

Jerzy MERKISZ, Bartosz ORSZULAK

Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu
ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań
E-mail: jerzy.merkisz@put.poznan.pl,
bartosz.w.orszulak@doctorate.put.poznan.pl

Klaudia BUDYCH

Politechnika Poznańska, Instytut Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej
ul. Piotrowo 3a, 60-965 Poznań
E-mail: klaudia.i.budych@doctorate.put.poznan.pl

**Badania pomiarów natężenia oświetlenia
stymulujące kierowcę w symulatorze
pojazdu osobowego**

1 Wprowadzenie

Jednym z najpoważniejszych problemów w technologii symulacyjnej jest kwestia obrazowania wirtualnej przestrzeni, w której to osoba sterująca pojazdem symulacyjnym musi odnajdywać się w przestrzeni oraz czasie. Niedoskonałości metod obrazowania otoczenia wirtualnego mogą się okazać kluczowe przy nałożeniu innych elementów niepożądanych, wywołując tym samym chorobę symulatorową. Powszechnie stosowanym rozwiązaniem obrazowania panoramicznego obrazu (otoczenia symulacji) są multimedialne rzutniki. Stanowią one obecnie optymalne rozwiązanie problemu z zakresu prezentacji obrazu symulacji, które podyktowane jest głównie ograniczeniami istniejących technologii oraz ich stosunku do kosztów jej zakupu oraz eksploatacji. Artykuł zawiera zwięzłe informacje na temat metod obrazowania przestrzeni w symulacjach. Kolejną kwestią opisaną w pracy są przeprowadzone badania pomiarowe natężeń oświetlenia ekranu oraz obrazu, jaki potencjalny kierowca mógłby otrzymać w symulatorze AS1200-6 firmy AutoSim, względem rzeczywistych warunków panujących na drogach publicznych w rejonie miasta Poznania. Przedstawione kwestie badawcze będą realizowane oraz analizowane dla różnych warunków oświetleniowych występujących w rzeczywistych warunkach eksploatacji pojazdów drogowych względem obrazowania symulacyjnego. Następnie zostaną opisane najczęstsze problemy występujące dla łączonego obrazu z wielu rzutników. Przeanalizowano sposób wyświetlania obrazu na symulatorach: pojazdu osobowego AS1200-6 oraz nawigacyjno-manewrowego statku z Centrum Inżynierii Ruchu Morskiego w Szczecinie. Dodatkową kwestią będzie orientacja kamery względem obserwatora (obiekt badany), z ujęciem widzenia stereoskopowego – trójwymiarowość obrazu.

2 Metody obrazowania przestrzeni wirtualnej w symulatorach

Aktualnie, dzięki szybkiemu rozwojowi technologii komputerowej, elektronicznej i informatycznej jesteśmy w stanie stworzyć obraz symulacji przestrzeni wirtualnej,

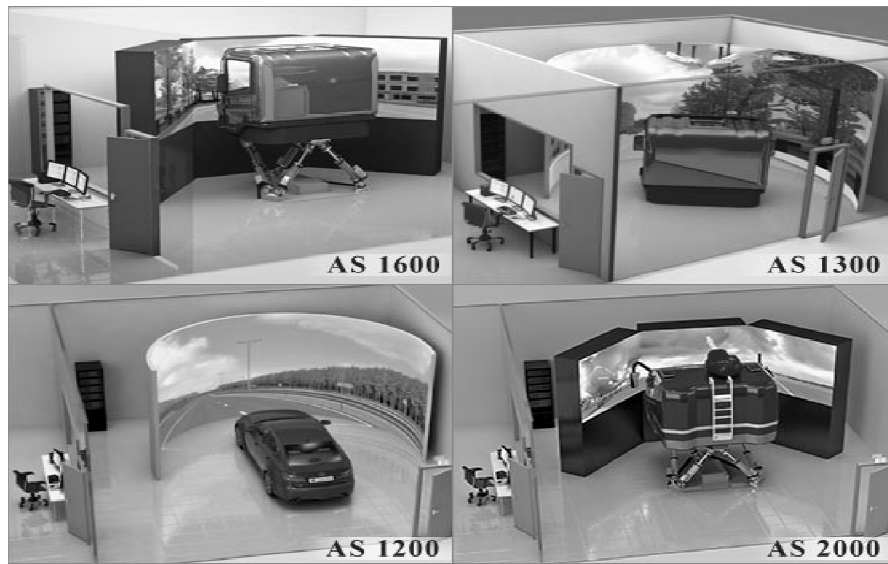
w której osoba sterująca symulatorem będzie się poruszać. Obecnie najpowszechniejszymi metodami obrazowania przestrzeni wirtualnej są: standardowe monitory komputerowe, rzutniki multimedialne, ekrany mało- i wielkoformatowe (LCD, OLED lub plazmowe). Wymienione powyżej formy stanowią ogół możliwości prezentacji przestrzeni wirtualnej i zależnie od konkretnego przypadku mogą zdecydowanie się różnić. Bardzo dobrym przykładem może być Oculus Rift. Jest to nowoczesne urządzenie będące goglami do przedstawienia trójwymiarowego obrazu, które coraz częściej znajduje uznanie u graczy, ale też u wydawców gier komputerowych i konsolowych. Dzięki zastosowaniu innowacyjnych rozwiązań z zakresu informatyki i elektroniki urządzenie to pozwala na wierne odwzorowanie rzeczywistych ruchów głowy w świecie wirtualnym. Ponadto zastosowany wyświetlacz oraz specjalistyczne oprogramowanie umożliwiło uzyskanie bardzo realistycznego efektu końcowego, odpowiadającego naturalnemu postrzeganiu obrazu.



Rys. 1. Oculus Rift ze sterownikiem [9]

Fig. 1. Oculus Rift with control box [9]

W przypadku specjalistycznych symulatorów powszechnie stosuje się rozwiązanie wykorzystujące wcześniej wspomniane rzutniki multimedialne lub drogie specjalistyczne ekrany. Poprzez odpowiednie ułożenie rzutników oraz ekranu otrzymuje się przeważnie dwuwymiarowy obraz dla danej pozycji w przestrzeni wirtualnej. W zależności od typu budowy symulatora pod względem wykorzystania kabiny pojazdu (możliwości poruszania się kabiny) stosuje się odmienne metody obrazowania. Dla sposobności jak najwierniejszego obrazowania stosuje się jednolity ekran sferyczny, natomiast dla rozwiązań mobilnych lub prostszych - ekran segmentowy (rys. 2) [1, 4].



Rys. 2. Przykłady różnych systemów symulatorów firm AutoSim, modele AS 1200 i AS 1300 wykorzystują ekran sferyczny, natomiast AS 1600 i AS 2000 - segmentowy [8]

Fig. 2. Examples of different systems simulators AutoSim company models of AS 1200 and AS 1300 use spherical screen, while AS 1600 and AS 2000 use segment screens [8]

3 Badania natężenia oświetlenia

Na potrzeby artykułu przeprowadzono analizę natężenia oświetlenia odbitego od powierzchni drogi, a także natężenia oświetlenia wpadającego do oka kierowcy w pojeździe. Badanie przeprowadzono dla symulatora AS1200-6 w warunkach symulacji słonecznego dnia, a następnie w nocy. Kolejnym etapem było przeprowadzenie podobnych rozszerzonych badań dla rzeczywistego obiektu, jakim był podobnej klasy samochód Ford Fiesta MK5. Otrzymane wyniki pomiarów zestawiono w tabelach 1, 2 i 3. Badania przeprowadzono za pomocą luksomierza SONOPAN LUXMETER L-51 (klasa dokładności: B wg CIE, błąd całkowity: $\leq 3,5\%$ (dla iluminantu A), zakres pomiarowy: $0 \text{ lx} \div 199\,900 \text{ lx}$ [7]).

Tabela 1 przedstawia wykonane pomiary natężenia oświetlenia w pojeździe w punkcie potencjalnego umiejscowienia głowy kierowcy. W pomiarach uwzględniono najbardziej charakterystyczne punkty patrzenia użytkownika (opisane w tab. 1). Z dokonanych pomiarów wynika, że symulator nie odnosi się identycznie do warunków rzeczywistych względem parametrów świetlnych. W rzeczywistości natężenie oświetlenia jest na poziomie kiloluksów, a w symulatorze na poziomie luksów. Są to bardzo duże różnice pod względem odbioru przestrzeni przez kierowcę. Poziom natężenia oświetlenia wpływa na postrzeganie przedmiotów oraz ruchomych obiektów. Jest to bardzo istotne w przypadku symulatorów pojazdów drogowych, gdzie kierowcy mają do czynienia z bardzo szybkimi zmianami ekspozycji obrazu wizualizacji, co powoduje szybsze przemęczenie wzroku.

Tab. 1. Zestawienie pomiarów natężenia oświetlenia wewnątrz pojazdu

Tab. 1. Summary of measurements of light intensity the inside of the vehicle

Punkt pomiarowy	Dzień		Noc		Pusty ekran
	Symulator	Rzeczywistość	Symulator	Rzeczywistość	
	E [lx]	E [lx]	E [lx]	E [lx]	
Prawy krawężnik	15,5	1850,0	0,5	0,0	0,0
Prawe lusterko	21,5	2400,0	1,2	0,0	0,0
Na wprost	33,8	4110,0	1,5	0,2	0,1
Deska rozdzielcza	37,0	2960,0	1,8	0,2	0,1
Na wsteczne lusterko	28,1	2620,0	1,4	0,1	0,0
Lewe lusterko	47,1	8150,0	1,3	0,1	0,5
Lewy krawężnik	53,9	13380,0	1,1	0,0	0,8

Tab. 2. Zestawienie pomiarów natężenia oświetlenia na zewnątrz pojazdu

Tab. 2. Summary of measurements of light intensity the outside of the vehicle

Punkt pomiarowy	Natężenie oświetlenia
	E [lx]
Droga na symulatorze - dzień	183,8
Droga brukowa w rzeczywistości - dzień	12913,0
Droga betonowa w rzeczywistości - dzień	22100,0
Droga asfaltowa w rzeczywistości - dzień	4867,0
Znak poziomy w symulatorze - dzień	377,0
Znak poziomy w rzeczywistości - dzień	23200,0
Droga na symulatorze - noc	2,1
Droga na symulatorze - szum	0,8

Kolejnym etapem badań było wykonanie pomiarów odnoszących się do otoczenia, w którym prawdopodobny kierowca mógłby eksploatować samochód osobowy w ciągu dnia lub nocy. Wykonano pomiary odbitego natężenia oświetlenia drogi i znaków poziomych. Jak wiadomo, współczynniki odbicia odnoszą się bezpośrednio do postrzegania barw przez ludzkie oko. W tym przypadku zmierzony współczynnik odbicia można nazwać reflektancją. W zależności od wartości współczynnika odbicia, czyli reflektancji, obserwator będzie postrzegał różne barwy, pomimo tych samych składowych trójkromatycznych, które określają tę barwę. Otrzymane wyniki (z tab. 2) są proporcjonalne w stosunku do wyników z tabeli 1 pod względem rozbieżności poziomu oświetlenia, co znaczy, że pomiary w warunkach rzeczywistych znacznie różnią się od symulowanych.

Ostatnią serią pomiarów było wyznaczenie współczynników odbić dla powierzchni, na którą patrzy obserwator. Pomiary wykonano dla różnych powierzchni drogowych, takich jak: bruk, beton, asfalt, malowany biały znak poziomy. Zauważono, że w warunkach rzeczywistych współczynnik odbić zależy od powierzchni drogi, a w symulatorze w głównej mierze od rodzaju powierzchni ekranu. Jest to spowodowane zastosowaniem w symulatorze AS1200-6 metody obrazowania rzeczywistości wirtualnej poprzez rzutniki, które wyświetlają obraz na ekran sferyczny, symulując otoczenie. Głównymi wadami takiego rozwiązania jest wtórne lub niewłaściwe wyświetlanie obrazu. Pomimo tego metoda ta jest bardzo ekonomiczna, skuteczna oraz istnieje możliwość wykorzystania jej w mobilnych rozwiązaniach, gdzie kabina pojazdu z ekranami i rzutnikami porusza się na hexapodzie. W warunkach rzeczywistych struktura materiału (barwa, chropowatość) drogi powoduje większe pochłanianie światła niż jego odbicie [1, 2, 3, 5, 6].

Tab. 3. Zestawienie pomiarów współczynników odbić na zewnątrz pojazdu
Tab. 3. Summary of measurements of reflection coefficients the outside of the vehicle

Punkt pomiarowy	Słońce			Cień		
	Natężenie oświetlenia		Współczynnik odbicia	Natężenie oświetlenia		Współczynnik odbicia
	Padające	Odbite		Padające	Odbite	
	E [lx]	E [lx]	ρ [-]	E [lx]	E [lx]	ρ [-]
Droga brukowa	84833	12913	0,15	22600	2970	0,13
Droga betonowa	88700	22100	0,25	18800	4133	0,22
Droga asfaltowa	41033	4867	0,12	17680	3123	0,18
Droga w symulatorze	216	170	0,80	103	85	0,82
Znak poziomy w rzeczywistości	98667	23200	0,24	„1.”	„1.”	„1.”
Znak poziomy w symulatorze	322	181	0,57	„1.”	„1.”	„1.”

1. brak pomiarów ze względu na możliwości symulacji

4 Problem wynikający z tworzenia jednego obrazu z wielu rzutników

Korzystanie z łączenia obrazu z dwóch (i więcej) rzutników multimedialnych obarczone jest koniecznością poprawnego dopasowania obrazów. W przypadku ekranów segmentowych jest to o wiele łatwiejsze zagadnienie, gdyż na każdy segment przypada jeden rzutnik - obrazy nie pokrywają się, ale są ustawiane jeden przy drugim. Bardzo dobrym przykładem może być symulator nawigacyjno-manewrowy statku z Centrum Inżynierii Ruchu Morskiego w Szczecinie, gdzie na rysunku 3 przedstawiono ustawienie rzutników oraz ekranów. Natomiast na rysunku 4 zaprezentowano (wymuszony) poważny problem przesunięcia obrazu, który powoduje błędy w percepcji postrzegania otoczenia przez obserwatora. Głównymi przyczynami takowego zjawiska jest złe ustawienie rzutników oraz ewentualne przesunięcia ekranów.



Rys.3. Sposób obrazowania obrazu panoramicznego na ekranach segmentowych
Fig.3. Imagery panoramic image on the screen segment



Rys.4. Problem poprawnego dopasowania wyświetlanego obrazu na styku połączenia dwóch rzutników
Fig. 4. The problem of the correct matching of the projected image at the junction of the combination of two projectors

W przypadku symulatora AS1200-6, będącego na wyposażeniu Instytutu Silników Spalinowych i Transportu Politechniki Poznańskiej, obraz jest tworzony poprzez

częściowe nałożenie obrazów z czterech rzutników ze specjalnymi dedykowanymi przesłonami. Rozwiązanie to jest ambarasujące – w przypadku szybkich zmian obrazu powoduje: efekt rozmazywania ostrości w miejscach nakładania się obrazu, niewielkie przesunięcie płaszczyzn oraz różnice natężenia oświetlenia na ekranie. Obecnie zastosowane rozwiązanie umożliwia wyświetlanie obrazu w systemie 2D, które jest wątpliwe ze względu na istotny brak możliwości ocenienia odległości obiektów od kierowcy pojazdu oraz statyczne umiejscowienie wyświetlanego obrazu niezależnie od ustawienia głowy kierowcy. Innym ważnym zagadnieniem jest utrzymanie dokładnej kalibracji wszystkich rzutników współpracujących ze sobą w celu stworzenia jednolitego obrazu panoramicznego. Istnieje możliwość przebudowy symulatora, tak aby możliwe stało się widzenie stereoskopowe i uwzględniające pozycję głowy kierowcy, ale stopień komplikacji powodowałby prawie całkowitą przebudowę w zakresie sprzętu elektronicznego związanego z obrazowaniem oraz poważnymi zmianami w oprogramowaniu [1, 2, 4].

5 Podsumowanie

Zrealizowane zagadnienia przedstawiają problematykę wizualizacji wirtualnej przestrzeni w symulatorach wykorzystujących rzutniki multimedialne. Z wykonanych badań wynika, że wyświetlany obraz nie odzwierciedla warunków rzeczywistych i może powodować w ujęciu natężenia oświetlenia poważny element rozbieżności między światem wirtualnym a rzeczywistym. Na podstawie analizy współczynników odbić badanych powierzchni można stwierdzić, że barwy z symulacji nie odpowiadają barwom ze świata rzeczywistego, tzn. użytkownik ma inne wrażenia barwne, co może być przyczyną wywoływania konfliktu w odbieraniu kreowanego otoczenia. Jego typowymi objawami są: szybsze zmęczenie psychiczne i oczu, ból głowy oraz senność, będące elementami składowymi choroby symulacyjnej. Ostatnim elementem wpływającym na postrzeganie wirtualnej przestrzeni są niedoskonałości łączenia wyświetlanych obrazów tworzących otoczenie robocze na symulatorach. Pomimo niedoskonałości przebadanej metody wizualizacji w zakresie poziomu natężenia oświetlenia, w wielu przypadkach nie pokrywających się w wartościach nawet w skali rzędu wartości mierzonych, realizacja programu szkoleń na symulatorach ma ważne i skuteczne zastosowanie. Dlatego powinno się dążyć przede wszystkim do ulepszenia metod wizualizacyjnych w aspekcie natężenia oświetlenia oraz lepszego kreowania wirtualnego otoczenia.

Literatura

1. Lozia Z.: *Symulator jazdy samochodem*. WKŁ, Warszawa 2008
2. Midtgård E.: *User manuals, instructions and tutorials for AS1200-6 symulator*, AutoSim, Norwegia 2008
3. Mielicki J.: *Zarys wiadomości o barwie*, Fundacja Rozwoju Polskiej Kolorystyki, Łódź 1997
4. Szczepański C.: *Antropocentryczne systemy sterowania ruchem symulatorów*, Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, Warszawa 2001
5. Zausznica A.: *Nauka o barwie*, PWN, Warszawa 1959
6. Francis H.A.: *Fizjologia oka. Zastosowanie kliniczne*, Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa 1968

7. Karta katalogowa SONOPAN LUXMETER L-51, http://www.sonopan.com.pl/l_51.htm, dostęp z dnia 15.05.2014
8. Strona firmy AutoSim, <http://www.autosim.no/>, dostęp z dnia 15.05.2014
9. Wikipedia o Oculus Rift, http://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift, dostęp z dnia 12.05.2014

Streszczenie

W artykule przedstawiono najważniejsze informacje na temat metod obrazowania przestrzeni wirtualnej w symulatorach, badań natężenia oświetlenia i współczynników odbić związanych z użytkowaniem symulatora pojazdu osobowego. Wskazano w nim także na podstawowe problemy związane z użytkowaniem podobnych obiektów symulacyjnych. Urządzeniem badawczym był symulator pojazdu samochodowego AutoSim AS 1200-6.

Słowa kluczowe: symulator, symulacja, wizualizacja, natężenie oświetlenia, współczynnik odbić, samochód

Research on the measurement of light intensity stimulating the driver passenger vehicle simulator relative to real terms

Abstract

The article presents the most important information about the methods imaging the virtual reality in simulator, research intensity illumination and reflection coefficients associated with the use of a vehicle simulator. It pointed to the fundamental problems associated with the use of similar simulation objects. The research device was a motor vehicle simulator AutoSim AS 1200-6.

Keywords: simulator, simulation, visualization, intensity illumination, reflection coefficient, vehicle