

Krzysztof OKARMA, Mateusz TECLAW

ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE, KATEDRA PRZETWARZANIA SYGNAŁÓW I INŻYNIERII MULTIMEDIALNEJ, ul. 26. Kwietnia 10, 71-126 Szczecin

Zastosowanie nowoczesnych metod oceny jakości obrazów do weryfikacji algorytmów splattingu w subpikselowej metodzie Image Based Rendering

Dr inż. Krzysztof OKARMA

Adiunkt w Katedrze Przetwarzania Sygnałów i Inżynierii Multimedialnej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Absolwent Wydziału Elektrycznego (1999) i Informatyki (2001) Politechniki Szczecińskiej, stopień doktora nauk technicznych uzyskał na Wydziale Elektrycznym (2003), gdzie pełni funkcję prodziekana ds. studentów. Autor ponad 100 publikacji z zakresu przetwarzania i analizy obrazów oraz sygnałów.

e-mail: krzysztof.okarma@zut.edu.pl



Mgr inż. Mateusz TECLAW

Śluchacz studiów doktoranckich Wydziału Elektrycznego Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, aktualnie realizuje pracę doktorską z zakresu zastosowań technik wizyjnych w zagadnieniach z zakresu automatyki i robotyki. Absolwent kierunku elektronika i telekomunikacja, specjalność: cyfrowa technika multimedialna (2010), współautor kilku publikacji naukowych z zakresu technik przetwarzania i analizy obrazów.

e-mail: mateusz.teclaw@zut.edu.pl



Streszczenie

W artykule przedstawiono możliwości wykorzystania nowoczesnych wskaźników jakości obrazów do wyboru i weryfikacji algorytmu splattingu służącego do wypełniania brakujących pikseli w metodzie IBR, a także do wyboru obrazu wyjściowego dla algorytmu splattingu. Dzięki zastosowaniu metod automatycznej oceny jakości obrazów możliwy jest wybór właściwego algorytmu splattingu wykorzystującego współrzędne uzyskiwanych punktów z dokładnością subpikselową, co zapewnia dużo wyższą jakość obrazu wynikowego.

Słowa kluczowe: metoda IBR, splatting, ocena jakości obrazów

Application of modern image quality assessment methods for the verification of the splatting algorithms in the sub-pixel Image Based Rendering

Abstract

The article presents the possibilities of using some modern image quality assessment methods for the choice and verification of the splatting algorithm used to fill some missing pixels in the IBR method, as well as for the selection of the basic output image for the splatting algorithm. By using automatic image quality assessment methods, it is possible to choose the accurate splatting algorithm which utilizes the coordinates of points with sub-pixel accuracy, which provides much higher quality of the output image.

Keywords: IBR, splatting, image quality assessment

1. Problem splattingu w metodzie IBR

Metoda Image Based Rendering (IBR) zaproponowana przez McMillana [1] stanowi jedną z najwydajniejszych technik syntezy obrazów możliwą do efektywnej implementacji w systemach wizyjnych czasu rzeczywistego. Jedną z jej zalet jest niewątpliwie przewidywalny czas syntezy niezależny od stopnia złożoności wizualizowanej sceny, jak również łatwość zrównoleglenia wykonywanych obliczeń. W efekcie wykonania operacji warpingu

stanowiącej zasadniczy element metody IBR uzyskać można obraz wynikowy o jakości zbliżonej do jakości obrazów referencyjnych, który odpowiada obrazowi zarejestrowanemu przez „wirtualną” kamerę o arbitralnie dobranym położeniu.

Ograniczeniem stosowalności metody IBR jest konieczność znajomości map głębokości dla obrazów pozyskiwanych z kamer referencyjnych (w najprostszym wypadku może być to nawet pojedyncza kamera). Mogą być one pozyskiwane np. technikami stereowizyjnymi, z wykorzystaniem fotogrametrii lub w niektórych zastosowaniach na podstawie informacji z dodatkowych czujników.

Istotnym elementem wpływającym na jakość obrazu wynikowego jest dostępność danych dotyczących punktów, które powinny być widoczne na obrazie docelowym. W zależności od konfiguracji przestrzennej obiektów na scenie i kamer może dojść do sytuacji, w której pomimo zastosowania kilku czy też kilkunastu kamer niektóre fragmenty sceny będą widoczne co najwyżej na jednym obrazie referencyjnym. W wypadku gdy liczba pikseli reprezentująca taki fragment na obrazie referencyjnym jest mniejsza aniżeli odpowiadająca mu liczba pikseli na obrazie docelowym, na obrazie tym pojawiają się „dziury” (ang. holes) wymagające uzupełnienia. W niektórych zastosowaniach dopuszczalne jest zastosowanie technik interpolacji lub filtracji (np. medianowej) w fazie dodatkowego post-processingu, jednak prowadzą one z reguły do zauważalnej utraty jakości obrazu w wyniku rozmycia, a także spowalniają proces syntezy obrazu.

Typowym szybkim rozwiązaniem tego problemu jest wykorzystanie techniki splattingu polegającej na projekcji kilku- bądź kilkunastopikselowej „łaty” (ang. splat) zamiast pojedynczego piksela na etapie warpingu. Takie rozwiązanie może być jednak efektywnie zastosowane jedynie w wypadku estymacji wielkości „łaty” zapobiegającej nadmiernemu rozmyciu obrazu, co również wymaga dodatkowej analizy konfiguracji przestrzennej dostępnych danych.

W jednej z wcześniejszych prac [2] zaproponowano wykorzystanie do celów splattingu podejścia wektorowego wykorzystującego ideę wektorowego filtru medianowego. Wychodząc z założenia, iż głównym jego celem jest wypełnienie brakujących pikseli kolorami najbardziej odpowiadającymi ich otoczeniu przy możliwie najlepszym zachowaniu ostrości obrazu, technika ta pozwala osiągnąć bardzo dobre rezultaty w porównaniu z tradycyjną techniką splattingu, także adaptacyjnego.

2. Splatting wykorzystujący informacje subpikselowe

Ze względu na fakt, iż współrzędne punktów uzyskiwanych w wyniku warpingu są z konieczności zaokrąglane z dokładnością do pojedynczego piksela, na tym etapie następuje utrata użytecznej informacji, która może być wykorzystana do poprawy działania algorytmu wypełniania „dziur”. Wykorzystując dokładne (subpikselowe) położenia pikseli rzutowanych z obrazów referencyjnych na płaszczyźnie obrazu docelowego można uwzględnić odległości od środka najbliższego piksela, co prowadzi do algorytmu ważonego.

Weryfikacja rezultatów uzyskiwanych tego rodzaju techniką jest możliwa z wykorzystaniem technik automatycznej oceny jakości obrazów. W zależności od stopnia złożoności wizualizowanej sceny (zmienność kolorów na obrazie) dobre wyniki można uzyskać zarówno za pomocą ważonego uśredniania (przy małej wariancji kolorów), jak również technikami nieliniowymi pozwalającymi wybrać punkt z otoczenia najbardziej do niego zbliżony.

3. Proponowane podejście

W artykule zaproponowano użycie metod obiektywnej oceny jakości obrazów do weryfikacji efektów działania technik splattingu wykorzystujących informację subpikselową oraz przedstawiono propozycję modyfikacji uprzednio zaproponowanego algorytmu opartą na analizie wskaźników jakości obrazu docelowego.

Warto zauważyć, iż w wypadku braku informacji o obrazie rzeczywistym uzyskiwanym z kamery o parametrach (w tym położeniu) identycznych z parametrami kamery „wirtualnej” (docelowej) nie jest technicznie możliwe wykorzystanie porównawczych (ang. full-reference) wskaźników jakości obrazu, które cechują się wysoką korelacją z ocenami subiektywnymi i sposobem postrzegania różnorodnych zniekształceń przez ludzki wzrok. W takim wypadku konieczne byłoby stosowanie wskaźników „ślepych” (ang. blind, no-reference) nie wymagających znajomości obrazu oryginalnego pozbawionego jakichkolwiek zniekształceń i zakłóceń. Tego rodzaju wskaźniki cechują się jednakże mniejszą uniwersalnością i są zwykle dedykowane do jednego lub dwóch rodzajów zniekształceń, charakteryzując się niższą korelacją z ludzką percepcją.

W celu rozwiązania tego problemu posłużono się obrazami syntetycznymi wygenerowanymi za pomocą programu 3DS Max wraz z mapami głębokości na podstawie dostępnych modeli obiektów 3D [3], także dla położenia kamery docelowej, dzięki czemu pozyskany został „wzorcowy” obraz docelowy. Wykorzystując porównawcze wskaźniki jakości dokonano porównania jakości obrazów docelowych uzyskiwanych przy użyciu różnych algorytmów splattingu, także w wersji subpikselowej. Wykorzystano do tego celu trzy nowoczesne wskaźniki jakości obrazu oparte na analizie podobieństwa obrazów tj. podobieństwo strukturalne (Structural Similarity – SSIM) [4], jego wielorozdzielczą modyfikację (Multi-Scale SSIM) [5] oraz podobieństwo cech dla obrazów kolorowych (Feature Similarity - FSIMc) [6].

Kolejnym istotnym aspektem zastosowania technik oceny jakości obrazów jest wybór bazowego obrazu referencyjnego służącego za podstawowe źródło danych w procedurze łączenia danych pochodzących z kilku obrazów referencyjnych. Zasadniczym elementem, który musi być uwzględniony na tym etapie pozostaje oczywiście informacja zapisana w buforze głębokości decydująca o poprawnym wzajemnym przesłanianiu obiektów (punkty o mniejszej odległości od kamery docelowej po operacji warpingu powinny przesłaniać dalsze). Jednak dla punktów o zbliżonej głębokości, reprezentujących ten sam obiekt ale pochodzących z różnych obrazów referencyjnych, w szczególności w sąsiedztwie „dziury”, zasada ta nie powinna być stosowana w sposób bezwzględny. W takiej sytuacji zasadnym jest określenie obrazu podstawowego zawierającego relatywnie więcej informacji, którego brakujące piksele powinny być uzupełnione punktami z pozostałych obrazów, a w wypadku ich braku przy pomocy algorytmu splattingu. Dobrym narzędziem do tego celu mogą być właśnie wskaźniki jakości obrazu, co zilustrowano w Tabeli 1 (dla wskaźników SSIM oraz MS-SSIM podano wartości średnie obliczone dla kanałów RGB) wykazując ich przydatność. Obrazy docelowe uzyskane w wyniku połączenia danych przedstawiono (w skali szarości) na rysunku 1 w celu zilustrowania różnic jakości, w szczególności zależnych od wyboru obrazu bazowego.

Tab. 1. Wartości wskaźników jakości przykładowych obrazów docelowych uzyskanych na podstawie informacji z jednej kamery oraz połączonych.

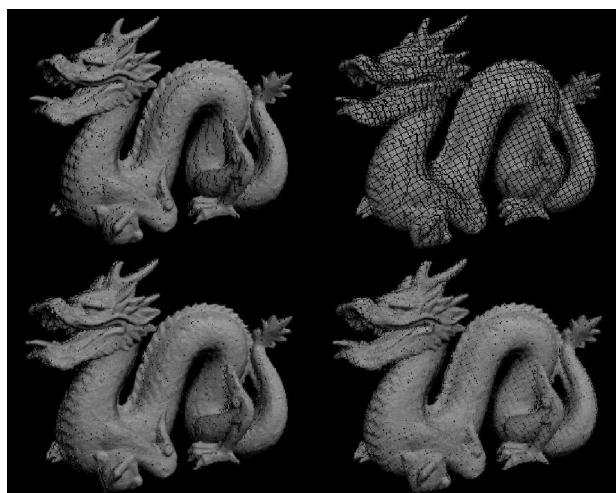
Tab. 1. Image quality assessment results for exemplary destination images obtained using the data from a single camera and for joined data.

Źródłowy obraz referencyjny	SSIM	MS-SSIM	FSIMc
lewy	0,7724	0,9042	0,8564
prawy	0,5517	0,7180	0,6526
lewy uzupełniony danymi z prawego	0,8061	0,9410	0,8791
prawy uzupełniony danymi z lewego	0,7623	0,9342	0,8628

Tab. 2. Wskaźniki jakości przykładowego obrazu uzyskane w wyniku zastosowania różnych technik splattingu.

Tab. 2. Image quality assessment results obtained for exemplary image using various splatting algorithms.

Algorytm splattingu	SSIM	MS-SSIM	FSIMc
standardowy bez wag	0,8243	0,9458	0,8666
subpikselowy – najbliższy sąsiad	0,7442	0,9247	0,8397
subpikselowy – uśrednianie wazone	0,8428	0,9532	0,8894
subpikselowy – mediana wektorowa	0,8392	0,9526	0,8896



Rys. 1. Przykładowe obrazy uzyskane na podstawie pojedynczych obrazów referencyjnych (na górze) oraz na podstawie informacji połączonych z dwóch obrazów referencyjnych (na dole).

Fig. 1. Exemplary images obtained using single reference images (top) and for joined data from two reference images (bottom).

W tabeli 2 zilustrowano wpływ zastosowanego algorytmu splattingu w obrębie najbliższego sąsiedztwa 8-kierunkowego (odpowiednik maski filtracji o rozmiarze 3×3 piksele) na jakość uzyskiwanego obrazu docelowego przy założeniu, iż za obraz bazowy przyjmujemy obraz uzyskany na podstawie źródłowego obrazu referencyjnego lewego uzupełnionego danymi z obrazu prawego (najwyższa jakość wg danych z tabeli 1).

W wyniku zastosowania prostych algorytmów splattingu uzyskuje się efekt rozmycia obrazu wpływający w sposób istotny na jego jakość, co jest zilustrowane niższymi wartościami wskaźników jakości obrazu aniżeli dla obrazów zawierających „dziury”. Zastosowanie technik splattingu subpikselowego pozwala jednak uzyskać wyższe ich wartości niezależnie od stosowanego wskaźnika jakości obrazu docelowego.

4. Literatura

- [1] McMillan L.: An Image Based Approach to Three-Dimensional Computer Graphics. PhD thesis, University of North Carolina, Chapel Hill, USA, 1997.
- [2] Okarma K., Miętus A., Teclaw M.: Vector Median Splatting for Image Based Rendering. Lecture Notes in Computer Science vol. 6375, pp. 150-157, 2010.
- [3] Artist-3D.com, <http://www.artist-3d.com>
- [4] Wang Z., Bovik A., Sheikh H., Simoncelli E.: Image Quality Assessment: From Error Measurement to Structural Similarity. IEEE Transactions on Image Processing vol. 13 no. 4, pp. 600–612, 2004.
- [5] Wang Z., Simoncelli E., Bovik A.: Multi-Scale Structural Similarity for Image Quality Assessment. Proceedings of the 37th IEEE Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, Pacific Grove, California, USA, 2003
- [6] Zhang L., Zhang L., Mou X., Zhang D.: FSIM: A Feature Similarity Index for Image Quality Assessment. IEEE Transactions on Image Processing vol. 20 no. 8, pp. 2378-2386, 2011.