

Prof. dr hab. inż. Ireneusz J. Józwiak
Mgr inż. Łukasz Krzywiecki
Politechnika Wrocławska

TRÓJWYMIAROWA WIZUALIZACJA PROCESÓW PRZEMYSŁOWYCH

W referacie scharakteryzowano różnorodne techniki trójwymiarowej wizualizacji informacji. Omówiono specyfikację VRML 2.0 oraz jej przydatność w implementacji poszczególnych technik wizualizacyjnych. Wskazano na szczególne możliwości wyżej wymienionych rozwiązań w modułach wizualizacji sieciowych systemów monitorowania procesów oraz systemach SCADA.

THREEDIMENSIONAL VISUALISATION OF INDUSTRIAL PROCESSES

A variety of three-dimensional information visualisation techniques was characterised in the paper. VRML 2.0 specification and its applicability to implement above mentioned techniques were discussed. Usefulness of these solutions in visualisation modules of network systems of industrial processes monitoring and SCADA systems was highlighted.

1. WSTĘP

Pojawienie się nowych technologii związanych z grafiką 3D oraz opracowywanie nowych technik wizualizacji ma niebagatelny wpływ na sposób prezentacji danych. Atuty technologii multimedialnych ułatwiają kojarzenie reprezentacji idei i rzeczywistej informacji. Światowa sieć komputerowa jest otwarta na nowe formy przekazu informacyjnego i niemal nieograniczoną ekspansję geograficzną. Tworzenie wirtualnej, trójwymiarowej rzeczywistości sieciowej zostało ułatwione wraz z pojawieniem się VRML (Virtual Reality Modeling Language). Celem pracy jest zaprezentowanie technik wizualizacji, nowych technologii związanych z grafiką 3D, oraz ich zastosowań przy wizualizacji procesów przemysłowych.

2. WIZUALIZACJA

W ostatnim dziesięcioleciu interfejsy systemów skomputeryzowanych ewoluowały od niskiego poziomu, takiego jak prosta linia komend, do wysoce interaktywnych środowisk multimedialnych. Badania prowadzone nad interfejsami multimedialnymi wykorzystują doświadczenia z takich dziedzin, jak psychologia, inżynieria oprogramowania, obróbka mediów, systemy operacyjne, bazy danych czy protokoły komunikacyjne. Przede wszystkim, duży nacisk kładzie się na projektowanie systemów komputerowych, które są wysoce interaktywne i oparte o paradygmat obiektowy. Muszą one cechować się wygodą użytkownika oraz dużym stopniem relewancji odpowiedzi na akcje operatora [5].

W systemach takich kanałem komunikacyjnym o pierwszorzędym znaczeniu, pomiędzy komputerem a człowiekiem, jest kanał percepcji wrażeń wzrokowych. Podstawowe elementy komunikacji wizualnej, takie jak linia, kolor, kształt, kierunek, tekstura, skala, wymiar czy ruch wykorzystywane są w znaczeniu symbolicznym. Mogą one być znakami umownymi, które pełnią funkcję zastępczą wobec grupy, którą prezentują. Obiekty rzeczywiste, akcje i procesy są przedstawione za pomocą jednego symbolu lub ich całej grupy, np. znaku graficznego czy piktogramu. Te, z kolei, w dalszym procesie wizualizacji bywają wzbogacane dźwiękiem.

Wizualizacja polega na graficznej prezentacji złożonych danych w sposób, który pomaga łatwiej dostrzec stałe aspekty i związki pomiędzy danymi. Jej ideą jest takie stworzenie prezentacji wizualnej, aby jak najlepiej wykorzystać ludzkie zdolności do wyodrębniania struktur i rozpoznawania zależności. Kluczem do wizualizacji jest taka reprezentacja danych, która najbardziej przyciąga naszą uwagę i angażuje system zmysłów do szybkiego organizowania i interpretacji bodźców, które do nich docierają. Zwiększa to nasze możliwości widzenia i rozumienia skomplikowanych zjawisk. Techniki wizualizacyjne wykorzystuje się w prezentacji struktur hierarchicznych, baz danych, danych z domeny internetowej, a także w narzędziach CAD/CAM.

2.1 Przegląd technik wizualizacji

Techniki omawiane w literaturze [7] charakteryzują się pewnymi podobieństwami w sposobie odwzorowania danych, sposobie prezentacji danych i w sposobie zachowania się obiektów reprezentujących dane. Poniżej przedstawiono pogrupowane ze względu na te czynniki klasy technik wizualizacji.

a) **Mappings** - mapowanie (odwzorowanie) z dziedziny danych w przestrzeń wizualizacji:

- **surface plots** - rozszerzenie dwuwymiarowych wykresów; konstruowane poprzez rzutowanie trójek danych w przestrzeni 3D. Zwykle trójka danych składa się z dwóch standardowych składowych o regularnej strukturze, np. dni tygodnia i pora dnia, oraz jednej faktycznej danej, np. sile wiatru. Zbiór tak naniesionych punktów tworzy siatkę przypominającą plastyczny model rzeźby terenu (landscapes) i jest często pokolorowany dla wskazania różnic wysokości. Rezultat można łatwo interpretować identyfikując pewne zależności bądź nieregularności;
- **benedictine space** - termin związany z pracami Michaela Benedikta [2] dotyczącymi struktury cyberprzestrzeni. Zaproponował on notację, w której atrybuty obiektu mogą być odwzorowywane na tzw. wewnętrzne i zewnętrzne przestrzenne wymiary; zewnętrzne wymiary specyfikują punkt w przestrzeni, np. w kartezjańskim prawoskrętnym układzie współrzędnych (położenie); wewnętrzne wymiary specyfikują atrybuty takie jak: wielkość, kształt, kolor, teksturę, itd. Zaproponował on również dwie zasady: zasadę wykluczania i maksymalnego wykluczania. Zasady te próbują uporać się z problemem zatłoczenia w przestrzeni. Zasada wykluczania mówi, że żadne dwie porcje danych nie mogą mieć tych samych zewnętrznych wymiarów, czyli tego samego położenia w przyjętej przestrzeni. Zasada maksymalnego wykluczania rozszerza zasadę wykluczania w taki sposób, że różne porcje danych są od siebie odseparowane tak, jak tylko jest to możliwe - należy tak dobrać atrybuty i zewnętrzne wymiary spośród dostępnych, aby minimalizować liczbę przypadków niespełnienia zasady wykluczania.

b) **presentation**: perspective walls, fish-eye views, cone trees, rooms. Techniki te koncentrują się na wyglądzie, udostępnieniu danych i mają na celu dostarczenie użytkownikowi przyjaznego i intuicyjnego interfejsu. Obiekty będące w centrum naszego zainteresowania

ukazane są ze szczegółami, a obiekty, którymi nie jesteśmy zainteresowani, są wciąż widoczne na peryferiach naszego pola widzenia. Pozwala to nam na studiowanie interesujących nas obiektów z zachowaniem kontekstu, wiedzy o ich położeniu, itd.

c) **dynamic technics**: emotional icons, self organising graphs, fish-eye views. Definiowanie pewnych zachowań i dynamicznych własności, które umożliwiają automatyczne reakcje na zmiany w danych i zachowanie się użytkownika.

Klasyfikacja jest zgrubna. Poszczególne klasy nakładają się na siebie, np. *perspective walls* można zaliczyć również do technik dynamicznych.

2.2 Sieciowy język modelowania wirtualnego

VRML, powstały w 1995 r. jako rozwinięcie i rozszerzenie możliwości oferowanych przez HTML, jest językiem służącym implementacji trójwymiarowych rzeczywistości wirtualnych.

Na najwyższym poziomie abstrakcji, VRML jest formatem plików służącym opisowi obiektów [1, 4]. Dokument w formacie VRML definiuje zbiór obiektów tworzących grafikę trójwymiarową. Obiekty nazywane są węzłami. Węzły zawierają dane przechowywane w polach. Teoretycznie, obiekt zawierać może wszystkie formaty mediów: geometrię trójwymiarową, dane MIDI, obrazy JPEG, bądź sekwencje wideo.

VRML definiuje kilka różnych klas węzłów. Ze względu na ich budowę i działanie podzielić je można na dwie kategorie: węzły grupujące i węzły liście. Węzły grupujące łączą ze sobą różne węzły, tworząc kolekcję węzłów (tzw. potomek), która będzie traktowana jako pojedynczy obiekt. Niektóre z węzłów grupujących sterują również sposobem wyświetlania swoich węzłów potomków, ich wzajemnym położeniem i przemieszczeniem. Węzły liście są węzłami zawierającymi: kształty - prostą geometrię 3D, światła, punkty obserwacji, bądź są węzłami niosącymi pewne dodatkowe informacje dla przeglądarki.

Węzeł posiada następujące cechy:

- nazwę typu, np. Cube, Sphere, SpotLight, definiującą rodzaj geometrii;
- parametry wyróżniające ten węzeł spośród innych węzłów, np. każda sfera może mieć inny promień, a różne światła mogą posiadać różny kolor i położenie; parametry te nazywane są polami; węzeł może mieć kilka pól, bądź nie mieć ich wcale; każdy typ węzła definiuje typ, nazwę i domyślną wartość dla swoich pól; wartości domyślne nie są specyfikowane w pliku VRML.

Węzły grupujące i węzły liście tworzą hierarchię zwaną sceną. Węzły grupujące mogą posiadać węzły potomne, które, z kolei, mogą być również węzłami grupującymi lub węzłami liściami. Transformacje przechowywane są w węzłach typu Transform. Każdy węzeł Transform definiuje koordynaty przestrzenne dla swoich potomków. Koordynaty te zdefiniowane są względnie do koordynat przestrzennych węzła stojącego wyżej w hierarchii.

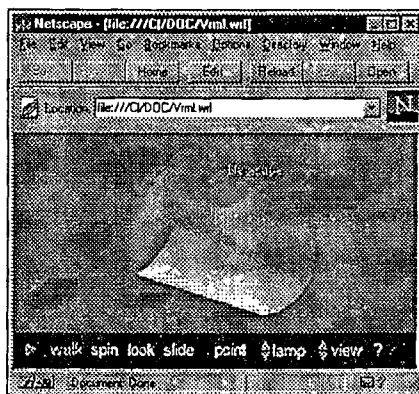
VRML korzysta z kartezjańskiego prawoskrętnego trójwymiarowego układu współrzędnych. Obiekty wyświetlane na ekranie monitora są dwuwymiarową projekcją na rzutnię XY. Standardową jednostką długości jest metr, a jednostką kątową jest radian.

Połączenia hipertekstowe z innymi dokumentami HTML lub scenami VRML zapewnia węzeł o nazwie WWWAnchor.

W tabeli 1 zamieszczono przykładowy plik w formacie VRML. Definiuje on następujące obiekty: światło punktowe oraz walec o promieniu 2 m i wysokości 5 m, do którego dołączono dokumenty HTML (rys. 1). Podstawą funkcjonowania VRML są: definicje obiektów, zawierające ich geometryczne parametry, definicje kamer i definicje scen, opisujące położenia obiektów w jakimś większym zbiorze (kontekście), oraz mechanizm, który łączy URL z obiektami.

Tab. 1. Plik w formacie VRML

Kod pliku VRML	Komentarze
#VRML V1.0 ascii	# - znak komentarza
Separator {	węzeł zagnieżdżenia
DirectionalLight {	węzeł definiujący światło
direction 0 1 0	
intensity 1	
}	
WWWAnchor {	węzeł definiujący połączenie
name "http://home.netscape.com"	
description "Netscape"	
Separator{	
Transform {	węzeł transformacji
rotation 1 0 0 1.57	
}	
Cylinder {	węzeł definiujący walec
radius 2	
height 5	
}	
}	
}	
}	



Rys. 1. Scena VRML.

Mechanizm działania zależy od dwóch podstawowych komponentów - przeglądarki i serwera. Przeglądarka wysyła żądanie przesłania informacji z serwera sieci, na podstawie akcji wykonywanej przez użytkownika, np. kliknięcia na dowiązanie w dokumencie, które powoduje wygenerowanie żądania i przesłanie go do odpowiedniego serwera. Serwer sieci, otrzymawszy żądanie, stara się je spełnić wysyłając właściwą odpowiedź. Zawiera ona informacje o typie przesyłanych danych. W przypadku dokumentów VRML, typ zdefiniowany jest jako `x-world/x-vrml`. Od momentu otrzymania dokumentu przez przeglądarkę, jest on parsowany, czyli czytany i interpretowany. Z otrzymanego w ten sposób opisu, reprezentacje obiektów zdefiniowanych w dokumencie VRML są generowane i wyświetlane na ekranie. Odpowiednie komendy przeglądarki pozwalają na swobodną manipulację obiektami i eksplorację sceny.

Każda scena VRML zawiera kamerę, czyli punkt obserwacji. Istnieje możliwość predefiniowania kilku kamer, dzięki czemu możliwa jest zmiana punktu widzenia, bez potrzeby zmiany położenia kamery. Scena VRML składa się z określonej liczby rekwizytów o specyficznych typach i własnościach. Im więcej tych rekwizytów, tym większy jest dokument VRML opisujący tą scenę. Poza definicjami obiektów, dokument VRML zawiera również linki i zakotwiczenia do innych dokumentów sieci. Oznacza to, że klikając na odpowiedni obiekt sceny VRML, można odtworzyć animację, zobaczyć bitmapę lub usłyszeć dźwięki.

3. WIZUALIZACJA PROCESÓW

Analizując specyfikację VRML okazuje się, że jest ona doskonała w wyrażaniu analogii pomiędzy obiektami i procesami rzeczywistymi, a ich wirtualnymi reprezentacjami. Dodatkową zaletą VRML jest to, że może być generowany „w locie”. Korzystając z danych dynamicznych i środowiska 3D możliwe jest tworzenie bardzo efektywnych wskaźników i projekcji zmieniających się danych. Wersja VRML 2.0 zakłada możliwość definiowania zachowań poszczególnych obiektów i ich wzajemnych interakcji. Może też zostać wzbogacona procedurami napisanymi, np. w JAVA, które to jeszcze bardziej zwiększają możliwości wszelkiej parametryzacji.

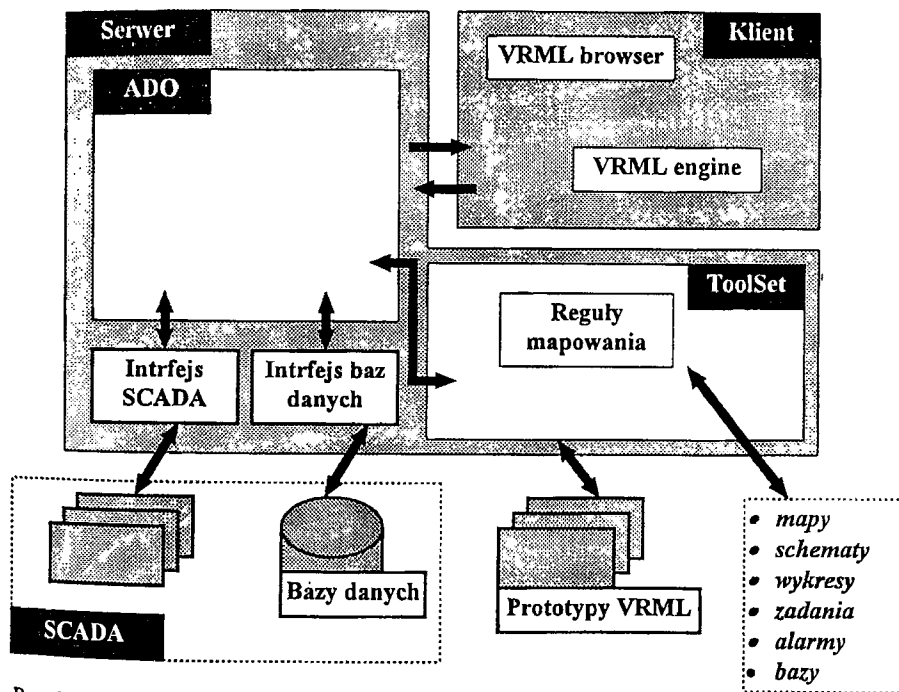
W pracy [3] zadania systemu wizualizacji procesów podzielono na:

- wizualizację map i schematów;
- wizualizację wykresów;
- wizualizację zadań;
- wizualizację stanów alarmowych;
- wizualizację baz danych.

Postulowano wykorzystanie takiego podsystemu graficznego, który umożliwiłby dystrybucję poszczególnych ekranów i dzielenie się prezentowanymi informacjami z innymi użytkownikami. W pracy [3] zadanie to spełnia Photon Windows. Działanie systemu wizualizacji opiera się na predefiniowaniu pewnej grupy obiektów, tzw. prymitywów graficznych i specjalnej gramatyce, dzięki której można opisywać bardziej złożone obiekty (modele) oraz ich właściwości dynamiczne.

Podobne założenia co do sposobów wizualizacji rozważono w pracy [6]. Predefiniowanie prymitywów graficznych i przestrzeń wizualizacji zrealizowano w oparciu o VRML. System zbudowano jako zbiór narzędzi do automatycznego generowania reprezentacji zawartości bazy danych, zgodnie z zapytaniem użytkownika. Zapytanie jest konwertowane do SQL, a rezultat jest odwzorowywany na trójwymiarową reprezentację. Reprezentacje mogą być parametryzowane w zależności od kilku czynników, takich jak szybkość sieci, wymagany poziom szczegółowości. Cały system spełnia wymagania: generowanie kodu VRML „w locie”.

komunikację pomiędzy przeglądarką VRML i zewnętrznymi aplikacjami (propagacja zdarzeń, dynamiczne tworzenie węzłów VRML), reprezentację danych zgromadzonych w bazie. Architektura systemu (typu klient/serwer) składa się z trzech głównych komponentów. *Klient* - odpowiedzialny za wyświetlanie sceny i przekazywanie informacji od użytkownika - składa się z przeglądarki VRML, silnika, który zarządza reprezentacją 3D informacji nadchodzących z serwera, oraz zarządza propagacją zdarzeń od przeglądarki do interfejsu sieciowego. *Server/ADO* (*Application Domain Object*) - część serwera - jest odpowiedzialny za komunikację, obsługuje połączenia z bazą danych i zapytania użytkownika. *ToolSet* - część serwera odpowiedzialna jest za generowanie kodu 3D - wie, jakie obiekty trójwymiarowe są reprezentantami danych, wie, jak odwzorowywać informacje przychodzące z bazy danych przy pomocy predefiniowanych reguł. Reguły te są wyznaczane przez użytkownika i opisują sposób, w jaki pojęcia z bazy danych mają być wizualizowane.



Rys. 2. Schemat proponowanego w pracy systemu wizualizacji

W związku z powyższym, możliwe jest zbudowanie takiego środowiska wielomedialnego, w którym przedmioty rzeczywiste byłyby zobrazowane za pomocą wirtualnych obiektów z przypisanymi im złożonymi zachowaniami. Reagowałyby one na zmieniające się warunki zewnętrzne oraz były wrażliwe na polecenia użytkownika, który poprzez klawiaturę, myszkę czy joystick, miałby możliwość zdalnego manipulowania nimi. Przykładowymi akcjami operatora mógłby być wybór jednego przedmiotu z całego ich zbioru i inicjowanie zachowania tego obiektu. Rozważany system działający, np. jako dodatkowy moduł istniejących systemów SCADA, umożliwiłby użytkownikowi przejrzystość docierającej informacji, łatwość jej oceny, wyszukania właściwych danych, oraz ich zrozumienia i interpretacji. Dzięki

trójwymiarowemu interfejsowi rzeczywiste procesy byłyby w odpowiedni sposób prezentowane, a co więcej, operator systemu miałby nad nimi pełną kontrolę. Podkreślić należy również fakt, że proponowany system udostępniony w sieci TCP/IP, umożliwiłby prezentację danych za pomocą jednego, wspólnego interfejsu na wielu niezależnych, odpowiednio skonfigurowanych stanowiskach komputerowych. Pozwalałoby to na jego administrowanie praktycznie z dowolnego miejsca dostępu do sieci, co byłoby niezwykle przydatne operatorom, którzy często przemieszczają się pomiędzy oddziałami przedsiębiorstwa. Właściwa implementacja proponowanego systemu zbudowana w oparciu o prace [4] i [6] wymagałaby dodania odpowiedniego interfejsu serwera, pozwalającego na komunikowanie się z systemem SCADA, (rys. 2) oraz właściwe zdefiniowanie reguł mapowania zdarzeń scharakteryzowanych w [4] w przestrzeni prymitywów graficznych.

4. PODSUMOWANIE

Rozwój technik wizualizacji, technologii multimedialnych oraz badania nad interfejsami owocują coraz to wydajniejszymi sposobami komunikacji człowieka z komputerem. Informacje gromadzone w systemach komputerowych mogą być prezentowane w sposób efektywny. Rozwinięty w 1995 roku VRML obrazuje dobrze tendencje integrowania możliwie wielu mediów w procesie prezentowania informacji i poszerza jeszcze bardziej możliwości jej wizualizacji. Trójwymiarowe obiekty w formacie VRML, dostępne za pośrednictwem TCP/IP, mogą stać się początkiem sieciowych systemów informacyjnych, w których rzeczywiste procesy są kontrolowane i monitorowane za pomocą rzeczywistości wirtualnej.

LITERTURA

- [1] *The Moving Worlds VRML 2.0 Specification Draft #1*, Internet Draft, April 18, 1996.
- [2] Benedikt M., *Cyberspace: First steps*, MIT Press, 1991
- [3] Gołdyn B., *Projekt systemu wizualizacji procesu sterowania siecią energetyczną w oparciu o Photon Windows i system operacyjny QNX 4.23*, praca dyplomowa - Wydział Elektroniki Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1997.
- [4] Hughes K., *From Webspaceto Cyberspace*, Enterprise Integration Technologirs, U.S.A. 1995.
- [5] Malina W., Pawlak W., Kowalczyk N., *Rozwój interfejsu użytkownika*, IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa - Multimedia w Dydaktyce Techniki, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 1997
- [6] Morcrette C., *VRML Generation tools for visualization of databasecontent in three dimensions*, M.Sc. Dissertation, MIT, 1998
- [7] Young P., *3D Information Visualiation*,
<http://www.dur.ac.uk/~dcs3py/pages/work/documents/lit-survey/iV-Survey>