

Tomasz Łuczyński¹
Igor Ostrowski²
Janusz Będkowski³
Andrzej Masłowski⁴
Michał Przybyłko⁵
Matteo Zoppi⁶
Patrycja Wojcieszewska⁷

MODELOWNIE MOBILNYCH URZĄDZEŃ ROZMINOWYWUJĄCYCH W CELACH TRENINGOWYCH Z WYKORZYSTANIEM ŚRODOWISKA VORTEX

1. Wstęp

W artykule przedstawiono tworzenie symulacji mobilnego urządzenia rozminowującego wykorzystującej narzędzia Vortex firmy CMLabs. Środowisko Vortex zawiera szereg bibliotek pozwalających na zbudowanie symulacji uwzględniających szeroki zakres zagadnień. Vortex podzielono na mniejsze moduły odpowiadające za różne aspekty symulacji, od biblioteki odpowiedzialnej za wizualizację po zaawansowane narzędzia ułatwiające modelowanie i symulację pojazdów. Przygotowanie symulacji pojazdu można podzielić na dwa podstawowe kroki: projekt i przygotowanie pojazdu oraz przygotowanie terenu. Oba, przygotowane niezależnie, moduły można następnie wykorzystać w symulatorze. Praca jest wykonana w ramach realizacji modułu treningowego w ramach projektu FP7 TIRAMISU (Toolbox Implementation for Removal of Anti-personal Mines and Submunitions).

W praktyce dydaktycznej, symulatory urządzeń specjalistycznych, których umiejętność obsługi stanowi podstawową wiedzę szkolonego są szeroko wykorzystywane w nauczaniu kadry medycznej, operatorów robotów inspekcyjnych[1], nawigatorów i obsługi statków, operatorów maszyn, czy kadry wojskowej. Szerokie możliwości programowego symulowania urządzeń i ich obsługi, wraz z zachowaniem interfejsu użytkownika używanego w danych maszynach prowadzi do stosunkowo taniego i bezpiecznego szkolenia za pomocą komputerowych symulatorów. Symulowanie prawdziwej akcji pozwala na zapamiętanie prawie 90% materiału nauczania i jest daleko bardziej wydajne od innych metod nauczania. Symulacyjne metody nauczania odnoszą się nie tylko do symulacji komputerowej ale

¹ Inż., Instytut Maszyn Matematycznych, Warszawa, Polska

² Mgr, Instytut Maszyn Matematycznych, Warszawa, Polska

³ Dr inż., Instytut Maszyn Matematycznych, Warszawa, Polska

⁴ Prof. dr hab. inż. Instytut Maszyn Matematycznych, Warszawa, Polska

⁵ Mgr inż., DIMEC, University of Genova, Via All'Opera Pia 15/A, 16145 Genova, Italy

⁶ Prof., DIMEC, University of Genova, Via All'Opera Pia 15/A, 16145 Genova, Italy;

⁷ Mgr inż., Wojskowy Instytut Techniki Inżynierskiej im. profesora Józefa Kosackiego we Wrocławiu

również do metod symulowania rzeczywistych zdarzeń. Jeżeli nauczyciel języka obcego odgrywa z uczniami scenkę (np. „w sklepie”, „informacja turystyczna” itp.) to sytuacja odgrywana stanowi symulację rzeczywistej sytuacji w jakiej uczeń może się znaleźć. Dlatego korzystanie z symulacji[2] i symulatorów (modeli poglądowych) jest w szeroko rozumianej dydaktyce bardzo starą praktyką. Niektórzy autorzy idą dalej z twierdzeniem o przydatności i naturalności symulacji twierząc iż bawiące się ze sobą w „walkę” młode drapieżniki przygotowują się w ten sposób do dorosłego życia i polowania symulując sytuację walki podobnie jak bokser ze sparring partnerem[3]. W takim rozumieniu pozbawienie ucznia możliwości korzystania z symulacji byłoby ogromnym zubożeniem procesu nauczania.

1.1. Motywacja w nauczaniu operatorów maszyn

Elementami motywującymi w zastosowaniu symulatorów mogą być:

1. Świadomość poszerzania wiedzy, podnoszenia kwalifikacji - motywacja zewnętrzna.
2. Element nowości w pozyskiwaniu wiedzy – motywacja wewnętrzna.
3. Atrakcyjność symulatora, zdobywanie wiedzy poprzez grę-symulator - motywacja wewnętrzna.
4. Elementy motywujące samego symulatora – punkty, rangi itp. - motywacja zewnętrzna.

Elementem czyniącym symulator bardziej atrakcyjnym mogą być elementy gry zawarte w symulatorze, niesie to za sobą jednak liczne niebezpieczeństwa jak :

1. Przygotowanie dodatkowych elementów gry w symulatorze wymaga dodatkowych nakładów pracy twórców symulatora oraz odwraca uwagę użytkownika/operatora od zasadniczego powodu korzystania z symulatora.
2. Odbiór elementów gry jest zawsze subiektywny, to co jedną osobę bawi – może wydać się infantylne lub odstręczające komuś innemu, szczególnie w przypadku gdy użytkownicy są z różnych kręgów kulturowych (różnice etniczne).
3. Elementy gry mogą wpływać na emocje związane z zadaniem – powodować obniżenie lub podniesienie stresu związanego z wykonaniem zadania.
4. Użytkownicy w ramach zabawy mogą próbować oszukać symulator, co może skutkować nabieraniem niewłaściwych i trudnych do wykorzenia nawyków.
5. Elementy rywalizacji zawarte w grze, takie jak punktacja mogą spowodować większe skupienie na zdobywaniu rekordów niż na samym materiale nauczania realizowanym z użyciem symulatora [3].

1.2. Symulacja jako metoda nauczania użytkowników robotów w projekcie TIRAMISU

Operatorzy poszczególnych maszyn/robotów używanych podczas akcji powinni doskonale znać obsługę systemu, tak aby stanowił on narzędzie pomocnicze, a nie utrudniał wykonanie akcji. Aby osiągnąć biegłość w posługiwaniu się tym narzędziem należy ćwiczyć, jest to jedyna droga do sprawnego używania narzędzia. Trudno jednak oczekiwać, że ćwiczenia zawsze odbywać się będą w rzeczywistym środowisku pola

minowego i z rzeczywistym robotem- użycie wirtualnego świata i symulacji nasuwa się w sposób naturalny. Dlatego też w projekcie TIRAMISU powinny być zawarte symulatory z jak największą liczbą scenariuszy i możliwych do użycia robotów - mających swoje odpowiedniki w rzeczywistości. Tym samym powstać muszą symulatory poszczególnych robotów, które sprzężone z rzeczywistym panelem operatorskim robota będą jak najwierniej odwzorowywać rzeczywistą obsługę robota. Jako że obsługa robotów polega na ich zdalnym operowaniu przy obserwacji samego robota lub obrazu z kamer umieszczonych na robocie symulator powinien pozwalać na przełączanie trybu obserwacji na "widok z pozycji operatora" i widok z kamer na robocie. Nie mniejsze znaczenie ma fotorealistyczne odwzorowanie środowiska w którym będzie wykonywana misja robota. Poprawne zaliczenie odpowiedniej liczby ćwiczeń o określonym stopniu trudności kwalifikuje kandydata na operatora do przeprowadzenia ćwiczeń na rzeczywistym robocie i w następstwie do egzaminu potwierdzającego kwalifikacje. Dla osób dorosłych zdobycie kwalifikacji potwierdzonych odpowiednim dokumentem jest wyjątkowo silnym elementem motywującym. Istnieje wiele środowisk programistycznych do tworzenia symulatorów, zostały one omówione w pracach [4][5]. W tym projekcie zdecydowano się na zastosowanie środowiska programistycznego VORTEX ze względu na kilka ważnych usprawnień w stosunku do konkurencji: po pierwsze czas modelowania nowych urządzeń mobilnych jest relatywnie krótki, dzięki czemu wyraźna jest oszczędność czasu oraz nakładów finansowych, po drugie parametry modelu fizycznego są zgodne z rzeczywistością (masy, momenty). Warto podkreślić, że środowisko VORTEX współpracuje ze środowiskiem OSG (Open Scene Graph), dzięki czemu natychmiastowo rozwiązano problem renderingu.

1.3. Charakterystyka obiektu modelowania

Głównym zagadnieniem badawczym w pracy było opracowanie modelu maszyny LOCOSTRA (LOw-COst TRActor for Humanitarian Demining). Maszyna ta jest oparta o tani komercyjny produkt, dzięki czemu przewiduje się, że zaraz po procesie rozminowywania te same maszyny pozostaną w danym kraju w celu ich dalszej eksploatacji. Taki podejście w znacznym stopniu obniży koszty rozminowywania oraz przyczyni się do podniesienia jakości życia lokalnej społeczności. Traktor jest napędzany na wszystkie cztery koła. Dodatkowo opracowana specjalne koła bardziej odporne na wybuchy niż komercyjnie dostępne. Traktor został wyposażony w układy elektroniczne umożliwiające zdalnie sterowanie maszyną. Możliwe jest dołączenie dowolnego urządzenia z przodu, bądź tyłu traktora, przy czym sama konstrukcja nośna jest rekonfigurowalna (możliwa jest zmiana kierunku prowadzenia traktora poprzez obrócenie fotela kierowcy o 180 stopni). Traktor został pokazany na rysunku 1.



Rys 1. LOCOSTRA (LOW-Cost TRActor for Humanitarian Demining).

1.4. Modelowanie pojazdu

W symulacji pojazdu używane są dwie reprezentacje. Pierwsza jest uproszczonym modelem fizycznym, wykorzystywanym do obliczeń dynamiki pojazdu i kolizji. Druga to model graficzny, pozwalający na wiarygodne przedstawienie pojazdu przez moduł wizualizujący symulację. Projektowanie reprezentacji uproszczonej wymaga kilku etapów. W pierwszym tworzony jest model odpowiadający geometrii symulowanego pojazdu. Dla przyspieszenia obliczeń, a co za tym idzie zwiększenia płynności symulacji, należy projektować model kolizji jako możliwie mało skomplikowany. Vortex ma wbudowane podstawowe bryły, jak prostopadłościan, walec i kula, które pozwalają łatwo zbudować reprezentację nawet dość złożonych obiektów. Ważne jest, aby szczególnie starannie odwzorować pojazd w strefach kontaktu z podłożem i możliwych kolizji. Należy również pamiętać, że części, które potem mają się względem siebie poruszać muszą być przedstawione, jako oddzielne elementy, nawet jeżeli ich kształt i bazowe ustawienie pozwalałoby na użycie jednej bryły. Drugim etapem jest narzucenie parametrów fizycznych, przy czym środowisko Vortex pozwala na jednoznaczne określenie parametrów fizycznych zgodnych z rzeczywistością (np., określenie masy w kg). Dla każdej wyróżnionej części trzeba określić jej masę oraz położenie środka ciężkości. Domyślnie przyjmowane jest, że środek ciężkości znajduje się w geometrycznym środku bryły. Tak zdefiniowany model można już załadować do symulacji, jego zachowanie będzie jednak przypominać luźno położone koło siebie klocki. Dopiero w kolejnym kroku nakładane są bowiem więzy, łączące wszystkie elementy ze sobą. Vortex zawiera zbiór bibliotek pozwalających na odwzorowanie praktycznie wszystkich możliwych wiązań. Na utworzone wiązania

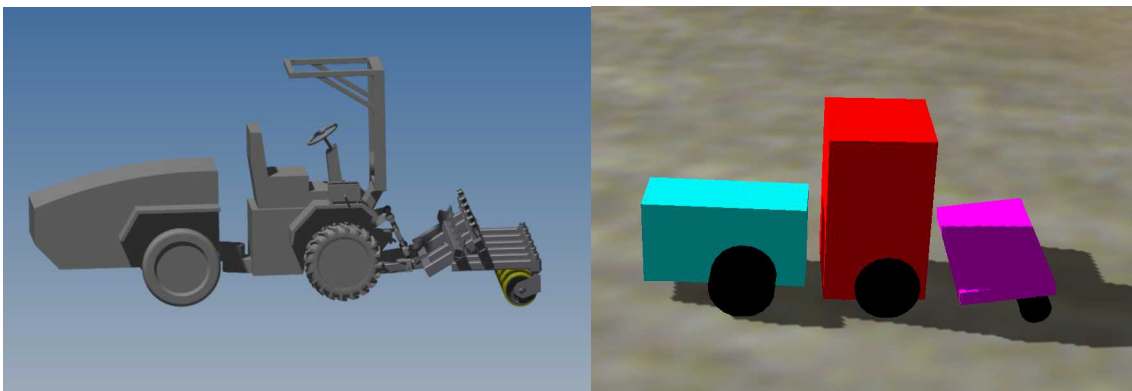
można nakładać dodatkowe ograniczenia. Na przykład na proste wiązanie pozwalające na skręt dwóch części względem siebie wokół zadanej osi, można nałożyć ograniczenie w postaci minimalnego i maksymalnego położenia kątownego. Można również określić siłę, po przekroczeniu której wiązanie zostanie zerwane. Ostatnim krokiem jest uzupełnienie modelu o aktulatory i moduły sterowania, umożliwiające napędzanie i kontrolę nad kierunkiem jazdy. Vortex pozwala na zastosowanie wielu mechanizmów tego typu. Najprostszym jest połączenie odpowiednich wiązań z zewnętrznymi wartościami przechowującymi informacje o aktualnym stanie wiązania. Istnieją jednak również gotowe funkcje symulujące działanie silnika. Pozwala to np. uwzględnić w sterowaniu mechanizm zmiany biegów. Przygotowanie modelu graficznego najlepiej rozpocząć od modelu CAD. Gwarantuje to bardzo dobre odwzorowanie szczegółów. Przed wczytaniem do symulatora należy go jednak przetworzyć. Bardzo ważne jest uproszczenie modelu, scalając nieruchome części, lub eliminując te niewidoczne. Zmniejsza to ilość pamięci potrzebnej na przechowywanie reprezentacji graficznej w symulacji oraz przyspiesza sam rendering. Tak przygotowany model należy wyeksportować do formatu Open flight (*.flt). Plik *.flt przechowuje nie tylko kształt pojazdu, ale również układ części w postaci drzewa. Pozwala to w kolejnym etapie animować całe grupy elementów, a nie tylko pojedyncze części. Oba modele – fizyczny i graficzny łączy się w ostatnim etapie, przypisując odpowiednim bryłom odpowiadające im węzły drzewa .flt.

1.5. Przygotowanie terenu i ostateczne uruchomienie symulacji

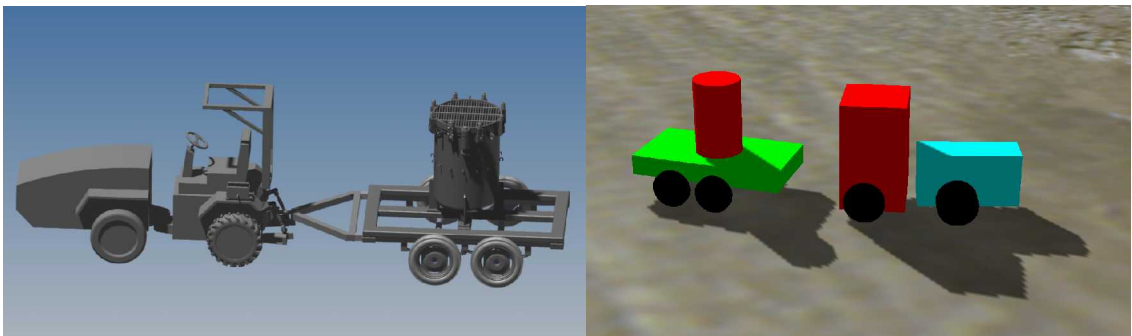
W symulacji Vortex teren reprezentowany jest przez osobny model 3D. Wspierane jest wiele formatów, powszechnie używanych w programach do modelowania trójwymiarowego. Na podstawie tego modelu automatycznie generowana jest reprezentacja używana do obliczania interakcji modeli z terenem. Warto o tym pamiętać tworząc modele i dobierać parametry tak, aby upraszczać kształt modelu w miejscach mniej istotnych z punktu widzenia symulacji. Mając przygotowane modele pojazdu i terenu można załadować je do symulacji. W tym celu używa się pomocniczego obiektu, określanego jako „wszechświat”. Poza terenem, pojazdem i innymi elementami używanymi w symulacji można tam ustawić ogólne parametry reprezentujące warunki środowiska symulacyjnego, np. wektor grawitacji. Obiekt wszechświata jest również przekazywany do modułu wizualizującego. Operator robota może w symulatorze korzystać z różnych kamer, odpowiadających widokowi z kamer na robocie, widokowi sceny roboczej z drugiego, asystującego robota lub widokowi z perspektywy obserwatora podążającego za robotem w pewnej odległości.



Rys 2. Po lewej widok z rzeczywistej kamery maszyny LOCOSTRA. Po prawej widok z kamery symulowanej w środowisku VORTEX.



Rys 3. Po lewej widok modelu CAD maszyny LOCOSTRA. Po prawej widok uproszczonego modelu w środowisku VORTEX.



Rys 4. Po lewej widok modelu CAD maszyny LOCOSTRA z doczepią przyczepą. Po prawej widok uproszczonego modelu w środowisku VORTEX.



Rys 5. Widok modelu CAD maszyny LOCOSTRA przy pracy na wirtualnym poligonie. Wizualizacja w środowisku VORTEX, czerwony okrąg oznacza miejsce położenia maszyny, niebieskim prostokątem zaznaczono poligon.

1.7. Podsumowanie

W ramach pracy opracowano model maszyny LOCOSTRA (LOW-Cost TRActor for Humanitarian Demining). Zintegrowano ten model z modelem środowiska, w efekcie uzyskano kompletny symulator tego urządzenia w środowisku VORTEX. Symulator umożliwia sterowanie maszyną, ustawienie kamery w dowolnym miejscu sceny oraz modyfikowanie modelu poprzez dodawanie kolejnych urządzeń oraz przyczepę. Możliwe jest sterowanie urządzeniem w taki sam sposób w jaki sterowane jest rzeczywiste urządzenie. Osiągnięto wysoki stopień wiarygodności ruchu maszyny. Kolejnym etapem będzie opracowanie interakcji z podłożem oraz zintegrowanie symulatora z systemem komunikacyjnym rzeczywistego pulpitu sterowania.

1.6. Podziękowania

Praca została wykonana w ramach projektu „Implementacja procedur i narzędzi do usuwania min przeciwpiechotnych i amunicji” (FP7/2007-2013, n°284747).

The research leading to these results has received funding from the European Community's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) under grant agreement n°284747 (Toolbox Implementation for Removal of Anti-personal Mines and Submunitions).

Literatura

- [1] KOWALSKI G., BĘDKOWSKI J., KOWALSKI P., MASŁOWSKI A., Computer training with Ground teleoperated robots for de-mining, Woodhead Publishing in Mechanical Engineering, 2011, pp. 397–418.
- [2] CRAIGHEAD J., MURPHY R., BURKE J., GOLIDEZ B., A Survey of Commercial and Open Source Unmanned Vehicle Simulators., in: Proceedings of ICRA 2007, 2007, pp. 852–857.
- [3] ALDRICH C., Learning online with games, simulations and virtual worlds, Jossey-Bass 2009.
- [4] BOEING A., BRÄUNL T. , Evaluation of real-time physics simulation systems, in: Proceedings of the 5th international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australia and Southeast Asia, GRAPHITE '07, ACM, New York, NY, USA, 2007, pp. 281–288.
- [5] CRAIGHEAD J., Distributed, game-based, intelligent tutoring systems -the next step in computer based training?, in: W. K. McQuay, W. W. Smari (Eds.), CTS, IEEE, 2008, pp. 247–256.

MOBILE DEMINING DEVICES' MODELING FOR THE TRAINING PURPOSE USING VORTEX FRAMEWORK

Summary

In this paper the new way of creating the simulation of the demining device using Vortex programming tool is presented. Vortex by CMLabs is a professional C++ API for creating advanced simulations considering many, even very complex, phenomena. Presented approach of designing a simulation is divided into two basic actions: preparing a vehicle and preparing a terrain model. Our work has been made as a part of a realization the training module in the project FP7 TIRAMISU (Toolbox Implementation for Removal of Anti-personal Mines and Submunitions). This paper contains: analysis of motivation issues in training vehicles' operators, analysis of simulation usability as a training tool, characteristic of modeled vehicle, detailed description of taken approach in vehicle modeling, description of modeling terrain with some important issues that need to be considered and description of some final steps that must be taken to assembly and run a simulation.