

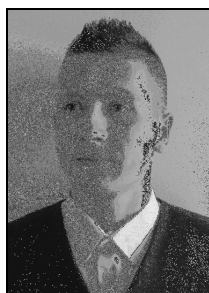
Tomasz ZAWADZKI, Korneliusz WARSZAWSKI

UNIwersytet Zielonogórski, Instytut Sterowania i Systemów Informatycznych

Modelowanie środowisk wirtualnych w X3D

Mgr inż. Tomasz ZAWADZKI

Autor jest studentem studiów doktoranckich na Wydziale Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji Uniwersytetu Zielonogórskiego. W swojej pracy badawczej zajmuje się wirtualną rzeczywistością oraz grafiką trójwymiarową w wizualizacji, symulacji oraz rekonstrukcji budynków oraz obszarów miejskich.



e-mail: T.Zawadzki@weit.zgora.pl

Mgr inż. Korneliusz WARSZAWSKI

Autor jest studentem studiów doktoranckich na Wydziale Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji Uniwersytetu Zielonogórskiego. W swojej pracy badawczej zajmuje się wirtualną rzeczywistością, metodami odwzorowania ukształtowania terenu oraz modelowaniem obiektów z wykorzystaniem systemu cząstek. Zawodowo pracuje jako Administrator Systemów Informatycznych Sądu Rejonowego w Nowej Soli.



e-mail: K.Warszawski@weit.zgora.pl

Streszczenie

Artykuł dotyczy tematu tworzenia nieistniejących już w rzeczywistości obszarów miejskich przy wykorzystaniu rozszerzalnego języka modelowania wirtualnej rzeczywistości (X3D). Omówione zostaną techniki optymalizacji oraz modelowania obiektów 3D w kontekście wymagań sprzętowych. Poruszony zostanie aspekt tworzenia sceny z uwzględnieniem jej realizmu: sposoby nadawania obiektom możliwości interakcji z użytkownikiem, kolizje obiektów, oświetlenie sceny, animacja ruchu roślin, drzew oraz nieba. Opisane zostaną techniki generowania dźwięku za pomocą sensorów, które pozwalają na stworzenie narracji w scenie. Efektem finalnym będzie przedstawienie wizualizacji dawnego miasta Zielonej Góry połączonej z możliwością nawigacji w czasie rzeczywistym.

Słowa kluczowe: wirtualna rzeczywistość, grafika trójwymiarowa, wielokąt, X3D.

Modelling Virtual Environments in X3D

Abstract

This article is about reconstruction of non-existing city landscapes, using extended language of modeling virtual reality X3D (Extensible 3D). It discusses problems of technical optimization and modeling 3D objects in context of system recommendations. The aspects of creating scenes including realism: ways of giving objects ability to interact with the user, object collisions, lighting and shadows, movement of plants, trees and the sky. The presentation is illustrated by visualization of Zielona Góra old town which lets user explore and move on virtual scenes in real-time. Information about the old town we received from XVIII century model of Zielona Góra from the Museum of Zielona Góra [5].

Another information about monuments was received from historical books of Zielona Góra old town [2,3,4].

Using many techniques of optimization improved efficiency of displaying world. In the beginning of construction of virtual models it was important not to use excessive polygons. Another optimization technique was creating optimal models using node LOD (Level of Detail) that helped to improve efficiency rendering and not to lose realism of presented virtual objects (Fig. 2). One of important stage of project was to give objects ability of interaction with the user. The project was created using hybrid technique that joins manual technique which is implementation of code X3D language to notepad and program technique which is using existing tools (Cinema 4D, Avatar Studio). The nodes Viewpoint help to create better navigation, which improves the process of exploration of virtual town (Fig. 4). Creating virtual reality environments based on architectural visualization is a very hard and time-consuming task because the structure of these objects is complex and we must take into consideration systems limits. The goal was reached and a final application is a reconstruction of Zielona Góra old town that lets user to explore and move throughout virtual scene (Fig. 5).

Keywords: virtual reality, three-dimensional graphics, polygon, X3D.

1. Wstęp

Środowisko rzeczywistości wirtualnej może być traktowane jako kolejny etap w rozwoju systemów grafiki komputerowej 3D (*ang. Three-dimensional*). Zasadnicza różnica między tradycyjną

grafiką 3D a systemem VR (*ang. Virtual Reality*) polega na interakcyjnych właściwościach i immersyjnym (dającym odczucie obecności w wirtualnym świecie) kontakcie ze środowiskiem graficznym. Wirtualna rzeczywistość pozwala użytkownikowi na bezpośredni kontakt z modelami generowanymi przez komputer i manipulację nimi. Powstanie systemów VR pozwoliło na modelowanie nieistniejących już w rzeczywistym świecie obiektów architektonicznych. Możliwe stało się tworzenie zarówno pojedynczych obiektów jak i również nawet całych miast lub wirtualnych muzeów w 3D [1,2].

Przy zastosowaniu wielu narzędzi i technik modelowania oraz wykorzystując aktualne moce obliczeniowe komputerów możliwe stało się stworzenie całego wirtualnego miasta Zielonej Góry, które posłuży za przykład wirtualnego środowiska 3D. Kreowanie środowisk VR możliwe jest wykorzystując rozszerzalny język modelowania wirtualnej rzeczywistości – X3D (*ang. eXtended 3D*), którego końcowa specyfikacja zatwierdzona została w 2005 roku [3].

2. Materiały źródłowe

W dzisiejszych czasach niewiele jest już pozostałości po średniowiecznych fortyfikacjach Zielonej Góry. Chyba jedynym dowodem na ich istnienie jest fragment murów obronnych w północnej części miasta, jak również fontanna znajdująca się w miejscu dawnej fosy oraz Wieża Łazienna w południowej części miasta. Na początku XV wieku postanowiono wznieść nowe dzieła z trwałszego materiału: cegły i kamienia. Decyzję tą podjął książę Henryk IX w 1429 roku. Oprócz murów obronnych wzniesiono nowe budowle wchodzące w skład fortyfikacji. Średniowieczny obwód obronny Zielonej Góry składał się z muru obronnego, Wieży Głodowej, Wieży Łaziennnej, Bramy Nowej, Dolnej i Górnej, bastei oraz fosy okalającej miasto [4,5].



Rys. 1. Płyta znajdująca się na „deptaku” w Zielonej Górze [4]

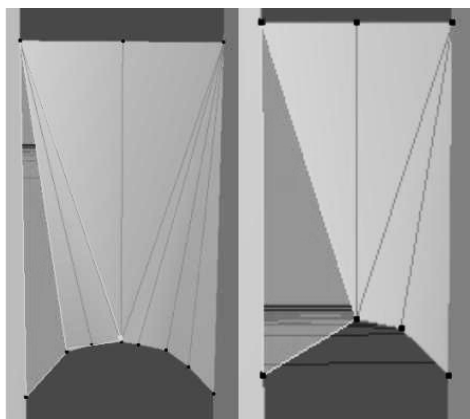
Fig. 1. Plate located in „deptak” in Zielona Góra [4]

Od początku istnienia miasta centralnym punktem był ratusz, posiadający bogatą historię i „pamiętający” wszystkie ważne dla miasta wydarzenia. Na początku był drewniany, natomiast w XV

wieku zastąpiony został budowlą ceglana. Wokół niego zlokalizowany był rynek, na którym rzemieślnicy z miasta sprzedawali swoje towary. Również układ dróg porównując czasy dzisiejsze ze średniowieczem nie uległ większym zmianom i jest prawie taki sam. Od początku wszystkie kupieckie ulice zlokalizowane były wokół ratusza, co przetrwało do czasów współczesnych. W niezmienionym stanie system obronny Zielonej Góry przetrwał do połowy XVIII wieku, kiedy to rozpoczęto rozbiórkę niektórych dzieł. W projekcie uwzględnione zostały wszystkie budowle średniowiecznego miasta, natomiast dodatkowo przedstawione zostały obiekty wybudowane w XVIII wieku jak np. Kościół Matki Boskiej Częstochowskiej. Pozwoliło to na stworzenie dawnego miasta Zielonej Góry wraz z jej całą zabudową. Projekt daje możliwość zapoznania się z wyglądem dawnego miasta Zielonej Góry z XVIII wieku, kiedy to miasto posiadało jeszcze wszystkie budynki wchodzące w skład średniowiecznych fortyfikacji. Do czasów współczesnych pozostało niewiele po umocnieniach jakie posiadało niegdyś miasto[6].

3. Wirtualna rekonstrukcja dawnego miasta Zielonej Góry w X3D

Stworzenie wirtualnego miasta Zielonej Góry wraz ze zróżnicowaną architekturą, ludźmi oraz pozostałymi elementami takimi jak fosa, drzewa, trawa wymagało uwzględnienia wymagań sprzętowych. Cała scena była bardzo skomplikowana, natomiast nadrzędnym wymaganiem było, aby wizualizacja przebiegała w czasie rzeczywistym. Należało znaleźć „złoty środek” pomiędzy realizmem obiektów a ich złożonością obliczeniową. Konieczne było wykorzystanie wielu technik optymalizacji poprawiających wydajność wyświetlanego świata. Podstawowa technika stosowana była już na samym początku konstruowania wirtualnych modeli, które były tworzone w taki sposób, aby nie używać nadmiarowych wielokątów. Dzięki temu obiekty używane w scenie były poddane pierwszemu etapowi optymalizacji już na etapie projektowania. Kolejnym etapem w stworzeniu optymalnego środowiska było wykorzystanie węzła LOD (*ang. Level of Detail*), co pozwoliło na podniesienie wydajności renderingu (Rys. 2).



Rys. 2. Modelowanie poziomu szczegółowości obiektów (LOD) w Cinema 4D
Fig. 2. Modelling level of detail of objects (LOD) in Cinema 4D

Użytkownik znajdując się w pobliżu obiektu może podziwiać jego strukturę, która jest wtedy na najwyższym poziomie szczegółowości. Oddalając się od obiektu poziom jego szczegółowości maleje, ale użytkownik jest na tyle daleko od obiektu, że zmiany są dla niego prawie niezauważalne lub w ogóle ich nie zauważa. W zależności od tego jak złożone obiekty były optymalizowane, zastosowana została odpowiednia liczba poziomów szczegółowości. Poprawiło to w znacznym stopniu szybkość wyświetlania wirtualnego miasta oraz nie pogorszyło jakości prezentowanych wirtualnych obiektów.

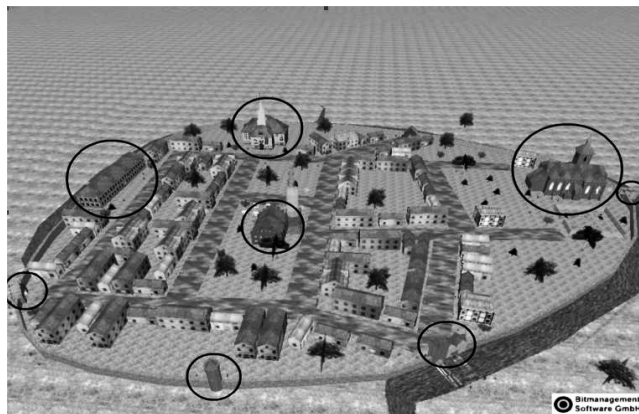
Kolejną techniką której należało użyć, aby poprawić wydajność było zastosowanie instancji DEF (*ang. Definition node*) i USE

(*ang. Instance node*). Raz utworzony obiekt mógł być wielokrotnie używany w scenie zmieniając jedynie parametr jego przesunięcia oraz obrotu. Pozwoliło to na optymalizację kodu oraz poprawę renderingu sceny, gdyż raz zdefiniowany obiekt nie musiał być wielokrotnie od nowa pisany, tylko powielany wiele razy przy wykorzystaniu instancji. Stworzone zostało kilka typów domów, które zostały powielone w scenie wiele razy z różnym przesunięciem oraz obrotem. Ostatnim etapem optymalizacji było zastosowanie mechanizmów prototypów (*ang. PROTO, EXTERNPROTO*). Ułatwiło to stworzenie pliku głównego sceny posiadającego odwołania do wszystkich pozostałych plików w scenie. Raz utworzony prototyp mógł być później używany jako węzeł wbudowany w specyfikację X3D. Dzięki temu możliwe było zmniejszenie rozmiaru plików oraz przyspieszenie projektowania. Wykorzystanie wszystkich wspomnianych technik pozwoliło zoptymalizować scenę na wielu płaszczyznach.

Ważnym aspektem było stworzenie takich warunków w wirtualnej scenie jakie naturalnie panują w rzeczywistym świecie. Uwzględnienie grawitacji pozwoliło użytkownikowi na eksplorację sceny wyłącznie w trybie chodzenia po niej (*ang. Walk*). Ten mechanizm nie wymagał zastosowania żadnych węzłów, gdyż standardowo zaimplementowany jest w standardzie X3D. Należało wprowadzić kolizje pomiędzy uczestnikiem sceny a wirtualnymi obiektami. Pomocny w tym był węzeł Collide, który pozwolił na dodanie obiektom kolizyjności tzn. własności nie pozwalającej użytkownikowi na przejście przez nie. Punkty widokowe w scenie utworzone zostały przy użyciu węzła viewpoint, który to pozwolił na kreowanie intuicyjnej i prostej nawigacji, która to poprawiła sam proces eksploracji wirtualnego miasta. Dodane zostały punkty widokowe do wszystkich głównych obiektów w mieście oraz takie, które nie są dostępne z poziomu terenu (np. widok z wnętrza Bramy Dolnej lub widok na panoramę miasta)(Rys. 4).



Rys. 3. Makieta starego miasta Zielonej Góry z XVIII wieku [7]
Fig. 3. Model of Zielona Góra old town from XVIII century [7]



Rys. 4. Rekonstrukcja dawnego miasta Zielonej Góry i punkty widokowe
Fig. 4. Reconstruction of Zielona Góra old town and the viewpoints

Stworzonym obiektom należało nadać odpowiednią teksturę. Celem był realizm, więc preferowane były tekstury o dużych

rozdzielczościach, dlatego nie nakładane były małe i złej jakości tekstury, gdyż to pogorszyłoby efekt końcowy pracy. Narzędziem, pozwalającym na umiejętne mapowanie tekstur na obiekty trójwymiarowe był program *Cinema 4D*. W pracy użyte zostało kubiczne mapowanie tekstur.

Jednym z ważniejszych etapów projektowania wirtualnej sceny dawnego miasta Zielonej Góry było wzbogacenie ją w elementy posiadające własność interakcji. W ten sposób utworzone zostały bramy miasta z wykorzystaniem węzła *CylinderSensor*. Użytkownik może przy użyciu myszki otwierać i zamykać poszczególne skrzydła bram miasta (Rys. 4).

Technika sensorowa została również użyta przy tworzeniu drzwi ratusza. Tutaj natomiast zastosowany został węzeł *TouchSensor*, pozwalający na uzyskanie animowanego ruchu otwieranych drzwi po kliknięciu na nie przez użytkownika.

W scenie umieszczone zostały dodatkowo interaktywne elementy opisowe, zawierające informacje o szczególnych punktach w mieście. Pozwalają one użytkownikowi na zapoznanie się z historią miasta a ich przykładem może być herb miasta, cmentarz oraz przegierz. Zastosowanie takich elementów pozwoliło na lepsze nakreślenie tła historycznego oraz kontekstu dawnego miasta Zielonej Góry.



Rys. 4. Rekonstrukcja Bramy Nowej, Wieży Łazienniej i bram miasta
Fig. 4. Reconstruction of 'Brama Nowa', 'Wieża Łazienna' and gates of town

Kolejnym etapem było wzbogacenie sceny w animowane niebo, które utworzone było z wykorzystaniem węzła czasu *TimeSensor*. Użycie dwóch sfer (jednej mniejszej przezroczystej a drugiej większej nie przezroczystej, na które były mapowane tekstury) obracanych jedna wolniej a jedna szybciej wokół swojej osi, dało efekt trójwymiarowego nieba. Ustawienie cykli czasowych pozwoliło na uzyskanie efektu ciągłego i płynnego obrotu bez przeskoków, co wpłynęło na to, że animacja trwa w pętli i nigdy się nie skończy. Projekt został również wzbogacony o elementy roślinności. Zamodelowane zostały drzewa, których gałęzie lekko powiewają oraz kępki trawy i flagi, również lekko powiewające na wietrze. Uzyskanie zbliżonego efektu do efektu płynącej fosi możliwe było przy użyciu węzła *textureTransform*. Dodatkowo przy użyciu parametru *Transparency* nadana została jej półprzezroczystość. Tak więc stworzona została fosa okalająca całe dawne miasto Zielonej Góry. Oświetlenie sceny wykonane zostało przy użyciu węzła *PointLight*. Użycie kilku światła punktowych pozwoliło na dobre rozjaśnienie sceny. Istotnym aspektem było wprowadzenie ścieżki muzycznej, która miała ożywić wirtualny świat. Dźwięk główny sceny został utworzony przy użyciu węzła *Sound*. Nie jest przestrzenny, tzn. nie wydobywa się z konkretnego punktu w przestrzeni, tylko wszędzie jest on taki sam.

Projekt stworzony został przy użyciu techniki hybrydowej łączącej w sobie technikę manualną polegającą na ręcznym wprowadzaniu kodu języka X3D do edytora tekstu, jak również techni-

kę programową pozwalającą na wykorzystaniu już istniejących programów 3D (*Cinema 4D*, *Avatar Studio*). Technika hybrydowa połączyła zalety techniki manualnej i programowej, dlatego uzyskany został mały rozmiar plików wyjściowych skomplikowanych obiektów architektonicznych, jak również szybsza realizacja obiektów o małej złożoności obliczeniowej.

4. Wnioski

Budowa środowisk VR opartych na wizualizacji obiektów architektonicznych jest zadaniem bardzo trudnym oraz czasochłonnym ze względu na złożoną strukturę takich obiektów oraz ograniczenia jakie nakładają dostępne technologie do tworzenia prezentacji danych w postaci trójwymiarowej sceny. Celem było stworzenie sprawnie działającej aplikacji umożliwiającej użytkownikowi na eksplorację i zwiedzanie miejsc, których nie mógłby zobaczyć w rzeczywistym świecie przy wykorzystaniu języka X3D. Wiele czynników zadecydowało o końcowym efekcie i musiało być spełnionych, aby projekt zakończył się sukcesem. Jednym z nich było dobre poznanie narzędzi i sprawne wykorzystanie ich możliwości. Również znalezienie „złotego środka” pomiędzy złożonością modeli a ich realizmem było istotnym aspektem. Cel pracy został osiągnięty, ponieważ zrekonstruowane obiekty w dużym stopniu przypominają te, które pierwotnie posiadało miasto, a dzięki ich optymalnym modelom nie obciążają na tyle komputera, aby aplikacja mogła być generowana w czasie rzeczywistym. Efektem końcowym jest aplikacja, posiadająca walor edukacyjny, historyczno-poznawczy, jak również pokazuje możliwości zastosowania grafiki 3D w modelowaniu obiektów architektonicznych. Może być również wykorzystana dla potrzeb Cyfrowego Dziedzictwa Kulturowego jako wizytówka zabytków dawnego miasta Zielonej Góry [8].

Nasz system jest wystarczająco szybki, aby mógł być prezentowany na wieloekranowych systemach wirtualnej rzeczywistości [9].

Obecny, dynamiczny rozwój technologii komputerowych pozwala na optymistyczne patrzenie w przyszłość systemów wirtualnej rzeczywistości, które nie będą już ograniczone wymaganiami sprzętowymi i stawać się będą coraz bardziej realistyczne.

5. Literatura

- [1] Kelly G., McCabe H., Interactive City Generation, Research poster to be presented at SIGGRAPH 2007, San Diego, CA, Aug 5th-Aug 10th 2007.
- [2] Jepson W., Liggett R., Friedman S., Virtual modeling of urban environments, 1996, *PRESENCE* 5, 1, 72-86.
- [3] Brutzman D., X3D, Wydawn. Morgan Kaufmann, ISBN: 978-0-12-088500-8, 2007.
- [4] Eckert Wojciech: Fortyfikacje Zielonej Góry, 2003, Wydawnictwo Uniwersytetu Zielonogórskiego.
- [5] Kowalski Stanisław: Mury obronne Zielonej Góry, 2002, Wydawca Muzeum Ziemi Lubuskiej, ISBN 83-88426-16-8.
- [6] Dąbrowska – Burchardt Jarochna: Dawna Zielona Góra KRONIKA, 2005, ISBN: 6082433.
- [7] Ciesielski Cezary: Makieta Zielonej Góry (XVIII wiek) z Muzeum Ziemi Lubuskiej w Zielonej Górze.
- [8] Nikiel S., Zawadzki T., Filipczuk P., Virtual reconstruction of medieval Zielona Góra - a case study, EVA 2008 Berlin : Elektronische Medien & Kunst, Kultur, Historie. Berlin, Niemcy, 2008. - Berlin : Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e. V., ISBN: 978-3-9812158-1-6.
- [9] Teo L., Byrne J., Ngo D.: A Method for Determining the Properties of Multi-Screen Interfaces, International Journal of Applied Mathematics and Computer Science, Vol. 10, No 2, 2000, 413-427.

Artykuł recenzowany