

Wirtualna rzeczywistość i jej zastosowania w medycynie



Marek Krętowski
Wydział Informatyki
Politechnika Białostocka

Wprowadzenie

- Rzeczywistość wirtualna (ang. virtual reality) – pojęcie bardzo szerokie i pojemne, często nadinterpretowane
- Możliwe definicje:
 - grupa technologii pozwalająca ludziom na efektywną interakcję z trójwymiarowymi skomputeryzowanymi bazami danych w czasie rzeczywistym przy wykorzystaniu naturalnych zmysłów i umiejętności (wzrok, słuch, dotyk, zapach, ...)
 - zaawansowana forma interfejsu człowiek - maszyna, która pozwala na zanurzenie użytkownika w komputerowo wygenerowanym otoczeniu i interakcję z tym otoczeniem w naturalistyczny sposób
 - aby osiągnąć uczucie *bycia tam* wykorzystywany może być specjalistyczny sprzęt
- Virtual Reality = 3 x I (Immersion, Interaction, Imagination)

IB, Wyk. 14

3/24

Trochę historii ...

- Symulatory (samochodowe, lotnicze i kosmiczne)
 - mechaniczne (początek XX w.), później elektryczne i elektroniczne, wykorzystujące video czy wreszcie komputerowe
- Sensorama (ok. 1960)
 - kolorowy obraz 3D, drgania, zapachy, dźwięk stereo, powiew wiatru, ...
 - przejażdżka motorem po Brooklyn-ie
- Termin wirtualna rzeczywistość został pierwszy raz wykorzystany przez Jaron Lamier w 1986 r.
 - sztuczny świat stworzony za pomocą specjalnego oprogramowania i dodatkowych akcesoriów



IB, Wyk. 14

4/24

Perspektywa technologiczna

- Wirtualna rzeczywistość może być definiowana z perspektywy technologicznej jako kolekcja urządzeń:
 - komputera umożliwiającego interaktywną wizualizację 3D
 - kasku HMD (ang. Head Mounted Display) – specyficzne okulary, słuchawki, kontrola położenia
 - specjalnych rękawic (ang. data gloves) wyposażonych w czujniki położenia (pozycji) lub nawet kombinezonów (ang. smart skin, datasuits) wyposażonych w wiele czujników, pozwalających na zamianę sygnałów ze świata wirtualnego na odczuwalne bodźce
 - czujniki stale śledzące pozycję i orientację użytkownika przekazują informacje do komputera, który w czasie rzeczywistym uaktualnia wyświetlane obrazy
- VRML - Virtual Reality Modeling Language i jego następcą X3D
 - opisującym grafikę trójwymiarową (3D), interaktywną grafikę wektorową, projektowaną głównie z myślą o stronach WWW

IB, Wyk. 14

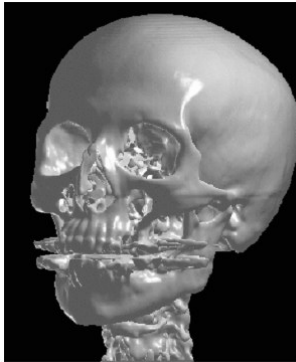
Wizualizacja 3D w wirtualnej rzeczywistości

• Rendering powierzchniowy

- wizualizacja tylko wybranych izopowierzchni (powierzchni o stałej charakterystyce, np. poziomie szarości) wewnątrz wolumenu
- niezbędna jest wcześniejsza segmentacja wybranych struktur
- stosunkowo szybka, ale tylko w odniesieniu do przygotowanych konturów

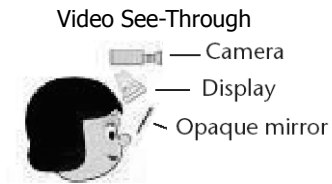
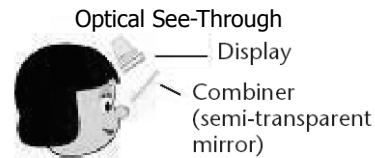
• Rendering objętościowy

- wykorzystywana jest cały wolumen (charakterystyki wszystkich wokseli)
- bardzo duża złożoność oblicz.
- możliwość elastycznej eksploracji wolumenu



IB, Wyk. 14

Kaski HMD

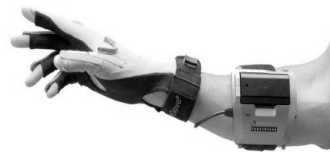


Wady:

- nienaturalnie bliskie obrazy
- niewygodne do noszenia
- dość drogie (choć tanieją)

IB, Wyk. 14

Dodatkowe akcesoria - rękawice



Najtrudniejszy do zrealizowania jest realistyczny kanał zwrotny:

- dotykanie przedmiotów, ich deformacje, opór, ciężar, ...

Najczęściej urządzenia bardzo kosztowne i wyspecjalizowane.

IB, Wyk. 14

Główne rodzaje systemów

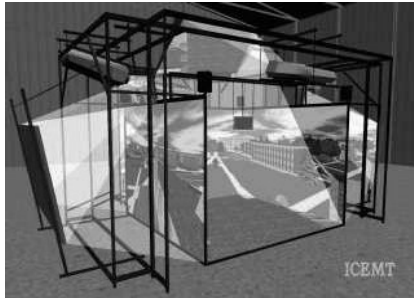
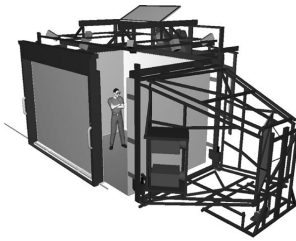
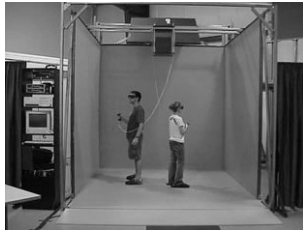
- Okno na świat – (ang. Window on World)
 - najprostszy; klasyczny monitor (ew. stereografia), realistyczny dźwięk, specjalne manipulatory
- Na własne oczy – (ang. video mapping)
 - użytkownik kontroluje wirtualnego aktora i widzi świat jego oczami (1 osoba)
- Systemy pełnego zanurzenia (ang. full-immersion)
 - wykorzystują również specjalne kombinezony, które pozwalają na zamianę sygnałów ze świata wirtualnego na odczuwalne bodźce
- Systemy środowiskowe (ang. environmental systems)

Osiągnięcie efektu zanurzenia jest uzależnione od ilości i jakości bodźców ze świata wirtualnego i realnego, które odbieramy zmysłami

IB, Wyk. 14

Systemy środowiskowe

- CAVE (ang. Cave Automatic Virtual Environment)
- Całe pomieszczenia wyposażone w specjalistyczne zakrzywione ekrany na ścianach (podłoga i sufit), których kształt ułatwia „wniknięcie” do wirtualnego świata i odczuwanie go wszystkimi zmysłami
- Obraz i dźwięk otaczają osobę ze wszystkich stron
- Równocześnie grupa osób



IB, Wyk. 14

Zastosowania w medycynie

- Pierwsze zastosowania wirtualnej rzeczywistości w ochronie zdrowia - początek lat 90-tych
 - potrzeba wizualizacji złożonych danych medycznych (zwłaszcza podczas operacji i ich planowania)
- Szacuje się, że tylko ok. 20% zastosowań wirtualnej rzeczywistości w ochronie zdrowia wykorzystuje urządzenia takie jak kaski czy specjalne ubrania
- Nauczanie i trening
 - wizualizacja anatomii i funkcji
 - symulatory laparoskopowe
- Chirurgia
 - planowanie i wspomaganie zabiegów,
 - wirtualna endoskopia
- Psychologia i rehabilitacja
- Telemedycyna i wiele innych

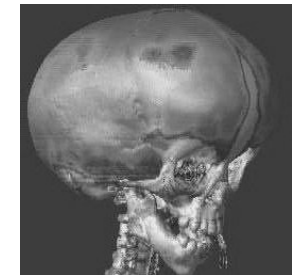
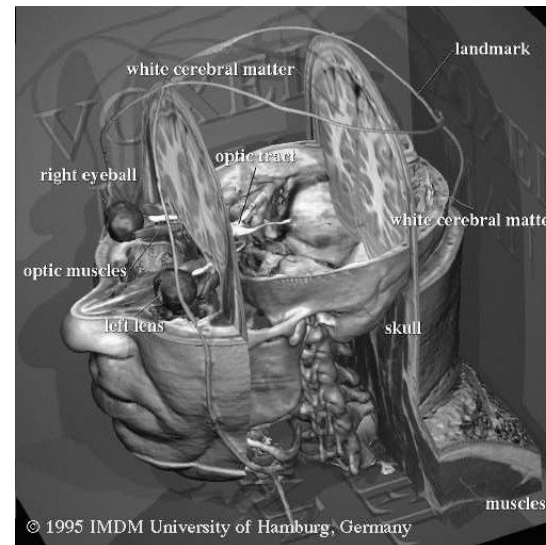
IB, Wyk. 14

Dwie wizje zastosowań

- Z punktu widzenia lekarza (chirurga) celem jest prezentacja wirtualnych obiektów dla wszystkich ludzkich zmysłów w sposób identyczny z ich naturalnymi odpowiednikami
 - wraz z postępem technologii medycznych bazujących na informacji możliwe będzie bardzo wierne reprezentowanie pacjenta => wirtualny obraz stanie się substytutem (zastępcą) pacjenta
 - VR system powinien oferować realnie wyglądające części ciała, które wchodzi w interakcję z zewnętrznymi narzędziami (np. instrumenty chirurgiczne) w sposób możliwie bliski ich rzeczywistym modelom
- Z punktu widzenia psychologów klinicznych i specjalistów rehabilitacji cel jest zdecydowanie inny; wykorzystują oni VR do usytuowania pacjenta w komputerowo stworzonym trójwymiarowym wirtualnym otoczeniu
 - aktywny udział vs. zewnętrzna obserwacja obrazów na ekranie
 - w wirtualnym otoczeniu pacjent ma możliwość uczenia się zachowania w trudnych sytuacjach związanych z jego zaburzeniami
- VE są wysoce elastyczne i programowalne
 - pozwalają terapeutę na prezentację kontrolowanych stymulacji (np. sytuacje lękowe) => pomiar oraz monitorowanie odpowiedzi (reakcji) użytkownika
 - systematyczny trening wzmacniający i przenoszenie zachowań do świata realnego

IB, Wyk. 14

Nauczanie - wizualizacje

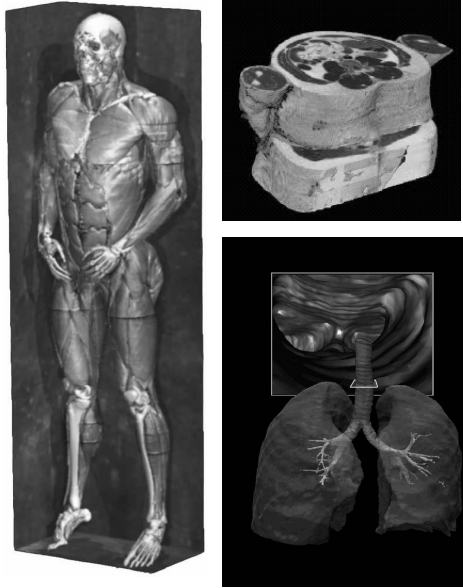


- Interaktywne, dynamiczne i trójwymiarowe wizualizacje mają ogromną przewagę nad klasycznymi książkowymi atlasami
 - wg CyberEdge jedno z najbardziej już dojrzałych rynkowo zastosowań

IB, Wyk. 14

Visible Human Project

- Sponsorowany przez rząd amerykański projekt dający dostęp do szczegółowych danych obrazowych człowieka (CT, MRI oraz krioprzekroje)
 - cel: wykorzystanie ich w studiowaniu anatomii, prowadzeniu badań w zakresie obrazowania oraz wykorzystanie do tworzenia aplikacji (edukacyjnych, diagnostycznych, planowanie leczenia i symulacje)
 - początek 1991 – Uniw. Colorado
- Kompletny zbiór wirtualnego mężczyzny 1971 obrazów (1mm odstępy) = 15GB
- Wirtualna kobieta 5189 obrazów (0.33 mm odstęp) ok. 40GB



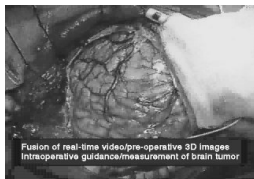
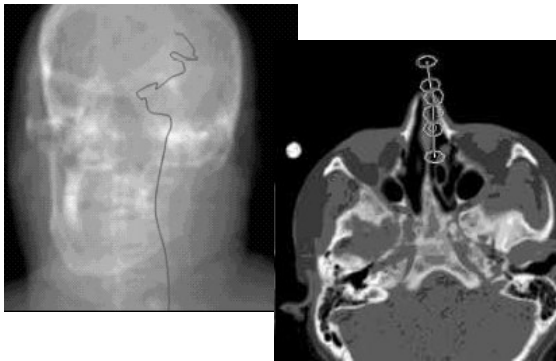
IB, Wyk. 14

Trening - symulatory laparoskopowe



IB, Wyk. 14

Planowanie zabiegów chirurgicznych



- Planowanie zabiegów przy złożonej anatomii
 - dotarcie do miejsca interwencji, doprowadzenie manipulatorów, odprowadzenie
 - przeprowadzenie manipulacji (usunięcie tkanki patologicznej)
- Zabiegi chirurgiczne obciążone wysokim ryzykiem:
 - neurochirurgia
 - operacje serca
- Uniknięcie uszkodzeń istotnych organów

IB, Wyk. 14

Wspomagana komputerowo chirurgia

- Podczas konwencjonalnych operacji lekarz widzi jedynie powierzchnię i ruch skalpela nie jest niestety odwracalny
 - chirurg musi myśleć w 3D
- Dzięki wykorzystaniu WR lekarz może zajrzeć pod powierzchnię i podejmować decyzje kierując się dodatkową wiedzą z innych źródeł
- Rozszerzona rzeczywistość (ang. augmented reality) - kombinacja rzeczywistej sceny widzianej przez użytkownika i wirtualnej sceny, która rozszerza (wzbogaca) scenę o dodatkowe informacje
 - komputerowo wygenerowane obrazy nałożone na rzeczywisty widok
 - celem jest najczęściej poprawa percepcji i poprawa osiągnięć



IB, Wyk. 14

Wspomagana komputerowo chirurgia



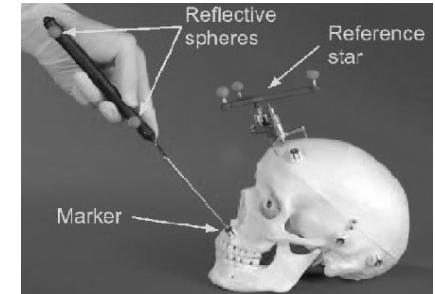
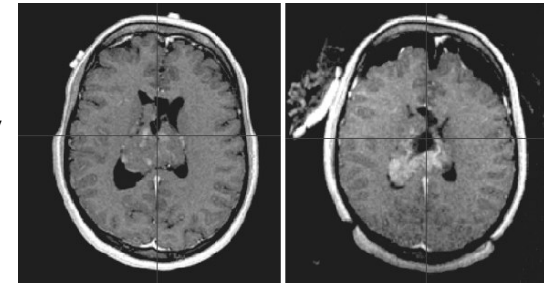
Computer Assisted Surgery



IB, Wyk. 14

Problemy podczas zabiegów sterowanych obrazem

- Aktualność dostępnych zobrażeń i modeli
 - deformacje tkanki (artefakty oddechowe, przesunięcie mózgowe, ...)
- Dokładne i szybkie ustawienie modeli, wizualizacji względem rzeczywistego pacjenta
 - punkty odniesienia
- Uwzględnienie narzędzi chirurgicznych (położenie, ruch, ...)



IB, Wyk. 14

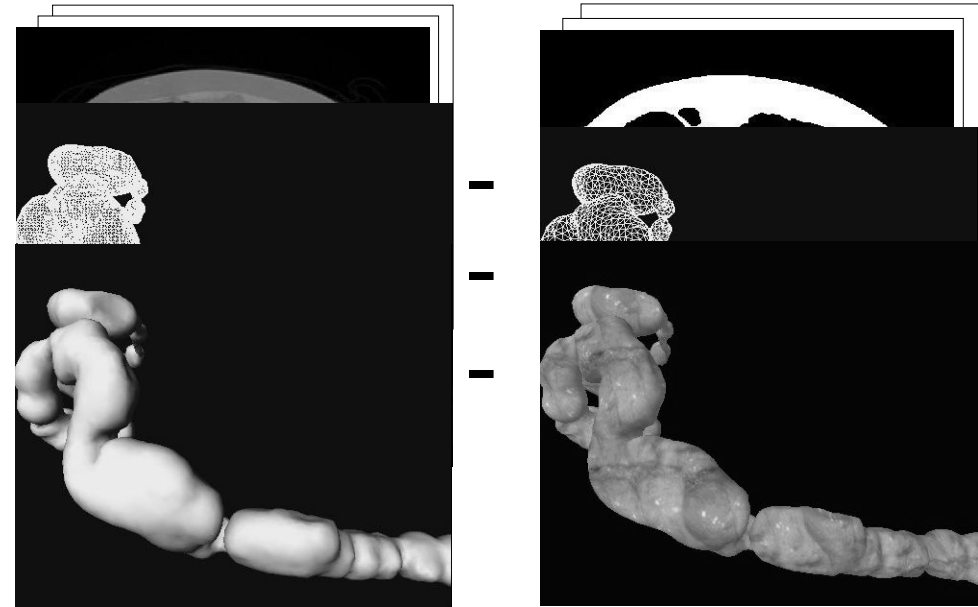
Wirtualna endoskopia

- Endoskopia (np. kolonoskopia, gastroskopia) – efektywna, ale inwazyjna; możliwe komplikacje
 - jako badania przesiewowe przy diagnostyce nowotworów (okrężnica, przełyk, żołądek, ...)
- Wirtualna endoskopia umożliwia zasymulowanie „spaceru” po org.
 - nie zastąpi optycznej endoskopii
- Zalety:
 - mała inwazyjność (tylko obrazowanie)
 - pełna kontrola oświetlenia i kierunku
 - brak fizycznych ograniczeń dostępu
- Wady:
 - mocno uzależniona od jakości obrazów i segmentacji
 - zarówno tekstura jak i kolor tkanki jest sztuczna
 - brak fizycznej interakcji z tkanką (brak możliwości interwencji - np. usunięcie tkanki patologicznej)



IB, Wyk. 14

Wirtualna endoskopia - przygotowanie

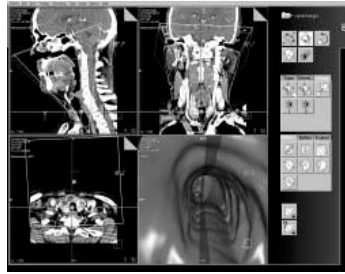


Renderowanie obiektów

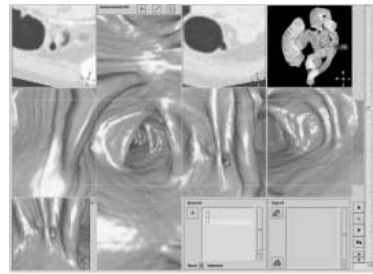
Przykrywanie teksturami

IB, Wyk. 14

Przykłady komercyjnych systemów



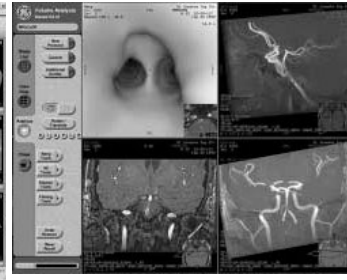
Siemens
Syngo



Philips
EasyVision
Endo 3D



Viatronix
V3D Viewer
Colon

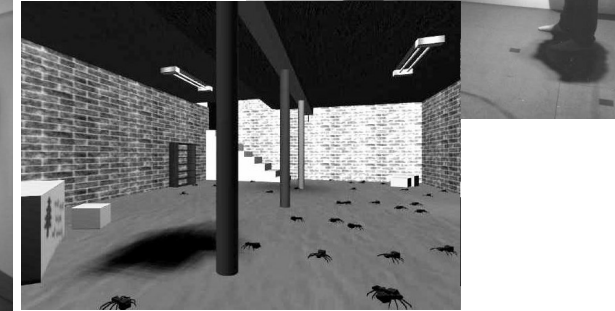


GE
Advantage
Windows

IB, Wyk. 14

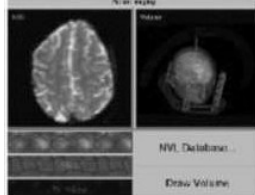
Psychologia i rehabilitacja

- Terapie zdrowia psychicznego (fobie, zaburzenia zachowania)
- Trening w wirtualnym otoczeniu
 - ortopedia, neurologia
- Terapie w chorobie Parkinsona, udarach
 - trening motoryczny



IB, Wyk. 14

Telemedycyna



- Leczenie fizycznie w sytuacji fizycznego odseparowania lekarza i pacjenta
- WR w zagadnieniach współpracy zdalnej:
 - konsultacje, asystowanie przed i podczas zdalnych zabiegów
 - wizualny, akustyczny i dotykowy (ang. haptic) kanał zwrotny
- Symulacje, wizualizacje i techniki CAS
- Roboty chirurgiczne
- Problemy z opóźnieniem związanym z przesyłaniem

IB, Wyk. 14

Podsumowanie

- Wirtualna rzeczywistość jest jeszcze ciągle bardzo aktywnym polem badań, ale mimo tego może być realnym narzędziem w niektórych zastosowaniach medycznych
 - upowszechnienie wymaga jednak przełamania wielu barier – przede wszystkim kosztowych (choć jest istotny postęp)
- Przy bardziej zaawansowanych zadaniach najtrudniejsze jest stworzenie modeli (przedmiotów, zdarzeń, interakcji) bliskich rzeczywistości
 - najczęściej wysoko realistyczna wizualizacja nie jest już największym problemem
 - w zastosowaniach chirurgicznych szczególnie trudne są zagadnienia związane z bezpośrednią interakcją z wirtualnymi obiektami (dotykanie przedmiotów, ich deformacje, ...)

IB, Wyk. 14