oceny animacji mają autorzy środowiska fACT, służącego do tworzenia i badania zachowań wirtualnych postaci trójwymiarowych [6]. System fACT składa się z niezależnych modułów odpowiedzialnych za różne etapy animacji. Obecnie system dostarcza trzy zamienne moduły generujące zachowania postaci. Dwa z nich korzystają z wiedzy animatora lub zewnętrznego programu do definiowania zachowań. Trzeci

moduł sgGP za pomocą programowania genetycznego generuje przebieg animacji, który produkuje najlepsze wartości funkcji oceny. Opisane w pracy [7] badania nad zastosowaniem zmodyfikowanego programowania genetycznego do generacji animacji postaci wirtualnych kończy wniosek o konieczności poprawienia funkcji oceny w celu otrzymania bardziej realistycznych zachowań.

Przedstawione systemy automatycznego generowania animacji pozwalają oszczędzić czas i pieniądze potrzebne do ręcznej animacji. Niestety, otrzymywane w wyniku ich pracy zachowania postaci charakteryzują się słabszym realizmem niż animacje tworzone ręcznie lub metodą nagrywania ruchu. Jedną z podstawowych przyczyn tej sytuacji jest brak jasno zdefiniowanych metod oceny animacji opartych na rzeczywistych regułach rządzących ciałem człowieka.

Celem tej pracy jest zaproponowanie składników oceny animacji, które mają za zadanie wykrycie i usunięcie widocznych defektów obserwowanych w automatycznie generowanych animacjach.

2. Składniki oceny animacji wirtualnych postaci ludzkich

Można wyróżnić następujące czynniki, wpływające na ocenę generowanej animacji wirtualnych postaci:

- poprawność animacji, składająca się z oceny spełnienia celu, braku kolizji segmentów ciała oraz legalności wykonania przez postać dostępnych akcji,
- realizm, jako ocenę odczuć widza w odpowiedzi na zachowanie i emocje wirtualnej postaci,
- czas potrzebny na stworzenie animacji.

Przedstawienie w postaci wartości liczbowych poprawności animacji i czasu jej utworzenia nie nastarcza istotnych trudności doświadczonym animatorom. Problem pojawia się, gdy należy opisać liczbowo realizm animacji, który nawet w przypadku ludzkich obserwatorów nie jest oceniany jednoznacznie.

Zaproponowane w niniejszym rozdziale metody oceny realizmu animacji postaci oceniają jej ruch, opierając się na wiedzy o działaniu i funkcjonowaniu człowieka w przyrodzie.

Wirtualna postać ludzka jest symulacją prawdziwego człowieka, dlatego przed utworzeniem animacji należy zebrać zbiór cech charakterystycznych dla danej postaci (np. wiek, płeć, stan emocjonalny). Cechy te wpływają na wartość końcowej oceny animacji. Przykładowo, płynny skok przez płot 90-letniej staruszki powinien istotnie obniżyć ocenę zachowania

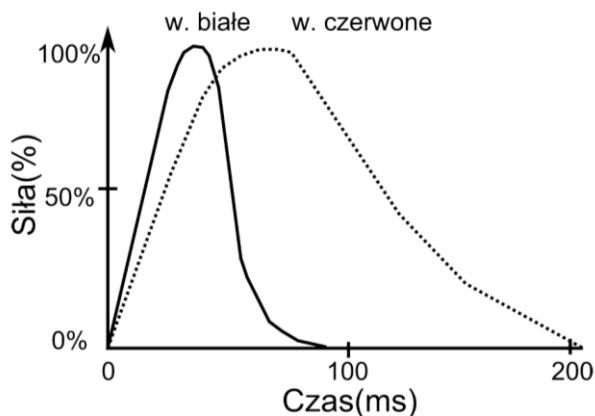
postaci. Każda z cech postaci jest nazywana parametrem postaci, a zbiór parametrów postaci nazywamy metryką postaci.

Przedstawione poniżej metody oceny zostały podzielone ze względu na dziedziny nauki, do których można je zaliczyć.

2.1. Metody oceny związane z biomechaniką ciała postaci

Korzystając z informacji na temat budowy ciała człowieka, można zdefiniować następujące metody oceny:

- Ocena szybkości ruchu postaci oraz poziomu zmęczenia mięśni. Mięśnie szkieletowe człowieka, odpowiadające za jego przemieszczanie, są zbudowane, w uproszczeniu, z włókien wolnokurczliwych (czerwonych) i szybko kurczliwych (białych). Włókna czerwone wolniej się kurczą, ale są bardziej odporne na zmęczenie (rys. 1). Stosunek masy włókien wchodzących w skład mięśni zależy od formy aktywności, którą wykonuje postać. Masa białych włókien wzrasta przy uprawianiu sportów siłowych (np. kulturystyka), natomiast drugi typ mięśni kształtuje się w sportach wytrzymałościowych (np. bieg długodystansowy). Ustawiając parametr aktywności fizycznej postaci, możemy oceniać czas reakcji mięśnia na bodziec oraz poziom zmęczenia mięśni.



Rys. 1. Czas odpowiedzi włókien mięśniowych na pobudzenie [8]

Fig. 1. Reaction time of muscle fibers [8]

- Ocena zużycia energii potrzebnej do wykonania ruchu. Mięsień zawdzięcza zdolność do skurczu energii, która powstaje w wyniku przekształcania prostych związków chemicznych. W zależności od czasu pracy mięśnia są wykorzystywane różne źródła energii. Korzystając z informacji na temat wydajności poszczególnych źródeł energii, możliwa jest ocena animacji pod kątem zużycia energii przez wirtualną postać [9]. Lepiej oceniane będą animacje, które potrzebują mniej energii do osiągnięcia zadanego celu.
- Ocena ogólnego zmęczenia organizmu. Dla tej metody oceny animacji można uprościć budowę wewnętrzną człowieka do trzech podstawowych organów: mięśni, serca z ukła-

dem krwionośnym oraz płuc. Uproszczony układ krwionośny jedynie dostarcza tlen do mięśni. Ilość energii jest ograniczona, natomiast celem płuc jest regeneracja utraconego tlenu. Zadaniem układu polega na obliczaniu, jak bardzo krew jest nasycona tlenem, przy założeniu że każdy mięsień pobiera tlen, a płuca nasycają krew w stałym tempie. Ruch wszystkich mięśni pobiera więcej tlenu, niż płuca są w stanie przywrócić w jednostce czasu, co powoduje wyczerpywanie zapasów tlenowych organizmu. Parametrami tej metody oceny może być kondycja fizyczna postaci (ogólny modyfikator zużycia tlenu przez organizm), kondycja jej płuc (modyfikator odpowiadający za sprawność wymiany gazowej w płucach), serca (modyfikator prędkości zasilania mięśni w tlen) oraz krwi (określająca wpływ dodatkowych parametrów organizmu). Korzystając z posiadanych informacji, możemy oceniać zgodność zachowań postaci z jej kondycją, czyli stopniem nasycenia krwi tlenem.

2.2. Metody oceny związane z właściwościami fizycznymi ciała postaci

W przeciwieństwie do zjawisk rzeczywistego świata komputerowa przestrzeń jest pozbawiona wszelkich naturalnie występujących w kosmosie ograniczeń, które wynikają z budowy i własności materii. Odwzorowanie w wirtualnym świecie wszystkich sił świata realnego jest zadaniem zbyt złożonym i czasochłonnym w stosunku do potrzeb odbiorców generowanych animacji. Dlatego celem animacji komputerowej jest stworzenie jedynie iluzji rzeczywistego świata. Na ocenę właściwości fizycznych postaci może składać się:

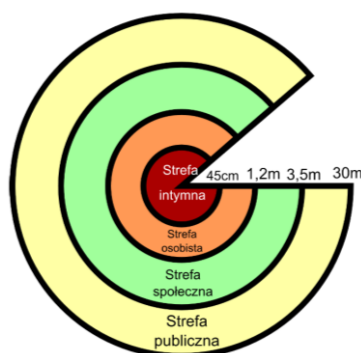
- Ocena bezwładności ruchu ciała. Zgodnie z zasadami dynamiki Newtona manipulując dowolnym ciałem o niezerowej masie, należy oczekiwać, że ciało będzie stawiało opór przy próbie zmiany kierunku i prędkości ruchu. Po wyliczeniu środka masy postaci lub badanego segmentu postaci należy określić trajektorie ruchu środka masy. Ocena powinna wykrywać nieciągłości oraz może określać stosunek wykrytych nieciągłości do liczby klatek animacji.
- Ocena utrzymania równowagi. Utrzymywanie równowagi jest bardzo skomplikowanym zadaniem, które wykorzystuje mięśnie szkieletowe, zmysł równowagi, wykrywający zmiany pozycji ciała, oraz mózg sterujący całym tym procesem. Celem tego procesu jest utrzymanie ciała w pozycji wyprostowanej w taki sposób, by nie dochodziło do niekontrolowanych upadków. By utrzymać równowagę, stopy muszą być tak ustawiane, aby podczas stania utrzymywać środek ciężkości ciała w stałym położeniu i odpowiednio nim manipulować podczas chodu. Wyróżnia się dwa rodzaje równowagi. Równowagę statyczną, odpowiedzialną za utrzymywanie równowagi na stałym podłożu, oraz równowagę dynamiczną do utrzymywania równowagi na niestabilnym podłożu lub w ruchu. Analizowanie równowagi w ruchu człowieka to bardzo złożone zagadnienie, dlatego na

potrzeby generowanych animacji skupimy się na ocenie, która będzie miała za zadanie wykrywanie zachowywania równowagi statycznej postaci stojącej. Korzystając z obliczonego punktu położenia środka masy, można, poprzez rzutowanie go na płaszczyznę wyznaczoną przez stopy stojące na ziemi, ocenić, czy postać utrzymuje równowagę. Metoda ta powinna obliczać, jak długo rzut położenia środka ciężkości masy znajduje się w okręgu wyznaczonym pomiędzy stopami.

2.3. Metody oceny związane z psychiką postaci

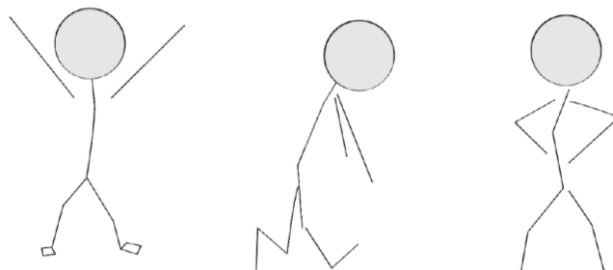
Animowana postać ma za zadanie udawanie człowieka, na którego zachowanie wpływają posiadane cechy charakteru oraz odczuwane emocje. Odbiorca animacji odczytuje niewerbalne komunikaty wysyłane przez animowaną postać (mimikę twarzy, postawę ciała, gestykulację, sposób poruszania się, reakcje na sytuacje i obiekty w wirtualnym świecie itd.). W trakcie oceniania animacji należy ocenić brak tej komunikacji lub jej niezgodność z parametrami postaci. W ramach tej pracy autorzy zaproponowali następujące metody oceny:

- Ocena zachowywanych odległości od innych postaci. Jedną z dyscyplin socjologii jest proksemika czyli nauka określająca relacje pomiędzy ludźmi w zależności od występujących między nimi fizycznych odległości. Proksemika definiuje strefy (intymną, osobistą, społeczną i publiczną), które wyznaczają odległości między badanymi osobami (rys. 2). Strefa intymna to obszar bardzo bliskiego kontaktu przeznaczony jedynie dla najbliższych. Naruszenie go przez osobę nieznaną może wywoływać strach lub agresję. Strefa osobista (indywidualna) jest to przestrzeń, do której mogą zostać dopuszczone osoby bliskie, z którymi czujemy się bezpiecznie. Przebywanie lub rozmowa z osobą obcą w tej przestrzeni jest niekomfortowe. Strefa społeczna jest to strefa, w której ludzie czują się dobrze, rozmawiając z osobami obcymi, na przykład w sklepie lub banku. Niektóre obiekty mogą zmniejszyć zasięg tej strefy, np. biurko czy lada sklepowa. Strefa publiczna wyznacza zakres, w którym ludzie mają poczucie kontaktu ze sobą. Stosując się do przedstawionych założeń, można oceniać zachowanie postaci pod względem zachowania odległości od aktorów występujących na scenie.
- Ocena zainteresowania postaci otoczeniem. Dla tej metody oceny należy zdefiniować punkty zainteresowań POI (ang. point of interest), czyli punkty lub zjawiska na scenie, które powinny zainteresować wirtualną postać. Parametrem tej metody oceny animacji może być poziom ciekawości człowieka, który przekładałby się na czas poświęcony na obserwację otoczenia. Przykładowym sposobem oceniania tej metody może być obliczanie, przez ile klatek animacji POI znajduje się w zasięgu wzroku postaci. Zasięg może być wyznaczony za pomocą stożka wychodzącego z głowy postaci i kończącego się kilka metrów dalej.



Rys. 2. Strefy relacji między ludźmi
Fig. 2. Space relations between humans

- Ocena postaw ciała postaci. Postawa postaci jest jednym z elementów komunikacji niewerbalnej. W postawie ludzkiej i ułożeniu ciała w stosunku do drugiej osoby są zapisane emocje i cechy charakteru postaci, które może odczytać obserwator animacji (rys. 3). Parametrami tej metody oceny mogą być: stan emocjonalny (np. wesoły, smutny, zaniepokojony) wirtualnej postaci oraz jej charakter (np. żywiołowy, flegmatyczny). Poważnym błędem jest tworzenie animacji, w której postać chodzi sztywno, nie przekazując żadnej informacji. Prosty sposobem oceny emocji postaci może być ocena prędkości ruchów segmentów ciała oraz jak bardzo wyprostowana jest postać (np. jak bardzo odbiega od startowej pozycji ciała).



Rys. 3. Emocje zapisane w postawie ciała
Fig. 3. Emotion and body language

2.4. Wykrywanie defektów algorytmów generowania animacji

Niezależnie od sposobu pozyskiwania kolejnych klatek animacji zawsze można znaleźć i zdefiniować defekty animacji, wynikające bezpośrednio z metody jej generowania. Poniżej przedstawiono przykładową metodę oceny dla silnika syntezy animacji, który opiera się na doborze kolejnych kroków animacji ze zdefiniowanego wcześniej zbioru elementów, dążąc do osiągnięcia celu postaci:

- Wykrywanie drgań segmentów ciała postaci. By zrozumieć ten problem, można oprzeć się na prostym przykładzie, gdzie celem wirtualnej postaci jest obrót pewnej kończyny o 37 stopni. Zakładając, że mamy dostępne operacje obrotu segmentu o 10 (ROTATE1),

-10 (ROTATE2), 5 (ROTATE3) i -5 (ROTATE4) stopni, najlepszym rozwiązaniem, które człowiek mógłby zaakceptować, będzie ciąg ROTATE1, ROTATE1, ROTATE1 i ROTATE3, realizujący zadanie z błędem 2. Algorytm, który będzie dążył do realizacji tego zadanie nie mogąc uzyskać poprawnego wyniku, może stworzyć ciąg instrukcji: ROTATE1, ROTATE1, ROTATE1, ROTATE3, ROTATE3, ROTATE4, ROTATE3, ROTATE4 itd., tak dobierając kolejne operacje, by uzyskać najlepszy wynik. Nie uzyskując zadanej wartości, algorytm będzie dokładał kolejne zbędne operacje, które w jego przekonaniu mogą te animacje poprawiać. Gdy miarą poprawności wykonania animacji będzie odległość od celu, oba przedstawione ciągi będą miały tę samą ocenę. Dlatego składowa ocena realizacji celu powinna brać pod uwagę margines błędu, wykrywać powtarzające się ciągi instrukcji oraz liczyć ilość użytych ruchów.

3. Definicja końcowej funkcji oceny

W niniejszym rozdziale zostanie przedstawiona przykładowa generacja animacji postaci za pomocą programowania genetycznego z funkcją oceny wzbogaconą o wybrany, z zaproponowanych w rozdziale drugim, składnik oceny.

Przeprowadzone eksperymenty stanowią wstęp do badań nad oceną realizmu animacji postaci wirtualnych. Ich celem jest sprawdzenie w praktyce, czy możliwa jest poprawa realizmu animacji poprzez dodanie składowej oceny, opierając się na wiedzy o działaniu i funkcjonowaniu człowieka w świecie. W przeprowadzonych eksperymentach zdecydowano się na użycie metody oceniającej zainteresowanie postaci otoczeniem, opisaną w rozdziale 2.3 niniejszej pracy. Wybór został podyktowany możliwą prostotą implementacji oceny oraz interpretacji otrzymanych wyników. Składowa, określająca realizm zainteresowania postaci otoczeniem, może być oceniana w miarę niezależnie od pozostałych składowych, które nie są świadome istnienia punktu POI i nie uwzględniają go w żaden sposób w swoich obliczeniach.

Do automatycznej generacji animacji wykorzystane zostało programowanie genetyczne, które w procesie ewolucji populacji osobników (animacji) dąży do optymalizacji funkcji celu. Ewolucja opiera się na darwinowskiej zasadzie doboru naturalnego, wedle którego przetrwają jedynie najlepiej ocenione wersje animacji. Dokładny opis działania algorytmu można znaleźć w [7]. Programowanie genetyczne zostało użyte ze względu na fakt, iż już wcześniej potwierdzono jego możliwość zastosowania do generowania animacji ([7]) oraz dlatego, że otrzymane za pomocą programowania genetycznego wyniki zależą w podstawowej mierze od funkcji oceny. Oznacza to, że wystąpienie poprawy realizmu zainteresowania postaci otoczeniem w przeprowadzonych eksperymentach będzie zależne od zaproponowanej składowej oceny.

Pierwszy etap definiowania końcowej funkcji oceny zachowania postaci polega na określeniu celu postaci, operacji dozwolonych dla postaci oraz jej parametrów. Następnie należy zdefiniować składowe oceny, które pozwolą postaci zrealizować, w wiarygodny sposób, dany cel. Przy definiowaniu końcowej funkcji oceny, w zależności od parametrów postaci i generowanego zachowania, należy ustawić wagi poszczególnych ocen składowych. W zależności od wpływu danej składowej oceny na końcową jakość animacji można zdecydować o rezygnacji z określonej składowej, jeżeli ilość dodatkowych obliczeń nie przekłada się w istotny sposób na polepszenie animacji.

W prezentowanym przykładzie zadanie postaci polega na podejściu do drzwi i położeniu ręki na klamkę (co pozwala na otwarcie drzwi). Postać może obracać ramionami i przedramionami oraz głową, przesuwać się do przodu, obracać i sprawdzać swoje położenie oraz orientacje w stosunku do innych obiektów wirtualnej sceny. Wirtualny świat składa się ze ścian, pojedynczych drzwi i punktu POI, o określonym stopniu generowanego zainteresowania.

Poprawność animacji jest oceniana za pomocą składowych:

- Oceny spełnienia celu wyrażonej za pomocą odległości postaci od pozycji przed drzwiami d_K oraz odległości dłoni postaci od klamki d_D .
- Oceny bezkolizyjności ruchów w postaci punktów karnych za pojawiające się kolizje p_K .
- Oceny legalności wykonanych ruchów w postaci punktów karnych za ruchy naruszające ustalone ograniczenia p_L .

Ocena realizmu animacji zakłada:

- ograniczenie ruchów nadmiarowych poprzez punkty p_S przyznawane za wykonywane operacje,
- karanie postaci za orientację nieskierowaną w stronę drzwi (punkty karne p_O), jeżeli postać jest w pobliżu drzwi,
- określenie zgodności zachowania postaci z określonym dla niej parametrem ciekawości $c_C \in \langle 0,1 \rangle$ poprzez sprawdzanie minimalnej odległości d_P postaci od POI i liczby klatek animacji p_P , w której postać znajdująca się w pobliżu POI nie ma go w polu widzenia.

Wartości ocen składowych, są tak liczone, aby ich wzrost powodował pogorszenie oceny. Końcowa funkcja oceny ff ma następującą postać:

$$ff = \frac{1}{\sqrt{0.6d_D + d_K + p_K + p_L + p_S + p_O + f_P + 1}} \quad (1)$$

gdzie f_P to ocena realizmu zainteresowania postaci otoczeniem, opisana wzorem:

$$f_P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (w_{PD} o_{Ci} d_{Pi} + c_C o_{Ci} p_{Pi}) \quad (2)$$

gdzie n to liczba punktów POI, $o_{Ci} \in \langle 0,1 \rangle$ to stopień generowanego zainteresowania przez i -ty punkt POI, a w_{PD} to waga minimalnej odległości postaci od POI obliczana z poniższego wzoru:

$$w_{PD} = \begin{cases} 0 & \text{dla } c_C < 0.7 \\ 0.25c_C & \end{cases} \quad (3)$$

Wartość funkcji ff należy do przedziału $(0,1)$. Im wyższa ff , tym lepsza animacja.

Przeprowadzonych zostało pięć eksperymentów automatycznego generowania animacji za pomocą programowania genetycznego. Proces ewolucji obejmował 50 generacji populacji 50 osobników. Prawdopodobieństwo zastosowania operatora krzyżowania osobników wynosiło 0.9, a operatora mutacji 0.01. W pierwszym eksperymencie E_1 składowa ocena fp wynosiła 0. W pozostałych eksperymentach fp była wyliczana ze wzoru (2). Punkt POI miał stopień generowanego zainteresowania o_C ustawiony na 0.3 (krzyżące dziecko) dla eksperymentu drugiego E_2 i czwartego E_4 oraz 0.9 (płonący samochód) dla eksperymentów E_3 i E_5 . W eksperymencie E_2 i E_3 parametr ciekawości postaci został ustawiony na 0.3 (niski), a w eksperymencie E_4 i E_5 na 0.9 (wysoki).

Tabela 1

Wyniki najlepszych animacji

Eksperyment	c_c	o_c	dp	p_p (%)	Odwrócona głowa (% klatek)	Liczba klatek animacji
E_1	0.0	0.0	206.10	54.0	0.00	127
E_2	0.3	0.3	226.29	34.0	82.85	127
E_3	0.3	0.9	207.77	0.0	91.67	319
E_4	0.9	0.3	198.74	2.5	87.28	484
E_5	0.9	0.9	165.41	49.0	92.31	419

W najlepszych animacjach wszystkich pięciu eksperymentów postać udała się z punktu startowego do drzwi i je otworzyła. W eksperymencie E_1 postać przeszła obok płonącego samochodu, nie odwracając nawet głowy w jego kierunku. W eksperymencie E_2 postać o niskim parametrze ciekawości wykazała niewielkie zainteresowanie krzyżącym dzieckiem i bardzo duże płonącym samochodem (eksperyment E_3). Postać o wysokim stopniu ciekawości na dość długo odwróciła głowę w stronę krzyżącego dziecka w E_4 , a w eksperymencie E_5 zamiast udać się prosto do celu, zbliżyła się na chwilę do płonącego samochodu. Wyniki opisanych animacji ujęto w tabeli 1. Aby przedstawić zainteresowanie postaci punktem POI oprócz parametru p_p podano w tabeli 1 także procent klatek, w których postać znajdująca się w pobliżu POI ma zwrot głowy różny od zwrotu ciała. W analizowanych animacjach stwierdzono także wzrost złożoności animacji przy większym obserwowanym zainteresowaniu postaci otoczeniem.

Analizując wyniki powyższych eksperymentów, można zauważyć, że dodanie jednej z zaproponowanych w rozdziale drugim składowych oceny zwiększyło realizm animacji. W tym przypadku wywołuje wrażenie, że postać jest świadoma swojego otoczenia. Dodatkowo eksperymenty pokazały, że dla odpowiednio zdefiniowanych składowych oceny, manipulując parametrami postaci, możemy zwiększyć różnorodność otrzymywanych zachowań.

4. Podsumowanie

Wykonane eksperymenty, przedstawione w rozdziale 3, potwierdziły konieczność wprowadzenia do oceny animacji oceny realizmu w celu polepszenia jakości zachowań postaci wirtualnych. W artykule zaproponowano metody oceny, opierając się na wiedzy o działaniu i funkcjonowaniu człowieka w przyrodzie. Dalsze prace powinny skupić się na analizie i implementacji proponowanych ocen.

BIBLIOGRAFIA

1. Nakanishi H., Koizumi S., Ishida T.: Virtual Cities for Real-World Crisis Management. *Lecture Notes in Computer Science*, 2005, t. 3081/2005, s. 204÷216.
2. Mao T., Shu B., Xu W., Xia S., Wang Z.: CrowdViewer: From Simple Script to Large-scale Virtual Crowds. *ACM symposium on Virtual reality software and technology (VRST)*, 2007, s. 113÷116.
3. Champandard A.: NaturalMotion's euphoria Technology: The Honeymoon is Over. *AiGameDev.com*, 2008.
4. Sims K.: Evolving virtual creatures. *Computer Graphics*, 1994, s. 15÷22.
5. Shapiro A., Faloutsos P., Ng-Thow-Hing V.: Dynamic Animation and Control Environment. *Eurographics Symposium on Computer Animation*, 2004.
6. Lach E.: fACT - animation framework for generation of virtual character behaviours. *International Conference on Information Technology*, Gdańsk 2008, s. 325÷328.
7. Lach E.: Learning Intelligent Behaviours of Animated Agents by Means of Genetic Programming. *International Conference on Artificial Intelligence*, 2004, s. 159÷170.
8. Kundson D.: *Fundamentals of Biomechanics*. Springer, 2007.
9. Mrozowski J., Awrejcewicz J.: *Podstawy biomechaniki*. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2004.

10. Lach E.: Automatic Generation of Animation of Virtual Humans. International Conference on Artificial Intelligence, Siedlce 2005, s. 109÷115.

Wpłynęło do Redakcji 17 października 2011 r.

Abstract

The paper proposes evaluation methods for virtual humans behaviors, which are generated automatically. At present, an automatic generation produces animations of worse quality than traditional methods like a keyframing and a motion capture. One of the main reasons for that is a difficulty of a definition of a mathematical equation for an animation quality estimation. It is especially hard to describe, in numerical values, human's subjective opinions on how realistic a specific animation is. Methods, presented in the paper, measure realism of an animation and are divided according to branches of science they belong to. The estimations use biomechanics and physics of a human body, along with a social psychology. The paper presents, also, experiments for an automatic generation of virtual humans behaviors with genetic programming. Acquired results show that using proposed evaluation methods produces more realistic animations.

Adres

Ewa Lach: Politechnika Śląska, Instytut Informatyki, ul. Akademicka 16, 44-100 Gliwice, Polska, ewa.lach@polsl.pl .

Tomasz Chaja. Politechnika Śląska, Instytut Informatyki, ul. Akademicka 16, 44-100 Gliwice, Polska, tomasz.chaja@gmail.com.